

Procedimiento para la verificación de la estanqueidad de una instalación realizada mediante tubos de polietileno reticulado

Begoña Andrés Baroja¹, Pedro Baringo Sabater¹, María Moncadas Nicolau

¹ Departament d'Organització d'Empreses. Escola Superior de l'Edificació de Barcelona. Avinguda Dr. Gregorio Marañón. 44-50. 08028 Barcelona, begona.andres@upc.edu, pedro.baringo@upc.edu

Resumen

En este estudio se analiza una instalación de fontanería ejecutada mediante el sistema Wirsbo-PEX, que consiste en utilizar tuberías de polietileno reticulado.

La tipología de la obra estudiada es: dos edificios unidos por un cuerpo central, 1 planta sótano, planta baja (locales), 5 plantas piso, con un total de 122 viviendas.

En primer lugar se describe la instalación, así como las características y funcionamiento del polietileno reticulado.

Se ha realizado la prueba de estanqueidad y resistencia mecánica que determina la Norma “Normas básicas para las instalaciones interiores de suministro de agua” en las instalaciones.

Se han analizado los resultados obtenidos, con el fin de poder determinar, en futuras obras, el número de pruebas a efectuar, para poder estimar su funcionamiento, con un cierto margen de error preestablecido.

Palabras clave: polietileno reticulado, verificación.

1. Introducción

El objetivo del presente trabajo es, partiendo de la inspección pormenorizada de la instalación de fontanería realizada con tubo de polietileno reticulado en un edificio de viviendas en construcción, compuesto de una planta sótano, planta baja y cinco plantas tipo, con un total de 122 viviendas, situado en el barrio de Sant Pere i Sant Pau de Tarragona, determinar el número de pruebas necesarias a realizar en futuras obras, para poder estimar el funcionamiento de las instalaciones, con un cierto margen de error preestablecido.

Los materiales utilizados en la obra objeto de este estudio, viene certificado por AENOR y es conforme con las normas UNE vigentes. (UNE 53381-1:2001 EX, UNE 53381-2:2001 EX, UNE 53381-3:2001 EX y UNE 53381-4:2001 EX).

La prueba que se efectúa, viene estipulada en las “Normas básicas para las instalaciones interiores de suministro de agua”, y se basa en someter a la instalación a una presión hidráulica, comprobando así su resistencia mecánica y de estanquidad.

2. Tipología de la Instalación estudiada

La instalación objeto de este estudio se realizó en una obra constituida por dos edificios unidos por un cuerpo central. Cada uno de los edificios, denominados edificio 24 y edificio 25, se divide en tres módulos y en cada uno encontramos cinco plantas piso y cuatro viviendas por planta, excepto en el edificio 24, que en el módulo 3 tiene dos viviendas en la planta baja.

En cada módulo se ha instalado una batería de contadores de las viviendas, los montantes y la acometida a la red general.

El material con el que se realiza toda la instalación es el polietileno reticulado, material plástico apto para la conducción de agua. El buen comportamiento y la larga duración que dicho material ofrece, son algunas de las características que proporciona.

Las viviendas estudiadas están compuestas de un recibidor, una cocina, una sala, un pasillo, dos o tres habitaciones y un baño completo. También, hay algunas viviendas que tienen un aseo. En la entrada de la cocina hay una llave de paso del agua y en cada cuarto húmedo hay dos llaves de entrada, uno para el agua fría y otro para el agua caliente. En la distribución interior de las viviendas, se utilizan aproximadamente unos 45 m. de tubo de 25 mm de diámetro. Para la bañera, el fregadero y la lavadora se emplean unos 17 m de tubo, de 20 mm de diámetro; para el inodoro, lavabo y bidet unos 15 m de tubo de 16 mm de diámetro.

Además de los tubos, cada vez que se precisa cambiar de dirección se coloca un codo, menos con los tubos de 16 mm de diámetro, en los cuales no es necesario. Para derivar en dos direcciones se utilizan piezas en "T". En los baños, se utilizan mayoritariamente colectores. Así se consiguen tener menos uniones y que estén localizadas.

3. Descripción y características del polietileno reticulado

La instalación de fontanería se realiza mediante tuberías de Polietileno Reticulado, del grupo 1 (hasta 63 mm de diámetro) serie 5, fabricadas según el método Engel. Éste es una variante del método del Peróxido. La clase de aplicación que se estudia es la tipo 1, consistente en el reticulado por el método del peróxido, y su campo de aplicación es el de suministro de agua caliente (60° C).

Las características básicas de este tipo de material son:

- **Soporte de altas temperaturas y presiones.** Las tuberías pueden soportar niveles de presión de 6 y 4 bares a una temperatura operativa máxima de 95° C con un factor de seguridad de 2,0. Las tuberías son indiferentes a la humedad o al agua a alta temperatura, y su resistencia a los impactos se mantiene constante, incluso a temperaturas inferiores a -100° C. Al enfriarse las tuberías, regresan a su forma original, después de haberse calentado a su temperatura de reblandecimiento (unos 130° C). La tubería no se reblandece a altas temperaturas de ambiente.
- **Buen comportamiento a largo plazo en condiciones extremas.** Han sido sometidas a una numerosa serie de pruebas de comportamiento a largo plazo, por

institutos de ensayos oficiales de diferentes países. Los tests han abarcado más de diez años de ensayos con presión a 95° C, obteniendo óptimos resultados.

