



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS



Estudio sobre la metodología de reparación de averías en tuberías arteriales de redes de abastecimiento de agua potable. Aplicación al caso de Valencia

Trabajo final de master

Titulación: Master en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Curso: 2016/17

Autor: Rubén Marín Tejadillos

Tutor: Vicente Javier Macián Cervera

Valencia, julio de 2017



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN
TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.





Resumen

Castellano

Las redes de abastecimiento de agua potable son una de las infraestructuras imprescindibles dentro de la sociedad actual. El agua es un elemento esencial para la vida y el ser humano necesita de ella para su supervivencia y desarrollo. Una red de abastecimiento de agua potable se construye para que este elemento pueda llegar a todos y cada uno de los puntos donde se necesite, pero no sólo consiste en construirla, sino que hay que mantenerla y en muchos casos repararla. El presente documento centra toda su atención en la reparación de los componentes de esta infraestructura, las tuberías. Una red de abastecimiento de agua potable se compone de tuberías de muchos tipos y diámetros muy dispares, las cuales en función de estos dos parámetros cumplen unas funciones u otras. El objetivo de este estudio es el de recopilar los tipos de sistemas de reparación que se aplican en la actualidad para, concretamente, las tuberías de distribución de agua, también conocidas como tuberías arteriales, dentro de la ciudad de Valencia. Para ello se han estudiado, en función de los diámetros normalizados de las tuberías, la longitud y el porcentaje que hay de cada tipo de tubería en la red. Según el tipo de materiales con los que están fabricadas las tuberías, éstas tienen una serie de propiedades que hay que tener en cuenta durante la reparación y, por tanto, estos sistemas de reparación variarán en función de los tipos de tubería.

PALABRAS CLAVE: tubería, agua, fundición, fibrocemento, diámetro, reparación, hormigón, acero.



Resum

Valenciano

Les xarxes d'abastament d'aigua potable són una de les infraestructures imprescindibles en la societat actual. L'aigua és un element essencial per a la vida i l'ésser humà la necessita per a la seua supervivència i desenvolupament. Una xarxa d'abastament d'aigua potable es construeix perquè l'aigua pugua arribar a tots i cadascun dels punts on es necessita, però no només consisteix a construir-la, sinó que cal mantenir-la i en molts casos reparar-la. El present document centra tota la seua atenció en la reparació dels components d'aquesta infraestructura, les canonades. Una xarxa d'abastament d'aigua potable està formada de canonades de molts tipus i diàmetres molt dispars, les quals en funció d'aquests dos paràmetres compleixen unes funcions o unes altres. L'objectiu d'aquest estudi és el de recopilar els diferents tipus de sistemes de reparació que s'apliquen en l'actualitat per, concretament, les canonades de distribució d'aigua, també conegudes com a canonades arterials, dins de la ciutat de València. Per realitzar l'estudi s'han estudiat, en funció dels diàmetres normalitzats de les canonades, la longitud i el percentatge que hi ha de cada tipus de canonada a la xarxa. Segons el tipus de materials amb què estan fabricades les canonades, aquestes tenen una sèrie de propietats que cal tenir en compte durant la reparació i, per tant, aquests sistemes de reparació variaran en funció dels tipus de canonada.

PARAULES CLAU: canonada, aigua, fosa, fibrociment, diàmetre, reparació, formigó, acer.



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN
TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Abstract

Inglés

Drinking water supply networks are one of the essential infrastructures in today's society. Water is an essential element for life and the human being needs it for its survival and development. A drinking water supply network is built so that this element can reach any and every point where it is needed, but not only consists of constructing it, it must be maintained and in many cases repaired. This document concentrates all its attention on the repair of the components of this infrastructure, the pipes. A potable water supply network is composed of pipes of many types and very different diameters, which depending on these two parameters fulfill some functions or others. The purpose of this study is to compile the types of repair systems that are currently applied for, specifically, water distribution pipes, also known as arterial pipes, within the city of Valencia. For this purpose, the length and percentage of each type of pipe in the network have been studied, depending on the standardized pipe diameters. According to the type of materials with which the pipes are made, they have a number of properties to be taken into account during the repair and, therefore, these repair systems will vary depending on the types of pipe.

KEY WORDS: pipe, water, cast iron, fiber cement, diameter, repair, concrete, steel.



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN
TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo expresar mi agradecimiento al tutor de este trabajo de fin de master, Dr. Vicente Javier Macián Cervera, por brindarme la oportunidad de poder realizar un trabajo sobre todo aquello con lo que he estado trabajando durante el último curso en la empresa donde he desarrollado mis prácticas del master.

Desearía agradecer a EMIVASA (Grupo Aguas de Valencia), la empresa que me ha acogido durante estos casi 10 meses de prácticas, el trato recibido y la ayuda que se me ha proporcionado a la hora de aprender a hacer frente a los desafíos del día a día, así como a poner en práctica muchas de las cosas aprendidas durante el grado y posterior master. En especial, gran parte de este agradecimiento se dirige a mis compañeros de la sección de Mantenimiento de Tuberías Arteriales dentro del departamento de Explotación de la Red, tanto para el técnico responsable y tutor dentro de la empresa Guillermo Moreno, como a los técnicos operativos Enrique Aldehuela y Rafael Castro. Gracias por todo lo que me habéis enseñado, por acogerme y hacerme sentir uno más y, sobre todo, por vuestra amistad.

Por último, y no menos importante, no quiero dejar pasar la oportunidad de dar la gracias a mi familia y a mis amigos. Vosotros sois quienes habéis tenido que aguantarme cuando tenía los nervios a flor de piel y me faltaba tiempo para hacer todo lo que tenía que hacer. Muchas gracias.

Pero, sobre todo, gracias a mi madre, a mi hermana, a José María y a mi pareja, vosotros sois quienes me habéis dado la fuerza por luchar cada día para ser mejor, vosotros sois los primeros que habéis estado ahí cuando algo no ha salido bien y sois la parte más importante de mi vida. Esto también es vuestro. Gracias.



ÍNDICE

Introducción	1
Finalidad	2
Red de agua potable de Valencia	3
Ámbito de aplicación	4
Tipos de tuberías arteriales	5
Tuberías de Ø400	8
Tuberías de Ø450	9
Tuberías de Ø500	10
Tuberías de Ø600	11
Tuberías de Ø800	12
Resumen de las tuberías arteriales	13
Tuberías de fundición	14
Material.....	14
Tuberías.....	15
Características de las tuberías de fundición	16
Uniones	16
Tuberías de fibrocemento	19
Material.....	19
Características de las tuberías de fibrocemento	20
Uniones	20
Tuberías de hormigón	22
Tubería	22
Características de las tuberías de hormigón	24
Uniones	25
Tuberías de acero	26
Material.....	26
Tubería	26
Revestimiento	27
Características de las tuberías de acero	28
Uniones	28
Tuberías de polietileno	30
Material.....	30
Características de las tuberías de polietileno.....	31
Uniones	31
Metodología de reparación según tipo de tubería	33
Procedimiento general de reparación	36
Actuaciones previas.....	36
Inspección de la tubería	38
Tubería de fundición	42
Sistemas de reparación sin corte de tubería.....	42
Sistemas de reparación con corte de tubería.....	45



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN
TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Tubería de fibrocemento	51
Sistemas de reparación sin corte de tubería	51
Sistemas de reparación con corte de tubería.....	52
Tubería de hormigón	62
Sistemas de reparación sin corte de tubería	62
Sistemas de reparación con corte de tubería.....	66
Tubería de acero.....	77
Sistemas de reparación sin corte de tubería	79
Sistemas de reparación con corte de tubería.....	80
Tubería de polietileno.....	84
Anejo 1: Ejemplo de reparación de tubería de fundición dúctil	85
Anejo 2: RD 396/2006 Trabajos con amianto	96
Bibliografía.....	107



Introducción

El presente documento se realiza a instancias del Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, propuesto por el Dr. Vicente Javier Macián Cervera, para el desarrollo de un Trabajo Final de Master de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia.

Este estudio se realiza en conjunto con la empresa Empresa Mixta Valenciana de Aguas S.A. (EMIVASA), del grupo Global Omnium/Aguas de Valencia, responsable de la captación, tratamiento y distribución de agua potable en la ciudad de Valencia, así como en la mayoría de las poblaciones de su área metropolitana. Más en concreto con el departamento de mantenimiento de tuberías arteriales, con el ingeniero de obras públicas Guillermo Moreno Pardo a cargo de éste.

El agua es un elemento esencial para la vida. Los seres vivos necesitan de ella para vivir. El ser humano, desde su origen, ha desarrollado su existencia entorno a fuentes de agua desde las que abastecerse, fuentes como ríos, lagos o manantiales que le permitían obtener agua dulce. Con el paso del tiempo, el ser humano empezó a desarrollar sistemas que le permitían disponer del agua en lugares más adecuados para sus intereses y su desarrollo. Se construyeron pozos desde los que abastecerse, se construyeron canales para transportar el agua a los lugares donde se necesitaba y se instalaron fuentes y puntos de consumo en las poblaciones.

El ser humano a lo largo del tiempo ha intentado controlar y dominar este elemento debido a su importancia para el desarrollo y la economía de la sociedad. Se han construido pantanos para que sirvan como bancos de agua que garanticen la disponibilidad de ésta, se han construido canales de trasvase para poder llevar agua a lugares donde ésta es más escasa, se han desarrollado sistemas de potabilización de agua con la finalidad de obtener un agua más apta y con más calidad para su consumo, y se ha canalizado la misma por medio de tuberías capaces de transportar el agua a presión para poder llevar el agua hasta puntos donde el ser humano vaya a necesitarla.

Las tuberías y sus características han ido evolucionando a la par que la sociedad se ha ido desarrollando. Con el transcurso de los años, en especial del siglo pasado, aparecieron en el mercado tuberías de diferentes materiales que se han ido implementando en la red durante su desarrollo. Es por ello que en una misma red de tuberías se encuentren tuberías con distintos tipos de características y materiales.

Inicialmente, los sistemas de reparación de las tuberías eran artesanales. Los operarios y personal encargado de su mantenimiento conocían la sistemática e incluso se construían los elementos necesarios para resolver la avería. De hecho, que una localidad o zona no tuviera servicio durante horas o días podía considerarse como normal y estaba asumido por los usuarios. Sin embargo, hoy en día no se da esa situación. Ha entrado en juego un nuevo elemento que ha ido cogiendo cada vez más importancia: el tiempo. Cada vez más nuestra vida gira en torno del tiempo y las exigencias de los usuarios van en consonancia con los tiempos. Es por ello que durante los últimos años se han ido desarrollando mecanismos y sistemas para la reparación de tuberías que reduzcan el tiempo de restablecimiento del suministro del agua. La reparación artesanal ha dado paso a la reparación con piezas cada vez más fiables, rápidas y duraderas.



Finalidad

El objetivo de este documento es realizar una recopilación de los sistemas de reparación de tuberías arteriales o de grandes diámetros, en función de la tipología de tubería y sus características.

La motivación de realizar esta recopilación nace por sugerencia de la empresa de poder documentar los tipos de reparación que hoy en día se realizan en las tuberías que dan servicio muchos usuarios en la provincia de Valencia. La red de agua potable gestionada por el grupo Aguas de Valencia es una red extensa en la que se pueden encontrar tuberías de todo tipo de material y de diámetros muy pequeños hasta tuberías que pueden transportar cantidades ingentes de agua. De esta manera, este estudio pretende servir de guía en el futuro para que en caso de que se produzca alguna avería en las tuberías, poder sugerir sistemas de reparación en función de las condiciones en las que esta avería se produzca.

La mayor parte de la red de agua potable discurre de manera subterránea. Una gran parte de esta red son ramales de acometida para dar servicio a los usuarios, y se encuentran a escasa profundidad. Pero cuando se sube un nivel en la escala de la distribución y se empieza a hablar de tuberías distribuidoras, la situación cambia. Se tratan de tuberías de diámetros considerables que están localizadas a una cierta profundidad en el terreno y que su gestión, mantenimiento y reparación muchas veces requiere no sólo de obra mecánica sino también de movimiento de tierras o construcción de pequeñas estructuras que permanecerán enterradas y que permiten a los trabajadores revisar y trabajar en unas condiciones totalmente seguras. La metodología en la reparación de estas tuberías no está recogida en ninguna guía y es sobre la que se pretende realizar un estudio que sirva para abordar todas las posibles metodologías.



Red de agua potable de Valencia

La empresa responsable de la distribución de agua en la ciudad de Valencia es Aguas de Valencia. El grupo Aguas de Valencia centra su actividad en el Ciclo Integral del Agua, es decir, gestiona los aspectos relacionados con la captación, tratamiento y distribución de agua potable en la ciudad de Valencia, así como en la mayoría de poblaciones de su área metropolitana.

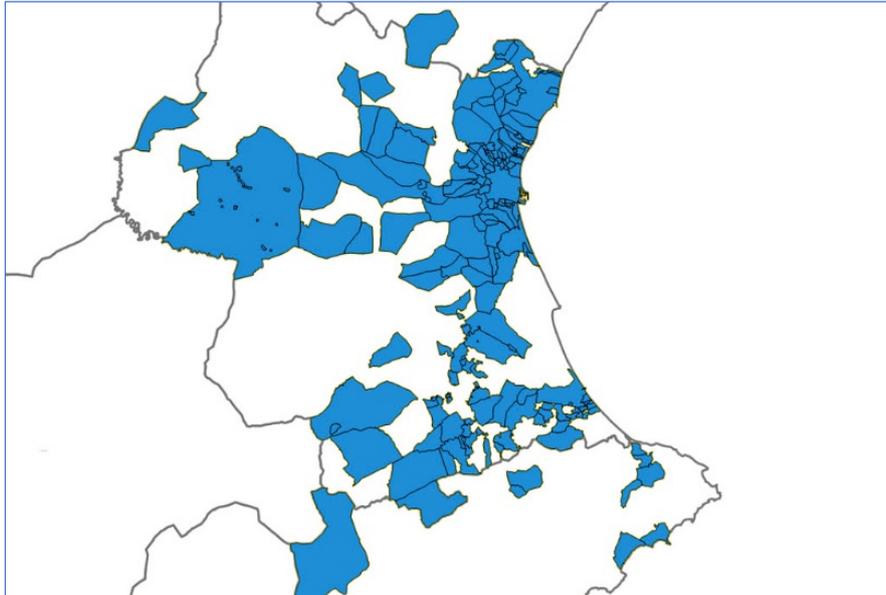


Ilustración 1. Poblaciones a las que suministra Aguas de Valencia.

El agua potable que se suministra a los usuarios de la red local, cumple todo el Ciclo Integral desde su captación en las estaciones potabilizadoras que explota el grupo, que son la estación potabilizadora de La Presa, localizada en Manises, y la estación potabilizadora de El Realón, localizada en Picassent. Ambas estaciones se abastecen de las aguas superficiales correspondientes a los ríos Turia y Júcar.

El proceso de potabilización no tiene lugar necesariamente cerca de la ciudad o población abastecida, de manera que el agua potable ha de ser bombeada a través de tuberías de gran diámetro hasta llegar a su destino. Una vez en su destino, el agua se distribuye por las poblaciones a través de una serie de tuberías de distinto tamaño o diámetro, de manera que llegue a cada punto de suministro la presión y cantidad necesaria.

Este documento se centrará en los elementos principales del proceso de distribución del agua potable: las tuberías. Las tuberías para el transporte de agua a presión constituyen una de las infraestructuras hidráulicas más importantes. En Valencia existen dos tipos de redes de distribución, dependiendo de si el agua está considerada apta para el consumo del ser humano, es decir, agua potable, o si no se considera apta, es decir agua no potable. La red de distribución del agua potable está considerada como una red de distribución en alta presión y es la que tiene como origen las estaciones potabilizadoras. La red de distribución de agua no potable, o de riego, se corresponde con la red de distribución de baja presión y es la que toma agua de los



pozos subterráneos y de los excedentes de agua que sobrepasan las capacidades de las estaciones depuradoras. Ambas redes se componen de tuberías de diferentes materiales (fundición dúctil, acero, hormigón, fibrocemento, etc....) y de diversos diámetros que llegan hasta los 800 mm en la ciudad de Valencia.

La distribución del agua potable desde que sale de las plantas potabilizadoras hasta que llega a los puntos de consumo se puede dividir en 3 fases:

- ✚ La primera de las fases es la del transporte del agua desde la planta potabilizadora hasta la entrada de las poblaciones. Esta fase recibe el nombre de **aducción**. Esta distribución se realiza mediante una red arterial de tuberías de gran diámetro (800 mm – 1600 mm) y complejos sistemas de bombeo hasta llegar a su destino.
- ✚ La segunda de las fases se corresponde con la distribución del agua dentro de la población. Esta red recibe el nombre de **red de tuberías arteriales**. El agua se distribuye a través de un entramado de tuberías de distinto tamaño o diámetro (400 mm – 800 mm), de manera que a cada punto de suministro le llegue la presión acordada y en cantidad necesaria.
- ✚ La última fase de la distribución comprende todo el entramado de la **red de tuberías de alta presión con diámetros inferiores a 400 mm** hasta que el agua alcanza su fin: dar servicio al usuario a través de las acometidas.

Ámbito de aplicación

Las redes de distribución de agua potable son sistemas complejos donde intervienen muchos elementos y, por tanto, sistemas que pueden tener muchos tipos de averías.

El presente documento se focaliza en la ciudad de Valencia, más concretamente en las tuberías de distribución dentro de la ciudad de Valencia. Estas tuberías se caracterizan por comprender los rangos entre los 400 mm de diámetro y los 800 mm de diámetro y se tratarán los principales tipos de tuberías que se pueden encontrar en la red. Estos métodos podrían extrapolarse a tuberías tanto de menor como de mayor calibre, siempre y cuando se adapten las piezas de reparación

Las actuaciones que se recogen en este documento formarían parte del mantenimiento correctivo de la red ya que son actuaciones sobre la tubería cuando ésta ha dejado de cumplir su función al 100%, es decir, transporta agua, pero no toda puesto que puede haber una fuga o porque simplemente ha reventado y no hay transporte.



Tipos de tuberías arteriales

Una tubería es un conjunto de tubos y accesorios unidos mediante juntas para formar una conducción cerrada. Si bien fueron inicialmente concebidas para transportar agua, las tuberías en la actualidad no son una infraestructura exclusiva para la conducción de los recursos hídricos, sino que son utilizadas con profusión como modo genérico de transporte, especialmente como oleoductos y gasoductos. En este estudio se deja de lado el transporte de aceite y gas para poner el foco de atención en el transporte de agua, más concretamente en el transporte de agua a presión.