- **Facilidad de manipulación.** Una de las características de estas tuberías es su fácil empleo por su gran flexibilidad y a su simplicidad en el montaje.
- **Alta resistencia química.** A temperaturas elevadas, los agentes químicos, que pueden originar fisuras por tensiones internas en el material plástico, no tienen efectos a tener en cuenta.
- **Apto para aguas potables.** Los resultados higiénicos y toxicológicos realizados manifiestan que no desprende sustancias perniciosas, pudiéndose emplear en instalaciones de agua potable.
- **Resistencia a la corrosión y erosión.** Por sus propiedades no les afecta la corrosión y las altas velocidades del agua, no originan erosión.
- **No le afecta el agua con bajo PH (agua ácida).** El diámetro interior de la tubería no se reduce debido a deposiciones calcáreas.
- **Resistencia a la abrasión.** Tiene una buena resistencia a la abrasión, con un comportamiento excelente, en aplicaciones de transporte de residuos con alto contenido de materiales abrasivos.
- **Bajo coeficiente de fricción.** La estructura del material y su acabado superficial, garantizan unas mínimas pérdidas por fricción. Esto, tiene como consecuencias pequeñas pérdidas de carga en las tuberías y baja resistencia en los montantes.
- **Los golpes de ariete se reducen.** Los golpes de ariete se reducen en una tercera parte con respecto a las instalaciones con tuberías metálicas.
- **Ligereza.** Es un material ligero, 100 metros de tubería de 16 x 2,2mm pesan 10 Kg.
- **Instalación sencilla.** Para realizar la instalación, sólo se utilizan herramientas básicas y específicas para este tipo de montaje.
- **Dimensiones.** Las dimensiones de las tuberías van desde 12 x 1,7 hasta 63 x 8,7 mm.

4. Propiedades

En las siguientes tablas se describen técnicamente las propiedades eléctricas (tabla nº 1), las propiedades térmicas (tabla nº 2), las propiedades mecánicas (tabla nº 3), la presión de reventamiento a una temperatura de 20° C (tabla nº 4) y los radios de curvatura recomendados (tabla nº 5)

Tabla nº 1. Propiedades Eléctricas

Propiedades Eléctricas	Valor	Unidad
Resistencia específica interna (2K0° C)	1.1015	Kv/mm
Constante dieléctrica (20° C)	2,3	Kv/mm
Factor de pérdidas dieléctricas (20° C/50Hz)	1.103	Kv/mm
Ruptura del dieléctrico (20° C)	60-90	Kv/mm

Tabla n° 2. Propiedades térmicas

Propiedades térmicas	Valor	Unidad
Coefficiente conductividad térmica	0,35	W/m ° C
Coefficiente de dilatación lineal	20° C	1,4.10-4
	100° C	2,05.10-4
Temperatura de reblandecimiento	+133	° C
Rango de temperaturas de trabajo	-100 a +100	° C
Calor específico	2,3	Kj/ Kg. ° C

Tabla n° 3. Propiedades mecánicas

Propiedades mecánicas	Valor	Unidad
Densidad	938	Kg./m ³
Tensión de estrangulamiento	20° C	20-26
	100° C	9-13
Módulo de elasticidad	20° C	1180
	80° C	560
Elongación de fractura	20° C	300-450
	100° C	500-700
Rotura por impacto	20° C	No fractura
	-140° C	No fractura
Absorción de agua	22° C	0,01
Coefficiente de fricción	0,08-0,1	-
Tensión superficial	34.103	N/m

Tabla n° 4. Presión de reventamiento a +20° C.

Presiones de Reventamiento a +20° C Diámetro tubo (en mm)	Valor Aprox. Presión	Unidad
15 x 2,5	92,8	Kg./cm ²
16 x 1,8	50,7	Kg./cm ²
18 x 2,5	64,8	Kg./cm ²
20 x 1,9	42,0	Kg./cm ²
22 x 3,0	68,2	Kg./cm ²
25 x 2,3	35,0	Kg./cm ²
32 x 2,9	40,0	Kg./cm ²

Tabla n° 5. Radios de curvatura recomendadas en mm.

DN (diámetro nominal)	Curva en caliente	Curva en frío
10	20	25
12	25	25
15	35	35
16	35	35
18	40	65
20	45	90
22	50	110
25	55	125
28	65	140

Para los tubos de diámetros mayores, los radios mínimos de curvatura en frío son, indicativamente:

DN 32-40; 8 veces el diámetro externo

DN 50-63; 10 veces el diámetro externo

5. Funcionamiento del material y aplicación en la instalación

Este sistema funciona gracias a la recuperación de la tubería a su forma inicial, fundamentalmente por la elasticidad del material. Todos los accesorios tienen un diseño con un relieve especial. (Figura 1).