A día de hoy en el mercado existen muchos tipos de tuberías fabricadas con todo tipo de materiales y que tienen características enormemente distintas entre sí. Y es que poco o nada tiene que ver una tubería rígida (como las de hormigón) con una tubería flexible (acero, por ejemplo): distinta forma de resistir las cargas externas, diferente comportamiento en el largo plazo, distintas rugosidades, etc. Incluso no sólo hay diferencias estructurales: unos tubos necesitan protecciones contra la corrosión y otros no, cada tipología requiere de un sistema de juntas diferente, etc.

Así pues, centrando ya la atención en las tuberías de transporte de agua, el CEDEX contempla en la Guía Técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión (6ª edición, 2009) todas las tipologías de tuberías de posible uso en España a fecha de su realización. Entre esos materiales contemplados se encuentran los materiales más comunes en las redes de distribución y transporte de agua como son el acero, la fundición, el hormigón y los plásticos. También hace referencia a materiales como el policloruro de vinilo orientado molecularmente o nuevos tipos de polietilenos, materiales que a día de hoy se utilizan. Mención aparte para el fibrocemento como material para nuevas redes puesto que la OM del Ministerio de la Presidencia de 7 de diciembre de 2001 (en aplicación de la Directiva 99/77/CE de la Comisión) prohíbe la fabricación e instalación de productos fabricados con amianto a lo largo del año 2002. Como este documento pretende recopilar todos los materiales con los que están fabricadas las tuberías de la ciudad de Valencia para saber cómo tratarlos y repararlos, el fibrocemento estará incluido en el estudio.

Concretamente, los materiales que aparecen en la Guía Técnica son los siguientes:

-  Fundición dúctil
-  Acero
-  Hormigón armado y pretensado
-  Policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U)
-  Polietileno



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



- Polícloruro de vinilo con orientación molecular (PVC-O)
- Poliéster reforzado con fibras de vidrio (PRFV)

Las tuberías que entran dentro del estudio son las tuberías arteriales o de distribución dentro de la ciudad de Valencia. Estas tuberías son aquellas que presentan diámetros entre 400 mm y 800 mm. Las tipologías de tuberías anteriormente mencionadas correspondían con un estudio a nivel nacional del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas y de la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas, pero no quiere decir que todas esas tipologías se utilicen en la red de Valencia.

En relación, también, con los materiales utilizados en las redes de tuberías en España, la Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS) realizaba una encuesta con periodicidad bienal sobre el suministro de agua potable y saneamiento en España, a la cual la Guía Técnica hace referencia en algunos de sus apartados. El ámbito de esta encuesta era el de las redes de distribución con diámetros pequeños, el cual, en términos absolutos de longitud, representa la mayor parte de las redes. A pesar de quedarse “corto” en términos de diámetro, sirve para hacer una aproximación de cómo estaban distribuidos los materiales en función del total de la red. A continuación, se muestran los resultados de la última encuesta encontrada de la Asociación Española de Abastecimiento de Agua y Saneamiento (AEAS).

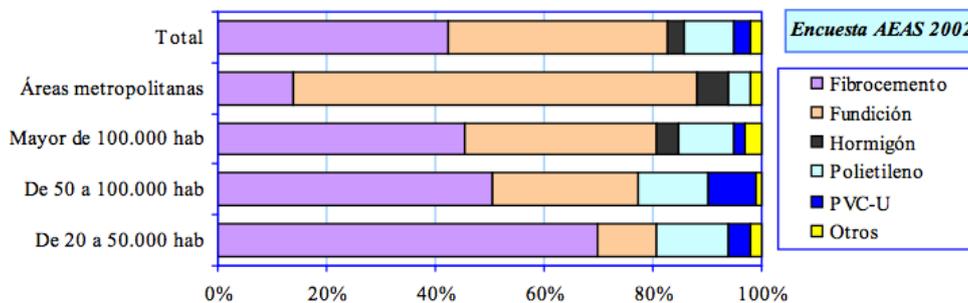


Ilustración 2. Resultados de la encuesta de AEAS "Suministro de agua potable y saneamiento en España" (2002)

La Guía Técnica remarca que para tuberías de gran diámetro los materiales habituales son otros adicionales a los anteriores como pueden ser el acero o el PRFV.

Partiendo de los estudios/encuestas mencionadas, a continuación, se presentan los resultados de un análisis de todas las tipologías de tuberías en función de los diferentes diámetros en los que se fabrican dentro del rango de diámetro anteriormente mencionado. De esta manera se podrá observar qué tipología/as son las que predominan en la red de la ciudad



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN
TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



de Valencia, para que posteriormente se pueda realizar un análisis más detallado de su composición, características y métodos de reparación.

Dentro del rango de diámetros de las tuberías arteriales (400 mm – 800 mm) se pueden encontrar tuberías de diferentes diámetros: 400 mm, 450 mm, 500 mm, 600 mm y 800 mm. Estos diámetros son los diámetros interiores de los tubos. Para cada uno de estos diámetros se ha sacado de la base de datos de la empresa qué distancia cubren cada uno de los materiales en la red. No se trata de una distancia continua, sino que como la red está muy ramificada, es muy común encontrar que en un mismo recorrido de tubería encontrar tramos en los que el material se vaya alternando entre dos o más. De esta manera se podrá conocer de una manera muy precisa cómo están distribuidos los materiales en la red de distribución de agua potable de la ciudad de Valencia y cuáles son los materiales dominantes en ésta.



Tuberías de $\varnothing 400$

Para tuberías con diámetro interior de 400 mm los resultados son los siguientes:

Tabla 1. Tuberías de $\varnothing 400$ según material

Material	Nº Tramos	Longitud [m]	%
FUNDICIÓN DÚCTIL	196	8413,74	22,41
FUNDICIÓN GRIS	68	1595,72	4,25
POLIETILENO	22	1575,4	4,20
FIBROCEMENTO	185	16460,85	43,85
HORMIGÓN CON CAMISA CHAPA	30	4187,64	11,15
ACERO	19	563,25	1,50
HORMIGÓN SIN CAMISA CHAPA	30	4419,87	11,77
PVC NO PLASTIFICADO	3	324,14	0,86

TOTAL TUBERÍA $\varnothing 400$ mm 553 37540,61 100%

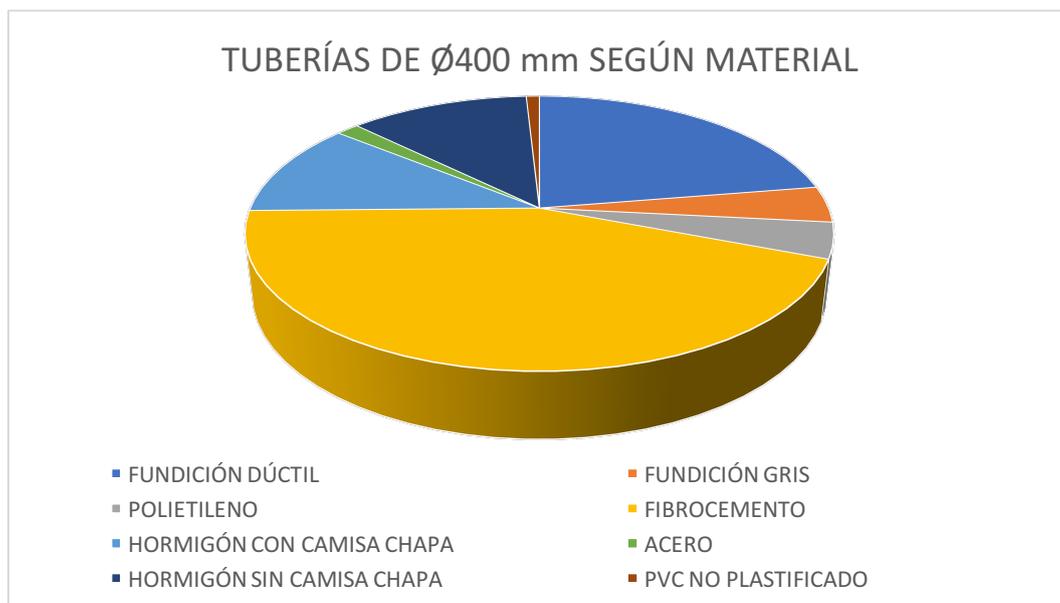


Ilustración 3. Tuberías de $\varnothing 400$ según material

Para el diámetro de 400 mm se puede comprobar que los porcentajes se aproximan de manera bastante precisa a los resultados de la encuesta de la AEAS de 2002. Esto se debe que las tuberías de $\varnothing 400$ son las que tienen el diámetro más cercano a las tuberías sobre las que se realizó la encuesta. El material dominante para este tipo de tuberías es el fibrocemento con casi un 44% del total de tuberías arteriales. A pesar de que se prohibirá su instalación en 2002, debido a su contenido en amianto, las tuberías ya instaladas se han mantenido en bastante buen estado y no se ha realizado ningún proyecto para cambiarlas, el cual sería bastante costoso. La filosofía seguida ha sido la de mantener las tuberías en el mejor estado posible y en caso de rotura o deficiencia en su funcionamiento, la solución ha sido en la mayoría de los casos retirar



el tubo o tubos afectados y realizar una reparación con otro material, principalmente la fundición dúctil o el acero. También destacan materiales como la fundición dúctil, por lo que se acaba de comentar y porque las canalizaciones a día de hoy se intentan realizar con este material debido a sus características. El hormigón también destaca tanto con la camisa de chapa como sin ella.