Figura-1- Accesorio con relieve

Tras expandir la tubería, el anillo y dicha tubería retienen el accesorio sin permitir su salida. (Figura 2).

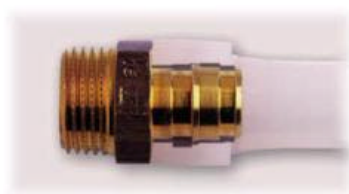


Figura-2- Retención del accesorio

El tubo se va adaptando al relieve de la pieza hasta confundirse con ella y se consigue una unión segura y duradera usando las características naturales de la tubería. (Figura 3).



Figura-3- Unión

6. Montaje de la instalación

Para obtener una instalación que funcione correctamente se sigue el siguiente proceso:

- **Corte del tubo**

Se ha de cortar el tubo en ángulo recto con un cortatubos para plásticos. El extremo del tubo debe estar limpio y libre de grasa, para que no resbale el anillo por el tubo al efectuarse la expansión. (Figura 4).

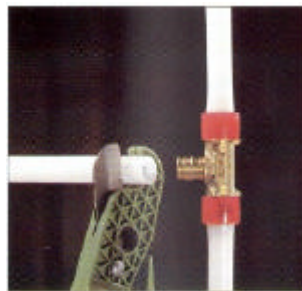


Figura-4-Corte de tubo

- **Selección de las piezas**

Es necesario elegir el acoplamiento, anillo y cabeza de expansión correctos para las dimensiones del tubo. Montar el anillo en el tubo de forma que sobresalga ligeramente (máximo 1 mm.) del extremo del tubo. (Figura 5).



Figura-5-Montaje anillo

- **Acoplamiento**

Para la correcta ejecución es preciso abrir totalmente los brazos de la tenaza especial, colocar el segmento de la cabeza de expansión en el tubo hasta el tope y presionar

lentamente hasta el final. Nuevamente se han de abrir los brazos de la tenaza completamente y empujar el segmento dentro del tubo. Se han de repetir las expansiones hasta que el tubo toque el tope de la cabeza expansora. (Figura 6).

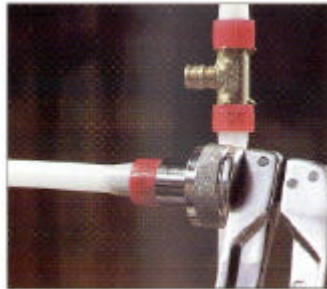


Figura-6-Se abre el tubo mediante una tenaza

- **Extracción de la herramienta de expansión**

La herramienta de expansión se ha de retirar, de forma que la cabeza se desplace libremente, sin tocar la pared del tubo, se debe girar la herramienta máximo 1/8 de vuelta. Si el montaje requiere más de 5 segundos debido, por ejemplo, a que el lugar es de difícil acceso, se deberá aguantar un máximo de 3 segundos, después de la última expansión antes de abrir los brazos de la tenaza y retirarla. (Figura 7)

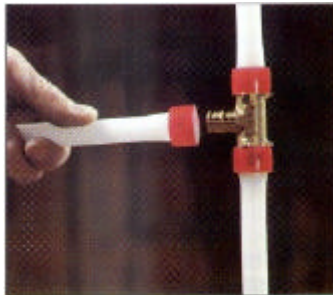


Figura-7- Se retira la tenaza

- **Fase final**

Para finalizar, se coloca y mantiene el tubo contra el tope del accesorio, durante unos 3 segundos. Al cabo de este tiempo, la tubería se ha contraído sobre el accesorio y se puede iniciar otro acoplamiento. (Figura 8).

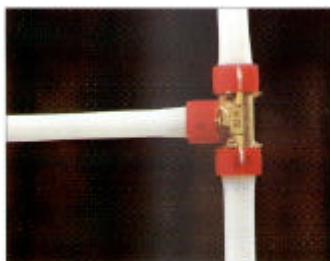


Figura -8- Colocación del tubo

El montaje se puede llegar a realizar incluso a una temperatura ambiente mínima de -15° C.

7. Normativa aplicable

La normativa aplicada para realizar la prueba, son las “*Normas básicas para las instalaciones interiores de suministro de agua*”, aprobadas el 9 de diciembre de 1975. En ellas, se estipulan las pruebas a seguir para comprobar que la instalación no tenga pérdidas y funcione correctamente.

El material utilizado en la instalación objeto de este estudio, el polietileno reticulado, está certificado por AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) y es conforme con las normas experimentales UNE 53381-1:2001 EX y UNE 53381-2:2001 EX. Estas normas anulan y sustituyen a las Normas UNE 53381 de septiembre 1989 y UNE 53381 ERRATUM de noviembre 1994.

7.1 Clasificación de las condiciones de servicio

Los requisitos de funcionamiento, para los sistemas de canalización, según la Norma UNE 53381-1:2001 EX, se ven reflejados en la siguiente tabla (tabla nº 6):

Tabla nº 6. Requisitos de funcionamiento.