Tuberías de Ø450

Para tuberías con diámetro interior de 450 mm los resultados son los siguientes:

Tabla 2. Tuberías de Ø450 según material

Material	Nº Tramos	Longitud [m]	%
FUNDICIÓN DÚCTIL	131	9083,5	38,49
FUNDICIÓN GRIS	24	738,07	3,13
POLIETILENO	0	0	0,00
FIBROCEMENTO	104	5719,93	24,24
HORMIGÓN CAMISA CHAPA	144	7204,88	30,53
ACERO	31	632,6	2,68
HORMIGÓN SIN CAMISA CHAPA	6	219,73	0,93
PVC NO PLASTIFICADO	0	0	0,00
TOTAL TUBERÍA Ø450mm	440	23598,71	100,00

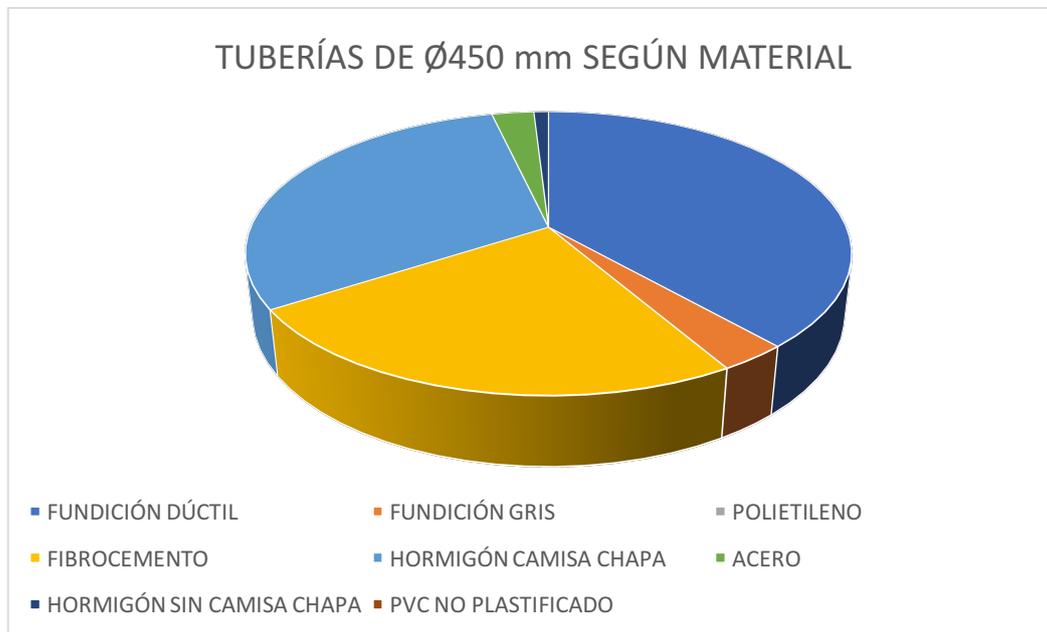


Ilustración 4. Tuberías de Ø450 según material

Para las tuberías de diámetro interior 450 mm se puede apreciar que el fibrocemento va dejando paso a tuberías de hormigón con camisa de chapa o la fundición dúctil, materiales más adecuados para diámetros más grandes. El hormigón sin camisa chapa prácticamente ya no



se utiliza, al igual que la fundición gris, y el polietileno ni aparece en la red, puesto que es un material que trabaja muy bien con diámetros más pequeños. Se puede observar que el acero, a pesar de aparecer en bastantes tramos, solo se utiliza en menos de un 3% de la red, esto es debido a que se utiliza básicamente en ocasiones especiales o para realizar reparaciones o cambios de tubos para materiales como el fibrocemento o el hormigón camisa chapa.

Tuberías de Ø500

Para tuberías con diámetro interior de 500 mm los resultados son los siguientes:

Tabla 3. Tuberías de Ø500 según material

Material	Nº Tramos	Longitud [m]	%
FUNDICIÓN DÚCTIL	0	0	0,00
FUNDICIÓN GRIS	2	28,53	43,33
POLIETILENO	0	0	0,00
FIBROCEMENTO	0	0	0,00
HORMIGÓN CAMISA CHAPA	0	0	0,00
ACERO	11	37,32	56,67
HORMIGÓN SIN CAMISA CHAPA	0	0	0,00
PVC NO PLASTIFICADO	0	0	0,00
TOTAL TUBERÍA Ø500mm	13	65,85	100,00

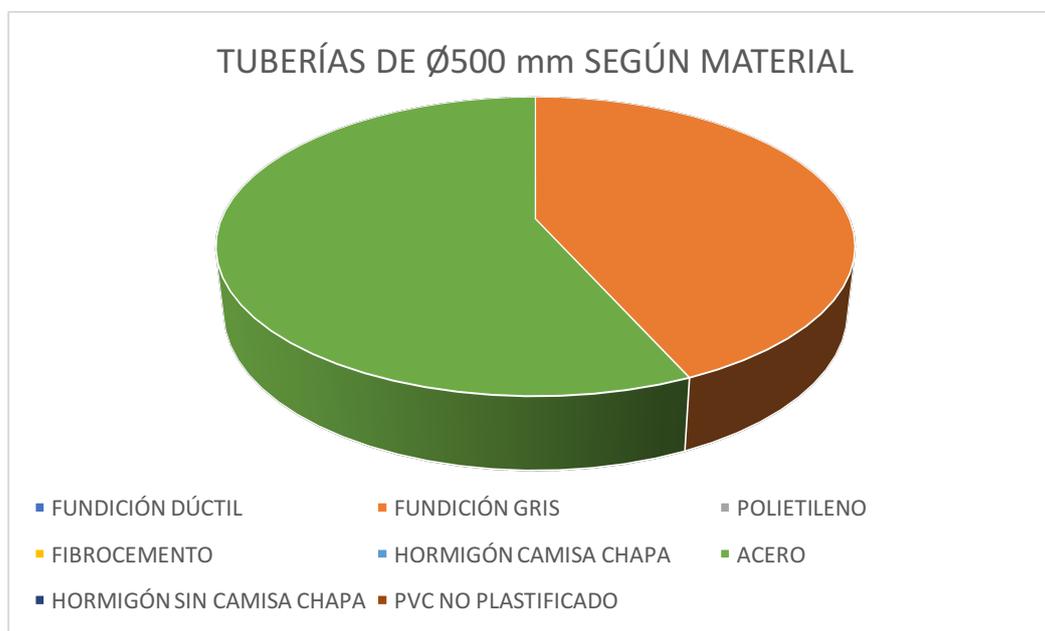


Ilustración 5. Tuberías de Ø500 según material

Poco se puede comentar de las tuberías de diámetro interior 500 mm. Tan solo están instaladas en 65 metros del total de la red que son 100 kilómetros y se corresponden con reparaciones o tramos especiales.



Tuberías de Ø600

Para tuberías con diámetro interior de 600 mm los resultados son los siguientes:

Tabla 4. Tuberías de Ø600 según material

Material	Nº Tramos	Longitud [m]	%
FUNDICIÓN DÚCTIL	168	11466,12	44,56
FUNDICIÓN GRIS	113	5775,67	22,45
POLIETILENO	0	0	0,00
FIBROCEMENTO	0	0	0,00
HORMIGÓN CAMISA CHAPA	122	8050,92	31,29
ACERO	34	323,82	1,26
HORMIGÓN SIN CAMISA CHAPA	2	58,71	0,23
PVC NO PLASTIFICADO	0	0	0,00
HORMIGÓN PRETENSADO	4	55,71	0,22
TOTAL TUBERÍA Ø600mm	443	25730,95	100,00

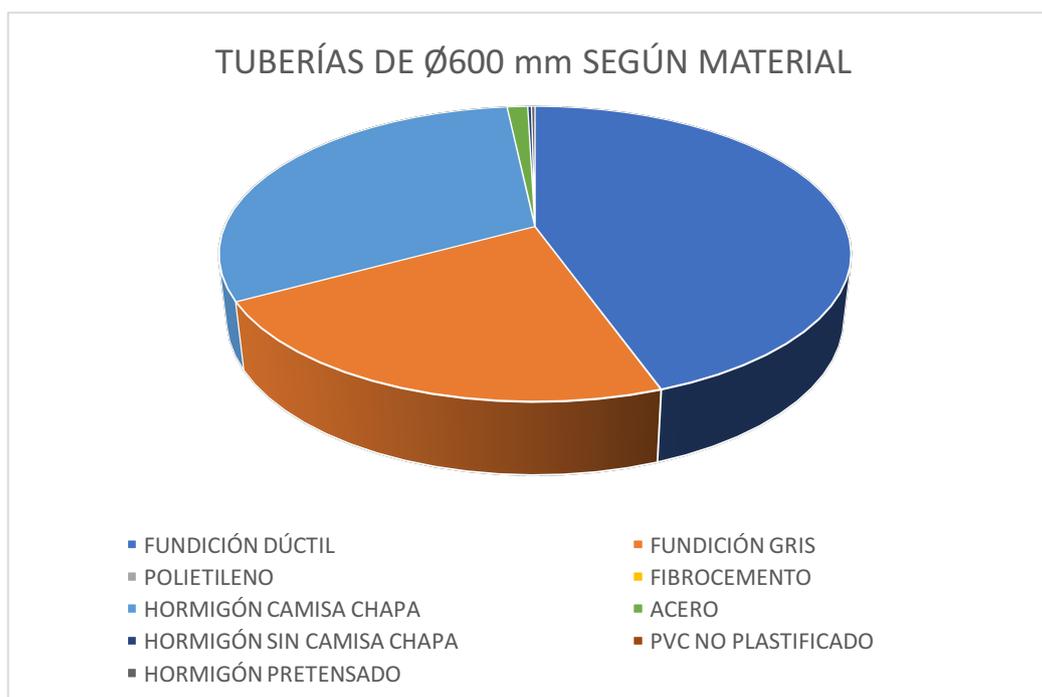


Ilustración 6. Tuberías de Ø600 según material

Para las tuberías de diámetro interior 600 mm cabe destacar que casi el 67% de las tuberías de este diámetro son de fundición, ya sea dúctil o gris. El resto de red está diseñada, prácticamente, con hormigón camisa chapa. En este diámetro aparecen fugazmente materiales como acero u hormigón sin camisa chapa. Además, aparece por primera vez el hormigón pretensado, pero tan sólo en 55 metros de la red.