Clase de aplicación	T _D ° C	Tiempo a T _D Años	T _{max.} ° C	Tiempo a T _{max} Años	T _{mal.} ° C	Tiempo a T _{mal} h	Campo aplicación
1	60	49	80	1	95	100	Agua caliente (60 ° C)

T_D: Temperatura diseño.

T_{max}: Temperatura máxima de diseño.

T_{mal}: Temperatura de mal funcionamiento.

Cada clase, ha de combinarse con una presión de diseño de 4 bar, 6 bar, 8 bar o 10 bar, según proceda.

Todas las instalaciones tienen que ser adecuadas para la conducción de agua fría, durante un período de 50 años, a una temperatura de 20° C y una presión de diseño de 10 bar.

7.2 Materiales

Según las Normas UNE 53381-1:2001 EX, UNE 53381-2:2001 EX, todos los materiales, plásticos o no, de los componentes de este sistema de canalización, cuando estén en contacto continuo o temporal con agua destinada al consumo humano, no han de afectar de manera perniciosa a la calidad del agua potable.

Además, del material virgen, sin uso previo, se autoriza la utilización de material de reprocesado interno del fabricante, obtenido durante la fabricación y los ensayos de productos conformes con los requisitos de esta Norma UNE 53381-2:2001 EX. No debe emplearse material reticulado de reprocesado, material de reprocesado externo, ni reciclado.

El material a partir del cual se fabrica el tubo tiene que ser de polietileno reticulado durante o después del proceso de fabricación del tubo. El material puede ser reticulado por cualquier proceso (peróxido, silano, radiación de electrones y azo), en el cual se cambia su estructura química, de manera que las cadenas del polímero se unan entre sí por medio de enlaces tridimensionales.

7.3 Características generales

La Norma UNE 53381-2:2001 EX describe las características generales del material a utilizar en la instalación de fontanería objeto de este estudio.

7.3.1 Aspecto

Cuando se efectúe un examen visual sin aumentos, las superficies internas y externas de los tubos deben ser lisas, limpias y exentas de ranuras, cavidades y otros defectos superficiales, que puedan impedir satisfacer los requisitos de la Norma UNE 53381-2 EX. El material no debe contener ninguna impureza visible. Se permiten variaciones leves en el aspecto del color.

7.3.2 Opacidad

Los tubos de polietileno que se definan como opacos, no deben transmitir más del 0,2% de la luz visible, cuando se ensayen de acuerdo con la Norma UNE-EN 578.

7.4 Características geométricas

7.4.1 Máximo valor de la sección de cálculo

El máximo valor de tubo $S_{calc,máx}$ (sección máxima calculada) para la clase aplicable de condición de servicio (clase de aplicación 1, suministro de agua caliente a 60° C) y presión de diseño deben ser (tabla nº 7):

Tabla nº 7. Secciones máximas calculadas

P_D (Presión de diseño) Bar	Valores S_{calc,máx}
4	7,6
6	6,4
8	4,8
10	3,8

Los valores del diámetro exterior y/o del espesor de la pared son aplicables a los tubos de polietileno reticulado, excluyéndose el espesor de cualquier capa de barrera adicional.

7.4.2 Dimensiones de los tubos

El espesor de pared mínimo, e_{\min} , debe elegirse de forma que la correspondiente serie S (en este caso serie 5) o el valor S_{calc} (sección de cálculo) sea igual o menor que los valores de $S_{\text{calc,máx}}$ (sección máxima calculada) dados en la tabla anterior.

El diámetro exterior medio, d_{em} del tubo debe estar conforme con la tabla siguiente (tabla n° 8):

Tabla n° 8. Dimensiones de los tubos

Diámetro Nominal DN/OD	Diámetro Exterior Nominal d_n	Diámetro exterior medio		Espesor de pared Para serie 5 e_{\min} y e_n *
		$d_{\text{em,min}}$	$d_{\text{em,máx}}$	
12	12	12,0	12,3	1,3 ¹⁾
16	16	16,0	16,3	1,5
20	20	20,0	20,3	1,9
25	25	25,0	25,3	2,3
32	32	32,0	32,3	2,9
40	40	40,0	40,4	3,7
50	50	50,0	50,5	4,6
63	63	63,0	63,6	5,8

¹⁾ Se admite un espesor de pared de 1,1 mm, espesor no recomendado, para la dimensión $d_n=12$

* e_n = espesor nominal

7.4.3 Tolerancias

La tolerancia del espesor de pared debe estar conforme con la siguiente tabla (Tabla n°9):

Tabla n° 9. Tolerancias

Espesor de pared mínimo		Tolerancia
$> e_{\min}$	$<$	
1,0	2,0	0,3
2,0	3,0	0,4
3,0	4,0	0,5
4,0	5,0	0,6
5,0	6,0	0,7

7.5 Características mecánicas

Cuando se ensayen los tubos, de acuerdo con los métodos de ensayos especificados en la tabla siguiente, empleándose los parámetros indicados, el tubo debe resistir el esfuerzo hidrostático (tangencial) sin producirse fisuras. En el caso de los tubos con

capa(s) de barrera, el ensayo debe llevarse a cabo con probetas desprovistas de dicha(s) capa(s) de barrera adicional. (Tabla nº 10)