Tuberías de $\varnothing 800$

Para tuberías con diámetro interior de 800 mm los resultados son los siguientes:

Tabla 5. Tuberías de $\varnothing 800$ según material

Material	Nº Tramos	Longitud [m]	%
FUNDICIÓN DÚCTIL	22	839,35	6,17
FUNDICIÓN GRIS	2	6,67	0,05
POLIETILENO	0	0	0,00
FIBROCEMENTO	0	0	0,00
HORMIGÓN CAMISA CHAPA	146	12675,62	93,23
ACERO	6	13,97	0,10
HORMIGÓN SIN CAMISA CHAPA	1	57,88	0,43
PVC NO PLASTIFICADO	0	0	0,00
HORMIGÓN PRETENSADO	1	3,08	0,02
TOTAL TUBERÍA $\varnothing 800$mm	178	13596,57	100,00

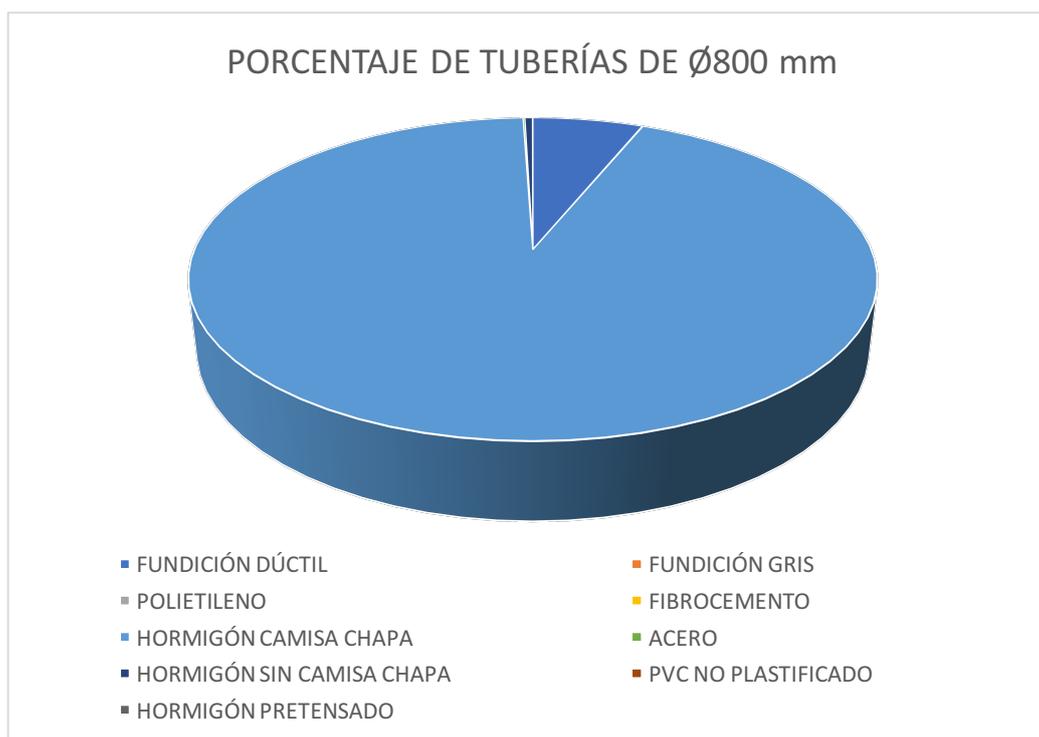


Ilustración 7. Tuberías de $\varnothing 800$ según material

En cuanto a las tuberías de diámetro interior 800 mm, cabe destacar que más de un 90% de la red está diseñada en hormigón con camisa de chapa. El resto de red está diseñada con tubería de fundición dúctil y vuelve a aparecer muy fugazmente el hormigón pretensado.



Resumen de las tuberías arteriales

Tabla 6. Porcentaje de materiales en la red de agua potable

Material	Nº Tramos	Longitud [m]	%
FUNDICIÓN DÚCTIL	517	29802,71	29,64
FUNDICIÓN GRIS	209	8144,66	8,10
POLIETILENO	22	1575,4	1,57
FIBROCEMENTO	289	22180,78	22,06
HORMIGÓN CAMISA CHAPA	442	32119,06	31,95
ACERO	101	1570,96	1,56
HORMIGÓN SIN CAMISA CHAPA	39	4756,19	4,73
PVC NO PLASTIFICADO	3	324,14	0,32
HORMIGÓN PRETENSADO	5	58,79	0,06
TOTAL TUBERÍAS ARTERIALES	1627	100532,69	%

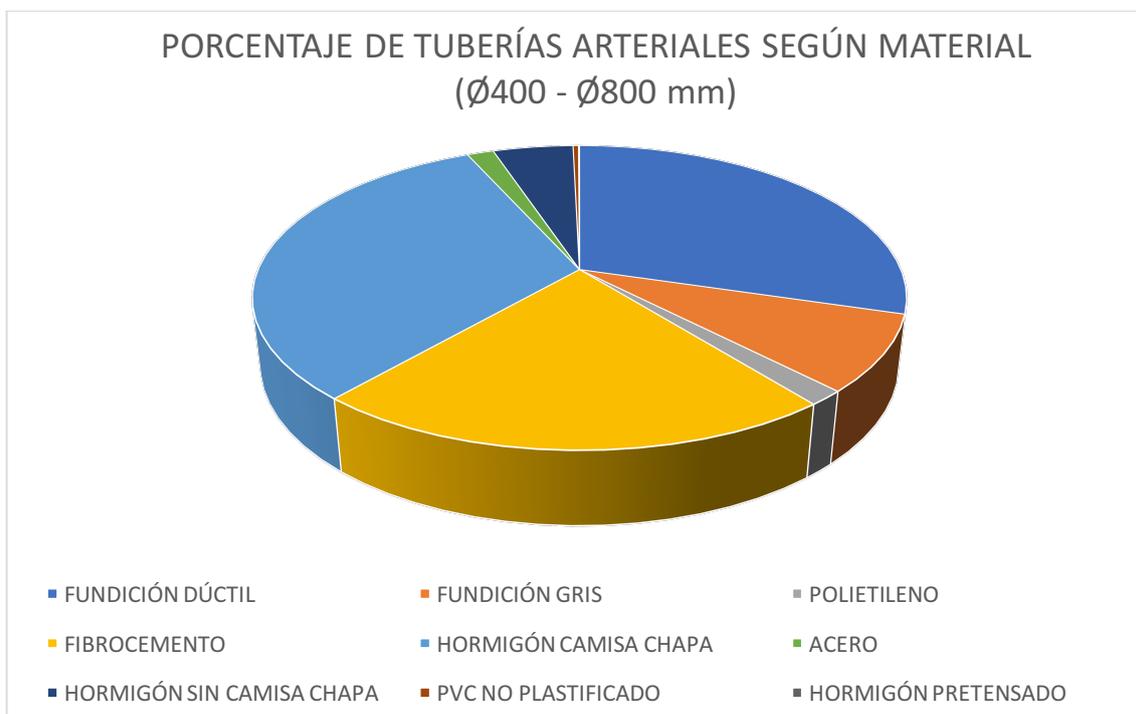


Ilustración 8. Porcentaje de tuberías arteriales según material

Vistos los resultados de este análisis, los materiales que se estudiarán serán por importancia la fundición, el fibrocemento y el hormigón con camisa de chapa. Además, también se analizará el acero debido a su versatilidad para reparaciones y situaciones especiales, y se comentará brevemente materiales plásticos como el polietileno a que está tomando cada vez más importancia.



Tuberías de fundición

Material

El término “fundición” abarca una gran variedad de aleaciones Fe - C - Si. En función del contenido en carbono en el metal de base, los productos féreos se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Hierro : 0 a 0,1% de C,
- Acero : 0,1 a 1,7% de C,
- Fundición: 1,7 a 5% de C.

Según el estado del grafito, el material con el que se fabrican los tubos puede ser fundición gris o fundición dúctil.

En las fundiciones grises, el grafito se presenta bajo formas de láminas. Cada una de estas láminas de grafito puede, bajo una concentración de esfuerzos en ciertos puntos, entrañar un inicio de fisura.

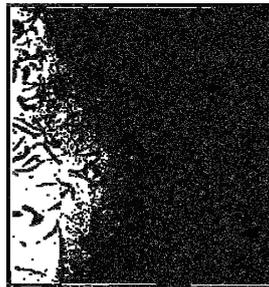


Ilustración 9. Fundición gris

La fundición dúctil, conocida también como fundición nodular o de grafito esferoidal, se distingue de las fundiciones grises tradicionales por sus importantes propiedades mecánicas y porque el grafito se presenta principalmente en forma de esferas, debido a la adición de magnesio durante el proceso de fabricación.

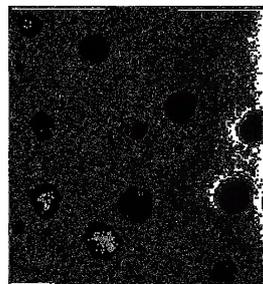


Ilustración 10. Fundición dúctil



La fundición es un material que puede obtenerse a partir de material reciclado y es totalmente reciclable al 100%, sin degradación de sus propiedades.

Tuberías

En las tuberías de fundición gris, el material se presenta tal cual se ha comentado en el apartado anterior, es decir, el carbono se presenta en formas de láminas lo que da lugar a que el material se convierta en un material rompible.

Sin embargo, las tuberías de fundición dúctil son una mejora de las tuberías de fundición gris ya que mediante el tratamiento especial con magnesio se logra mayor dureza y durabilidad. Además, para mejorar la corrosión en la tubería se le aplican diversos revestimientos; en el interior se le aplica mortero de cemento, lo que hace que se evite la tuberculización o formación de incrustaciones u óxido, y en el exterior se le aplica un revestimiento de zinc y una capa de acabado en epoxi azul que proteja la tubería de cualquier sustancia externa.



Ilustración 11. Tubería de fundición gris retirada donde se puede comprobar las incrustaciones de sulfato de hierro



Ilustración 12. Detalle de tubería de fundición dúctil



Características de las tuberías de fundición

La fundición gris, con un alto contenido en carbono, tiene las siguientes propiedades:

- ✚ Resistencia a la compresión
- ✚ Resistencia a la abrasión
- ✚ Resistencia a la fatiga
- ✚ Aptitud al moldeo
- ✚ Fácilmente mecanizable
- ✚ Resistencia a la corrosión

La fundición dúctil, sin embargo, debido a su estructura en forma de esferas consigue eliminar la fragilidad y se consigue un material dúctil y resistente. Las propiedades de la fundición dúctil que se consiguen con esta modificación estructural y que se añaden a las anteriormente mencionadas son las siguientes:

- ✚ Resistencia a la tracción
- ✚ Resistencia a los choques
- ✚ Alto límite elástico
- ✚ Importante alargamiento
- ✚ Resistencia a cambios térmicos externos
- ✚ Alta rigidez perimetral
- ✚ Uniones flexibles
- ✚ Resistencia a las incrustaciones
- ✚ Capacidad hidráulica superior

Uniones

Los diferentes tipos de juntas pueden clasificarse en:

- ✚ Juntas de enchufe
- ✚ Juntas acerojadas
- ✚ Juntas mediante bridas

- Las juntas de enchufe y extremo liso son las más utilizadas en la práctica. A su vez, en función de cómo se comprima el anillo formado por un elastómero se pueden clasificar en juntas automáticas o mecánicas:



- En las juntas automáticas de enchufe y extremo liso el anillo formado por un elastómero sufre una compresión radial que depende de las características geométricas de los tubos y del propio anillo.

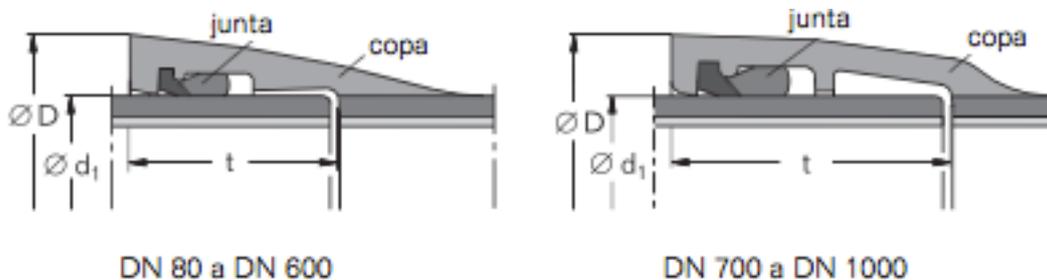


Ilustración 13. Junta de enchufe

- En las juntas mecánicas de enchufe y extremo liso el anillo formado por un elastómero se comprime axialmente con la ayuda de una contrabrida, que se fija por el apriete de un conjunto de bulones que se ajustan en la propia obra. En este caso, la compresión que sufre el anillo depende del ajuste de los bulones y, en consecuencia, se puede controlar.

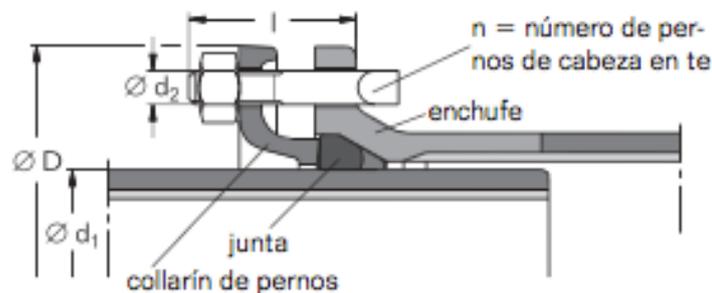


Ilustración 14. Junta de enchufe con contrabrida

- Las juntas de enchufe y extremo liso, además, admiten otra gran clasificación, atendiendo a que resistan o no esfuerzos de tracción, dividiéndose, en este caso, en acorrojadas y no acorrojadas:
 - ✚ Las juntas acorrojadas de enchufe y extremo liso incorporan un dispositivo tal que las hace resistir esfuerzos de tracción, de manera que, aunque aparezcan sollicitaciones de esta naturaleza en la conducción (por ejemplo, en una desviación de la tubería) la unión



no se desenchufa. Esta propiedad evita su desenchufe sin necesidad de bloque alguno de hormigón. Existen, incluso, juntas especiales de acerojado diseñadas específicamente para las canalizaciones que vayan a ser instaladas mediante perforación horizontal dirigida. En este caso, la geometría de la unión debe ser tal que, además de resistir esfuerzos de tracción, apenas tenga salientes respecto a la campana del tubo para impedir problemas durante el arrastre del tubo en la instalación.

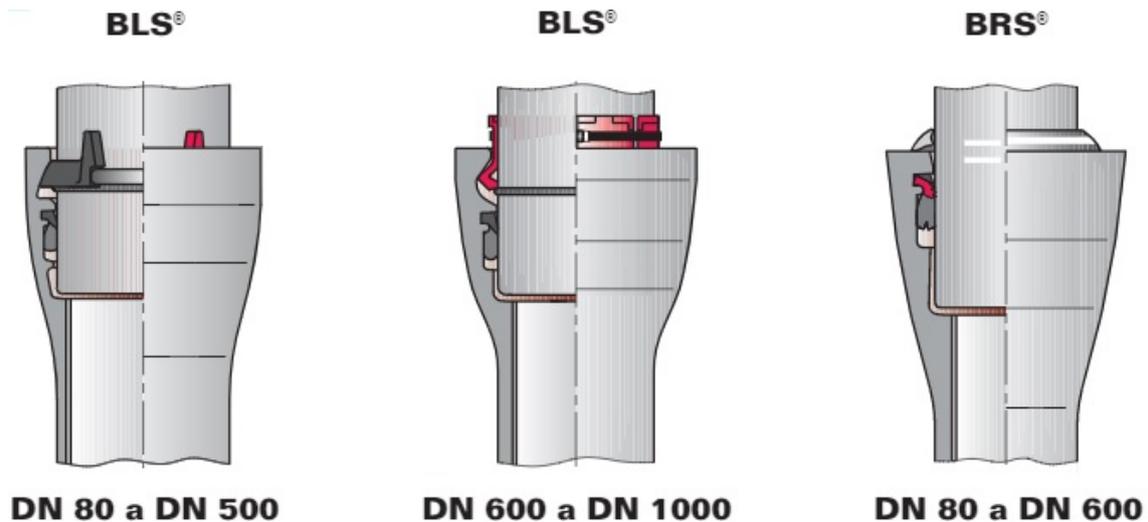


Ilustración 15. Unión acerojada para tuberías de fundición dúctil

- Las juntas realizadas mediante bridas se componen de una brida en el extremo de un tubo atornillada a una contrabrida en el extremo del tubo con el que se quiere conectar. Entre ambas bridas se coloca una junta de goma que junto con el apriete de los tornillos conforma la estanqueidad de la tubería. Las bridas pueden ser PN 10, PN 16, PN25 o PN 40.