Tabla nº 10. Características mecánicas

Característica	Requisito	Parámetros de ensayo individuales				Método ensayo	
		Esfuerzo (Tangencial) hidrostático MPa	Temperatura de ensayo °C	Tiempo de ensayo h	Número De probetas		
Resistencia a la presión interna	Sin fallo durante el tiempo de ensayo	12,0 ¹⁾	20	1	3	UNE-EN 921	
		4,8	95	1	3		
		4,7	95	22	3		
		4,6	95	165	3		
		4,4	95	1000	3		
		Parámetros de ensayos generales					
		Toma de muestras		2)			
		Tipo de tapón		Tipo a)			
		Orientación de la probeta		Libre			
		Periodo acondicionamiento		Conforme UNE-EN 921			
		Tipo de ensayo		Agua en agua			

¹⁾ El esfuerzo de ensayo está por encima de la curva de resistencia mínima esperada, por lo que el esfuerzo a corto plazo a 20°C es más alto que dicha curva.

²⁾ El procedimiento de toma de muestras es libre.

7.6 Características físicas y químicas.

Cuando se ensaye de acuerdo con los métodos de ensayo especificados en la tabla nº 11, que viene a continuación, empleando los parámetros indicados, el tubo debe estar conforme con los requisitos dados en dicha tabla. (Tabla nº 11)

Tabla nº 11. Características físicas y químicas

Característica	Requisitos	Parámetros de ensayo		Método ensayo
		Parámetros	valor	
Retracción longitudinal	<3%	Temperatura Tiempo ensayo para: e _n < 8 mm 8mm< e _n <16 mm e _n <16 mm número probetas	120° C 1 h 2 h 4 h 3 Ud	Método B de UNE-EN 743 (ensayo estufa)
Estabilidad térmica mediante ensayo presión hidrostática	Sin rotura durante el ensayo	Toma de muestras Tapón Orientación Período acondicionamiento Tipo de ensayo	libre Tipo a) Libre UNE-EN 921 Aguas en	UNE-EN 921

Característica	Requisitos	Parámetros de ensayo		Método ensayo
		Parámetros	valor	
		Esfuerzo hidrostático Temperatura de ensayo Duración del ensayo Número de probetas	aire 2,5 MPa 110°C 8760 h 1 Ud	
Reticulación -peróxido -silano -radiación -azo	> 70% > 65% > 60% >60%	Conforme con UNE-EN 579		UNE-EN 579

7.7 Marcado

Los elementos del marcado deben imprimirse o conformarse directamente en el tubo, al menos, una vez por metro; de tal forma que, tras su almacenamiento, manipulación e instalación se mantenga legible. El marcado no ha de producir fisuras u otro tipo de defectos, que pudieran influir desfavorablemente en el comportamiento funcional de los tubos.

Si se utiliza el sistema de impresión, el color de la información impresa debe ser diferente del color base del tubo. El tamaño del marcado debe ser legible sin aumento.

El marcado mínimo requerido es:

Tabla nº 12. Marcado

Descripción	Marcado o símbolo
- Numero de esta Norma	53381 EX
- Nombre del fabricante y/o marca comercial	Nombre o código
- Diámetro exterior nominal y espesor de pared nominal	Ej. 16x2,2 mm
- Clase de dimensión del tubo	Ej. A
- Material	Ej. Peróxido PE-Xa
- Clase de aplicación combinada con la presión de diseño	Clase 2/10 bar
- Opacidad	Ej. Opaco
- Información del fabricante	1)

1) Para posibilitar la trazabilidad debe incluirse la siguiente información:

a) período, año y mes de producción; en números o códigos.

b) nombre o código para el lugar de producción si el fabricante fabrica en distintos lugares.

8. Descripción de la prueba realizada en las instalaciones

La prueba a ejecutar en las instalaciones, viene explicada en las “*Normas básicas para las instalaciones interiores de suministro de agua*”, Título 6, “*disposiciones de aplicación general*”, apartado 6.2., “pruebas de las instalaciones”.

Son objeto de dicha prueba todos los elementos y accesorios que integran las instalaciones, y deben efectuarse antes de proceder al empotramiento de las tuberías.

Se trata de una prueba de resistencia mecánica y de estanquidad que se efectuará con presión hidráulica.

Para iniciarla se llena de agua toda la instalación, manteniendo los grifos terminales abiertos hasta que se tenga la seguridad de que la purga sea completa y no quede nada de aire en las tuberías. Se cierran los grifos que nos han servido de purga y el de la fuente de alimentación. A continuación, se emplea la bomba, que ya estará conectada, y se mantiene en funcionamiento (tanto manual como mecánicamente) hasta alcanzar la presión de 20 Kg/cm² (presión de la prueba) (figura 9).



Figura -9- Llenado de la instalación

Esta presión se observa en el manómetro instalado, que debe apreciar con claridad las décimas de Kg/cm². (Figura 10).