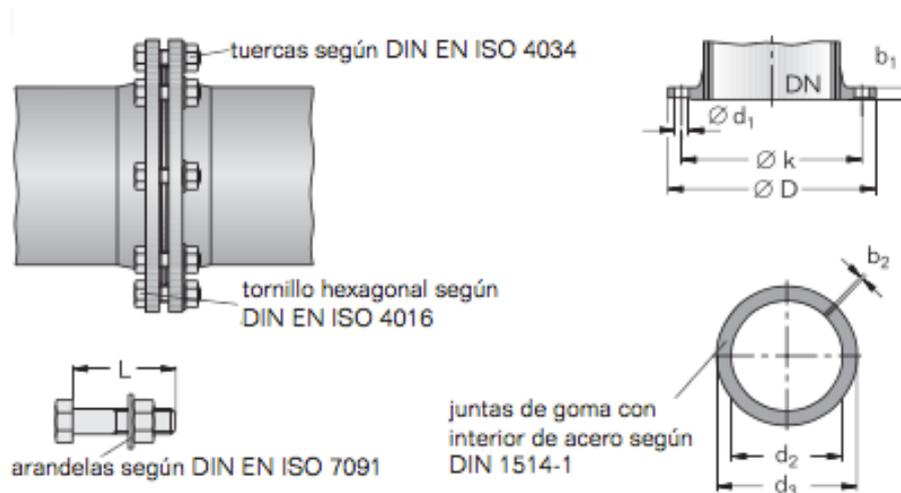


Ilustración 16. Junta realizada mediante brida



Tuberías de fibrocemento

Material

El fibrocemento es, como su nombre indica, un material conformado por fibras de amianto y cemento.



Ilustración 17. Tuberías de fibrocemento

El amianto, o asbestos, es un grupo de silicatos fibrosos con unas características físico-químicas y mecánicas importantes, por lo que se ha utilizado ampliamente en materiales de construcción y en canalizaciones bajo presión.

Para la fabricación del fibrocemento originalmente se utilizaba el amianto como fibra de refuerzo. En España, durante el largo periodo 1920 – 1984, para la elaboración del fibrocemento se incorporaba crocidolita o amianto azul. Esta fibra de asbesto (amianto), que es la de mayor potencial carcinógeno, se utilizaba por su elevada resistencia mecánica, en una proporción de hasta un 25%. Entre los años 1984 y 2002 para la fabricación del fibrocemento se añadía exclusivamente crisotilo o amianto blanco (fibra de asbesto con menor potencial carcinógeno). A partir de 2002 queda prohibido en España el uso y comercialización de todo tipo de amianto en la industria del fibrocemento.

El uso de este material ha puesto de manifiesto los siguientes inconvenientes:

- ✚ Material poco resistente a las fluctuaciones de presión: Un margen amplio de presiones de trabajo y los cambios de presión que ello representa hacen que el material no se adapte a los cambios bruscos de presión que se pueden dar en una curva típica de consumo noche-día, ello conlleva un mayor índice de roturas respecto a otros materiales.



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



- ✚ Problemas en cuanto a su reparación, dado que es un material quebradizo, siendo aconsejable eliminar todo el tubo en lugar de reparar únicamente la zona dañada, por lo que la reparación es más aparatosa y costosa.
- ✚ Problemas de manipulación por ser un material peligroso y nocivo para la salud, cuya manipulación y eliminación está regulada.
- ✚ Problemas de adaptación de los acoplamientos de reparación dada la diferencia de diámetros exteriores y, por tanto, encarecimiento de las reparaciones en cuanto se hace necesaria la utilización de acoplamientos multidímetro.

Características de las tuberías de fibrocemento

Las propiedades del fibrocemento son las siguientes:

- ✚ Gran resistencia estructural
- ✚ Alta durabilidad
- ✚ Resistencia a la formación de incrustaciones
- ✚ Alta resistencia a la corrosión
- ✚ Juntas flexibles y herméticas
- ✚ Bajo coste
- ✚ Ligereza

Uniones

Las uniones de los tubos se hacen de distintas maneras, pero las más comunes son de tres tipos:

- ✚ **Junta Gibault:** Está formada por un manguito central y dos bridas laterales de fundición. Entre las bridas y cada extremo del manguito se alojan unos aros de caucho de sección circular. Al apretar los tornillos se presionan paulatinamente los anillos de caucho realizados cada uno con una junta estanca.



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.

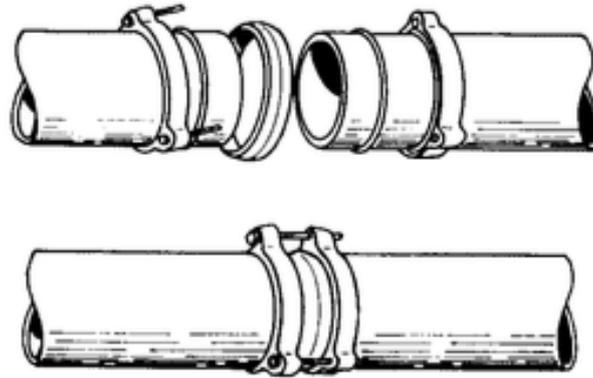


Ilustración 18. Unión Gibault

- ✚ **Junta supersimplex:** Está constituida por un manguito de fibrocemento y dos anillos de estanqueidad de caucho que quedan aprisionados entre el manguito y el exterior de cada tubo.

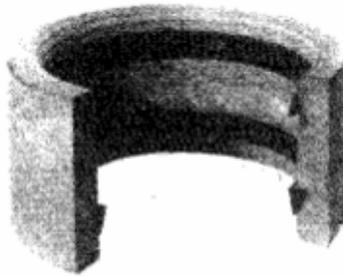


Ilustración 19. Unión supersimplex

- ✚ **Junta RK:** Está constituida por un manguito de fibrocemento, dos gomas de estanqueidad y unos tacos de goma dura para la separación y apoyo de los tubos.

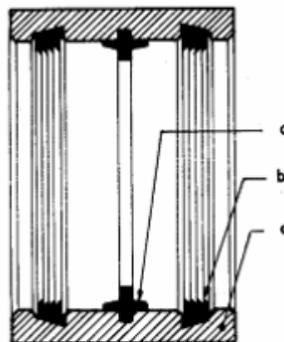


Ilustración 20. Unión RK. a) Tacos de goma separadores, b) Goma de estanqueidad y c) Manguito de fibrocemento



Tuberías de hormigón

Tubería

Podemos diferenciar las tuberías de hormigón en dos tipos:

- + Tubería de hormigón armado sin camisa de chapa
- + Tubería de hormigón armado con camisa de chapa

➤ **Tubo de hormigón armado sin camisa de chapa**

Este tipo de tubería está constituida por hormigón, reforzada normalmente por espiras de acero que quedan embebidas en su interior. No tienen ningún tipo de camisa interna que realice y asegure la estanqueidad del agua. Las tuberías de hormigón sin camisa de chapa son las primeras que se fabricaron con este material constructivo y aún existen en muchas explotaciones tuberías de estas características instaladas para el suministro de agua presión.

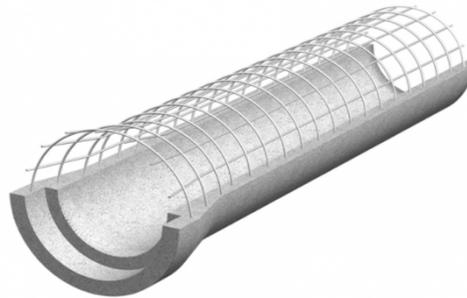


Ilustración 21. Detalle de tubería de hormigón sin camisa de chapa

➤ **Tubo de hormigón armado con camisa de chapa**

La camisa de chapa como la armadura exterior participa en la resistencia de la tubería. Además, la camisa de chapa asegura la estanquidad de la tubería. Tanto el revestimiento interior como el exterior aseguran la protección de las partes metálicas contra la corrosión y las acciones exteriores. También el revestimiento interior impide la formación de rugosidades internas asegurando un gradiente hidráulico débil y constante. Dentro de la gama de tuberías de hormigón con camisa de chapa existen diferentes tipos:

- + **Tubo de hormigón armado con camisa de chapa.** Como se puede observar en la siguiente ilustración este tipo de tubería está formada por una capa exterior de



hormigón. En el interior de la capa de hormigón existe una malla de acero en forma espiral. Después está la camisa de acero y por último existe una capa de hormigón que permite que el agua no esté en contacto con la chapa de acero. La camisa de acero tiene un espesor en el cuerpo menor que en la cabeza del tubo, donde se requiere un mayor espesor de plancha para la unión soldada entre los tubos. La función de la camisa es dar estanqueidad al tubo.

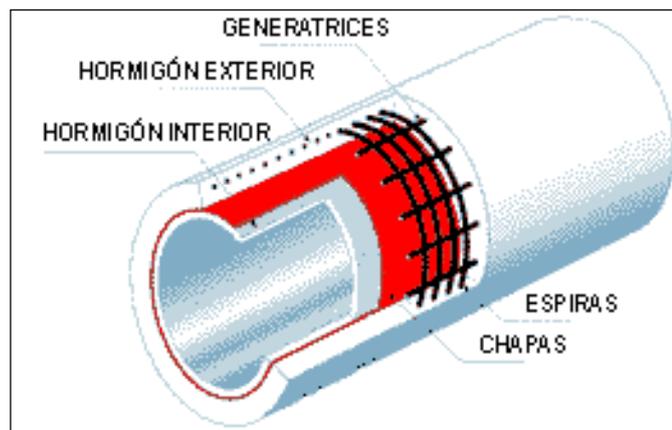
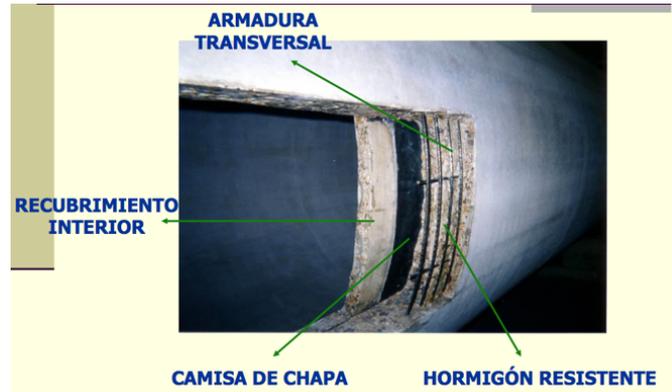


Ilustración 22. Detalle tubería de hormigón con camisa de chapa

Dentro de esta tipología de tuberías de hormigón encontramos las **autoportantes**. Este tipo de tubería es constructivamente similar a la anterior, pero con la peculiaridad de que la camisa de acero interna es de mayor grosor, similar a la de los extremos, dando con ello una mayor resistencia estructural a la tubería. Esta mayor resistencia estructural permite su uso en puntos donde la tubería deba soportar mayores esfuerzos, como por ejemplo cuando se instala colgada por debajo de un puente.