Figura -10- Presión en el manómetro

Una vez conseguida, se cerrará la llave de paso de la bomba y se procederá a reconocer toda la instalación, para asegurarse de que no exista ninguna pérdida. Se debe mantener durante 7 minutos la instalación con dicha carga.

Una vez se comprueba que no existe ninguna pérdida se disminuye la presión a 6 Kg/cm² y se deja la instalación en carga.

Se da por conforme la instalación, si no se registra ninguna pérdida y la lectura del manómetro es correcta.

Se pueden encontrar pérdidas en diferentes sitios:

- En la tubería, por estar agujereada.
- En los accesorios, por estar incorrectamente colocados u otros. (Figura 11)



Figura -11- Pérdida en una instalación

En estos casos, se debe reparar la instalación y volver a realizar la prueba en las mismas condiciones.

9. Resultados de las pruebas

Se realizaron aleatoriamente ocho pruebas que dieron los siguientes resultados:

Tabla n° 13. Fase 3 edificio 24: Fecha 13 de Mayo del 2004.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Primera	T1	Correcto.
	T2	Correcto.
	T5	Correcto.
Segunda	T2	Correcto.
	T5	Pérdida en una "T" del baño
Tercera	T2	Pérdida en una "T" de la cocina
	T5	Correcto.
Quinta	T5	Perdida en un codo de la cocina

Con los resultados obtenidos, realizamos un porcentaje de fallos, obteniendo un 37,5% de probabilidades de que la instalación tuviera alguna pérdida. Dado que el dato era muy elevado se decidió efectuar ocho pruebas más para verificar el estado general de las instalaciones.

Tabla n° 14. Fase 3 edificio 24: Fecha 20 de Mayo del 2004.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Baja	T9	Correcto.
Primera	T4	Correcto.
Segunda	T4	Correcto.
	T1	Correcto.
Tercera	T4	Pérdida en una "T" de la cocina.
	T1	Correcto.
Cuarta	T1	Pérdida en el colector del baño.
	T2	Correcto.

Al igual que con las primeras pruebas, procedimos a calcular el porcentaje de fallos (un 25%), el cual, todo y siendo algo más bajo seguía siendo preocupante.

Se propuso una reunión con el instalador, en la que se decidió efectuar las pruebas en todas las instalaciones de la obra, agrupándolas en grupos, mayoritariamente de ocho. De esta manera, en las sucesivas pruebas realizadas de ambos bloques se obtuvieron, ordenados por fecha de realización, los siguientes cuadros:

Tabla n° 15. Fase 3 edificio 24: Fecha 27 de Mayo del 2004.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Cuarta	T3	Correcto.
	T4	Correcto.
Quinta	T2	Pérdida en una "T" de la cocina.
	T1	Correcto.
	T4	Correcto.
Baja	T2	Correcto.

Tabla n° 16. Fase 2 edificio 24: Fecha 3 de Junio del 2004.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Primera	T3	Correcto.
Segunda	T3'	Pérdida en una "T" del baño
Quinta	T7	Correcto.
	T6	Correcto.
	T3	Correcto.
Cuarta	T3	Perdida en un codo de la cocina
	T3'	Correcto.
	T6'	Correcto.

Tabla n° 17. Fase 2 edificio 24: Fecha 10 de Junio del 2004.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Quinta	T8	Correcto.
Tercera	T3'	Correcto.
	T6	Pérdida en el colector del baño.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
	T6'	Correcto.
Cuarta	T6	Correcto.
Segunda	T6'	Correcto.
	T6	Correcto.
	T3	Pérdida en una "T" de la cocina.

Tabla nº 18. Fase 2 edificio 24: Fecha 17 de Junio del 2004.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Primera	T3'	Correcto.
	T6'	Pérdida en el colector del baño.
	T6	Correcto.
Tercera	T3	Correcto.

Tabla nº 19. Fase 1 edificio 24: Fecha 17 de Junio del 2004.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Segunda	T1	Correcto.
	T2	Correcto.
	T4	Perdida en un codo de la cocina
	T5	Correcto.

Tabla nº 20. Fase 1 edificio 24: Fecha 23 de Junio del 2004.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Cuarta	T1	Correcto.
	T2	Correcto.
	T5	Pérdida en una "T" del baño
Primera	T1	Correcto.
	T2	Correcto.
	T4	Correcto.
	T5	Pérdida en el colector del baño.
Tercera	T1	Correcto.

Tabla nº 21. Fase 1 edificio 24: Fecha 1 de Julio del 2004.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Tercera	T2	Correcto.
	T4	Pérdida en una "T" de la cocina.
	T5	Correcto.
Cuarta	T4	Correcto.
Quinta	T1	Pérdida en una "T" del baño
	T2	Correcto.
	T4	Correcto.
	T5	Perdida en un codo de la cocina

Tabla n° 22. Fase 3 edificio 25: Fecha 8 de Julio del 2004.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Segunda	T2	Correcto.
	T4	Correcto.
	T5	Correcto.
	T1	Correcto.
Tercera	T2	Pérdidas en el colector del baño.
	T5	Correcto.
	T4	Perdidas en un codo de la cocina
	T1	Correcto.

Tabla n° 23. Fase 3 edificio 25: Fecha 15 Julio del 2004.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Cuarta	T2	Pérdida en el colector del baño.
	T5	Correcto.
	T4	Correcto.
Primera	T2	Correcto.
	T5	Correcto.
	T1	Correcto.
	T4	Pérdida en una "T" de la cocina.
Quinta	T5	Correcto.

Tabla n° 24. Fase 3 edificio 25: Fecha 22 de Julio del 2004.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Quinta	T4	Correcto.
	T1	Correcto.
	T2	Correcto.
Cuarta	T1	Pérdida en una "T" del baño

Tabla n° 25. Fase 2 edificio 25: Fecha 22 de Julio del 2004.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Segunda	T3	Correcto.
	T6	Correcto.
	T6'	Correcto.
	T3'	Correcto.

Tabla n° 26. Fase 2 edificio 25: Fecha 29 de Julio del 2004.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Primera	T3	Correcto.
	T6	Correcto.
	T6'	Correcto.
	T3'	Pérdida en una "T" de la cocina.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Cuarta	T6	Pérdida en el colector del baño.
	T3	Correcto.
Quinta	T6	Correcto.
	T3	Correcto.

Tabla n° 27. Fase 2 edificio 25: Fecha 5 de Agosto del 2004.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Tercera	T3	Correcto.
	T6	Correcto.
	T6'	Correcto.
	T3'	Correcto.
Cuarta	T6'	Pérdida en una "T" del baño
	T3'	Correcto.
Quinta	T7	Correcto.
	T8	Correcto.

Tabla n° 28. Fase 1 edificio 25: Fecha 12 de Agosto del 2004.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Primera	T1	Correcto.
	T2	Correcto.
	T5	Pérdida en el colector del baño.
	T4	Correcto.
Segunda	T1	Correcto.
	T2	Correcto.
	T5	Correcto.
	T4	Correcto.

Tabla n° 29. Fase 1 edificio 25: Fecha 19 de Agosto del 2004.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Tercera	T1	Pérdida en una "T" de la cocina.
	T2	Pérdida en una "T" del baño
	T5	Correcto.
	T4	Correcto.
Cuarta	T1	Correcto.
	T2	Correcto.
	T5	Perdidas en un codo de la cocina
	T4	Correcto.

Tabla n° 30. Fase 1 edificio 25: Fecha 26 de Agosto del 2004.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
Quinta	T1	Correcto.

PLANTA	VIVIENDA	RESULTADO
	T2	Pérdida en una "T" del baño
	T5	Correcto.
	T4	Correcto.

También, se realizaron dichas pruebas en los montantes y las acometidas de los dos edificios con los siguientes resultados.

Tabla n° 31. Edificio 24. Fecha 2 Septiembre del 2004.

TIPO	FASE	RESULTADO
Montante	F1	Correcto.
Montante	F2	Correcto.
Montante	F3	Correcto.
Acometida	F1	Correcto.
Acometida	F2	Correcto.
Acometida	F3	Correcto.

Tabla n° 32. Edificio 25. Fecha 2 Septiembre del 2004.

TIPO	FASE	RESULTADO
Montante	F1	Correcto.
Montante	F2	Correcto.
Montante	F3	Correcto.
Acometida	F1	Correcto.
Acometida	F2	Correcto.
Acometida	F3	Correcto.

10. Análisis de los resultados

Una vez efectuadas todas las pruebas y analizados los resultados, se observa un porcentaje de fallos para toda la obra de un 22,39%, localizado en el interior de las viviendas, ya que en la instalación general (montantes y acometidas) no se ha encontrado ningún defecto. (Figura 11)

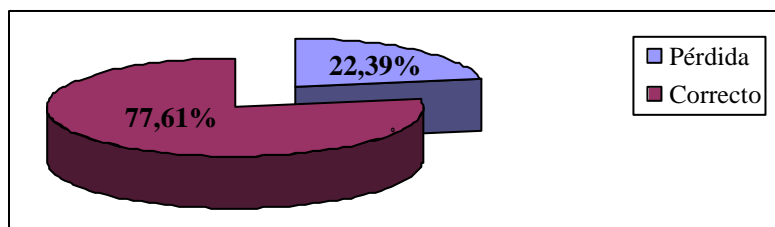


Figura -11- Porcentajes generales

Tras comprobar las tablas de las pruebas incorrectas, se puede establecer que los escapes se encuentran en los accesorios; con ello, se verifica que no hay pérdidas en los montantes y acometidas.

Con el fin de analizar el punto débil del sistema, se estudia dónde se localizan las pérdidas, y se aprecia que el 53,33% de las pérdidas se encuentran en los accesorios en forma de “T”, mientras que en los colectores y en los codos hay un porcentaje del 26,67% y 20% respectivamente.

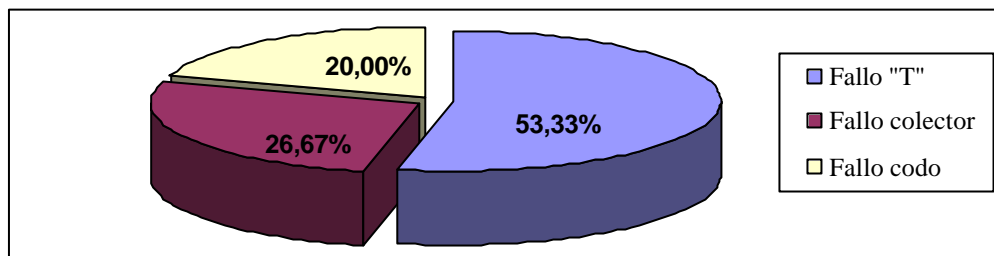


Figura -12- Porcentajes de las piezas donde se localizan más pérdidas

Tras el estudio de los resultados obtenidos en el análisis de las tablas podemos llegar a las siguientes conclusiones:

Las pérdidas detectadas al efectuar las pruebas, se encuentran en los accesorios de unión entre tubos. Éstas pueden ser debidas por diferentes causas, entre las cuales se debe destacar las que son más probables, la realización incorrecta del proceso de ejecución, por parte del instalador. O bien, que el material utilizado esté en mal estado o sea defectuoso. Para disminuir el porcentaje de fallos en las instalaciones, una de las soluciones sería la revisión del material antes de utilizarlo.

10.1 Conclusiones

Con el fin de que no sea necesario inspeccionar la totalidad de las instalaciones de un edificio y reducir el número de pruebas a realizar, en futuras obras de características similares, se ha realizado un análisis de probabilidad.

Utilizando un sistema similar al que se sigue para comprobar la resistencia del hormigón, método muy utilizado en el control de calidad de la construcción.

Se divide la instalación en lotes, para determinar el número que hay por lote, se ha aplica la probabilidad binomial, con la cual se observa que cuanto más pequeño es el número de instalaciones del lote, la cantidad de combinaciones que se generan es menor y por tanto, para el mismo porcentaje de inspección, la posibilidad de encontrar todos los fallos es mayor, ya que es más probable encontrar dos errores en cinco pruebas que cuarenta en cien. En base a esto, se ha decidido realizar lotes de 5 instalaciones y conseguimos la siguiente tabla de probabilidad:

Tabla n° 32. Probabilidades

N° instalaciones fallidas	0	1	2	3	4	5
Probabilidad	24,5%	40%	26%	8%	1,4%	0,1%
Probabilidad acumulada	24,5%	64,5%	90,5%	98,5%	99,9%	100%
Consideración	Aceptable			No aceptable		

Como se observa en la tabla, hay una probabilidad del 90,5% de que el lote tenga dos o menos fallos y un 9,5% de que tenga más. Por esto se decide realizar tres inspecciones por lote. En el caso, de que las tres instalaciones tengan pérdidas, el lote se considera no aceptable, ya que la probabilidad de que esto pase es de un 1,46% y se realizará la inspección de la totalidad de las instalaciones del lote.

Cuando un lote no sea aceptable, en el siguiente lote se efectuará una inspección adicional como penalización. Si éste último es aceptable se anulará la penalización y en el siguiente lote, el número de inspecciones volverán a ser tres. En caso contrario se inspeccionará por completo las instalaciones del lote y se continuará con la penalización en el lote siguiente.

De esta manera, inspeccionando el 60% de las instalaciones y en el caso de no encontrar ningún lote penalizado, tenemos una fiabilidad del 57,10% de que los resultados obtenidos reflejen la realidad de la obra. El porcentaje de fiabilidad aumenta si se encuentran lotes fallidos.

El cuadro de inspecciones a realizar primer lugar, en función del número de viviendas que tenga la obra a estudiar es el siguiente:

Tabla nº 33. Número de inspecciones

Nº instalaciones	Nº lotes	Nº de pruebas
10	2	6
20	4	12
30	6	18
40	8	24
50	10	30
60	12	36
70	14	42
80	16	48
90	18	54
100	20	60
110	22	66
120	24	72
130	26	78
140	28	84

Referencias

Normas básicas para las instalaciones interiores de suministro de agua. Orden de 9 de diciembre de 1975, del Ministerio de Industria (BOE núm. 11, 13/01/1976) (C.E. - BOE núm. 37, 12/02/1976).

Diámetros y espesores mínimos de tubos de cobre para instalaciones interiores de suministro de agua. Resolución del 14 de febrero de 1980, de la Dirección General de la Energía (BOE núm. 58, 07/03/1980).

Certificación de conformidad a normas como alternativa a la homologación. Orden de 12 de junio de 1989 (BOE núm. 161, 07/07/1989).

Sistemas de canalización y conducción de agua en materiales plásticos; Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) (2001).
Enríquez Harper, Gilberto. (2004). Manual práctico de instalaciones hidráulicas, sanitarias y de calefacción.
Fundación Laboral de la Construcción. (2003). Instalaciones de fontanería y saneamiento.
Vázquez Moreno, Javier y Herranz, Juan Carlos. (2004). Manual práctico de instalaciones en edificación ; Javier Vázquez Moreno, Juan Carlos Herranz.