- ✚ **El tubo de hormigón postensado con camisa de chapa.** Está constituido por un núcleo zunchado tangencialmente con alambre de acero de alta resistencia (primario), que se reviste posteriormente con hormigón, mediante regla vibrante. El núcleo es un tubo de chapa de acero, con doble revestimiento de hormigón. La



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



armadura exterior participa en la resistencia de la tubería. La camisa de chapa asegura la estanquidad de la tubería. Tanto el revestimiento interior como el exterior aseguran la protección de las partes metálicas contra la corrosión y las acciones exteriores, respectivamente.



Ilustración 23. Detalle de tubería de hormigón postensado con camisa de chapa

Características de las tuberías de hormigón

- ✚ Alta capacidad hidráulica
- ✚ Capacidad autoportante
- ✚ Estabilidad
- ✚ Resistencia a la abrasión
- ✚ Estabilidad térmica
- ✚ Manejabilidad
- ✚ Ligereza
- ✚ Seguridad
- ✚ Sostenibilidad
- ✚ Coste



Uniones

Las uniones de los tubos de hormigón pueden ser de enchufe y de soldadura.

La unión de enchufe es una unión flexible que consta de un anillo de caucho dispuesto en el terminal macho que se comprime al enchufarlo con el terminal hembra. Además, la junta presenta un anillo de acero en función de apoyo para impermeabilizar la unión. Una vez realizada la junta, se coloca un material impermeabilizante por fuera de este anillo de acero mencionado.

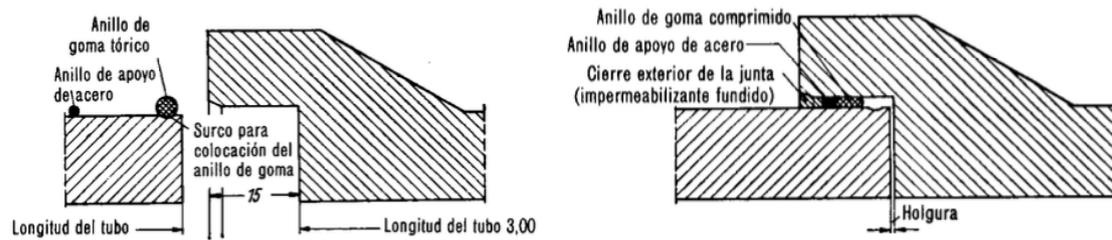


Ilustración 24. Junta de enchufe para tuberías de hormigón

Las uniones soldadas se realizan en las tuberías que tienen camisa de chapa, en este caso se suelda la chapa de la boquilla macho y hembra, luego se protege la soldadura exteriormente con un anillo de hormigón.

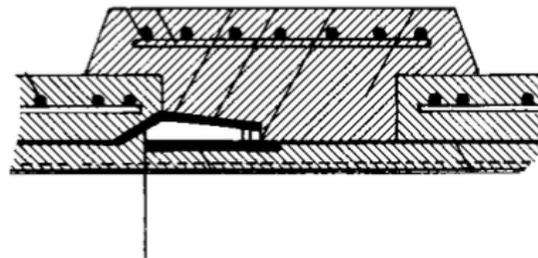


Ilustración 25. Unión soldada para tuberías de hormigón camisa chapa



Tuberías de acero

Material

El acero se puede definir como toda aleación de hierro y carbono, cuyo contenido en carbono se encuentra por debajo del 1,7%. Según la norma UNE, los aceros se pueden clasificar atendiendo a dos premisas: su composición y su utilización.

Según su composición se pueden clasificar en:

- ✚ Aceros no aleados: Se consideran como aceros no aleados aquellos en que ninguno de sus elementos se encuentra en porcentajes iguales ó superiores.
- ✚ Aceros aleados: Se consideran como aceros aleados aquellos que contienen uno o varios elementos en porcentajes iguales o superiores.

Según su utilización los aceros se pueden clasificar en aceros de base, aceros de calidad y aceros especiales.

Tubería

El acero empleado en la fabricación de los tubos y de las piezas especiales serán del tipo no aleado y completamente calmado, según lo indicado en la norma UNE-EN 10020-88. Si el acero empleado en la fabricación de los tubos y las piezas especiales se somete a un tratamiento térmico que garantice las características mecánicas requeridas en las normas. El acero de estos tubos deberá tener una aptitud garantizada al soldeo según lo indicado en la norma UNE 10.025/94.

Las tuberías de acero pueden ser soldadas o sin soldadura. Las tuberías soldadas pueden ser tuberías con soldadura automática por arco sumergido o con soldadura por inducción o resistencia eléctrica. Las tuberías sin soldadura están fabricadas a partir de un producto macizo y posteriormente laminado o estirado en caliente o en frío.



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Ilustración 26. Tubería de acero

Revestimiento

Estas tuberías, una vez fabricadas, se revisten tanto interior como exteriormente. Este revestimiento se efectúa normalmente en fábrica en un ambiente adecuado para una correcta aplicación y un exhaustivo control de calidad. El revestimiento de las tuberías se realiza en dos fases: una primera fase de preparación de superficies y una segunda de aplicación del revestimiento.

Existen distintos tipos de revestimiento que se pueden dividir en:

- + Cintas adhesivas: recubrimientos en frío de cintas de polietileno o bien de policloruro de vinilo (PVC).
- + Sistema de revestimiento tricapa: El sistema de revestimiento exterior anticorrosión tricapa consta de una capa FBE de alto rendimiento sobre la cual se extruye una capa adhesiva co-polimérica, seguida de una capa de polietileno o polipropileno extruido hasta obtener el espesor deseado.
- + Imprimación: será adaptada a la posterior aplicación en caliente de un esmalte a base de alquitrán de hulla, para el revestimiento de conducciones que transporten fluidos a temperatura bajo o normal (hasta 55°C). Por tanto, estará constituida por caucho clorado, plastificantes sintéticos y disolventes, convenientemente mezclados con el fin de obtener un líquido recubridor con propiedades óptimas de aplicación, por proyección o con brocha, en capas delgadas y uniformes, y con mínima tendencia a producir burbujas.
- + Resinas Epoxis: El sistema de revestimiento epoxi de adhesión por fusión (Fusion Bonded Epoxy - FBE) consiste en la aplicación externa de una resina termodirigida. Se



aplica en forma de polvo seco a espesores de 400-600 micrones en la superficie calentada del tubo de acero. Una vez aplicada y curada, la película epoxi exhibe una superficie extremadamente dura con excelente adhesión a la superficie del acero. La superficie protectora FBE es homogénea y ofrece excelente resistencia a la reacción química.

Características de las tuberías de acero

- ✚ Resistencia a la presión
- ✚ Resistencia a los impactos
- ✚ Alta capacidad de carga
- ✚ Estabilidad
- ✚ Durabilidad
- ✚ Elasticidad
- ✚ Ductilidad
- ✚ Maleabilidad

Uniones

Las juntas en las tuberías de acero pueden ser realizadas por soldadura o por uso de bridas.

Las posibilidades de soldadura son las siguientes:

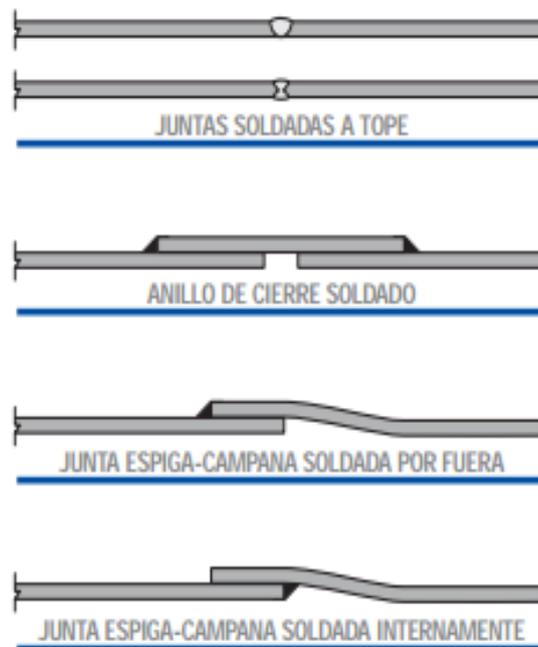


Ilustración 27. Juntas por soldadura en tuberías de acero

La otra posibilidad de unión es mediante empaque o bridado:



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.

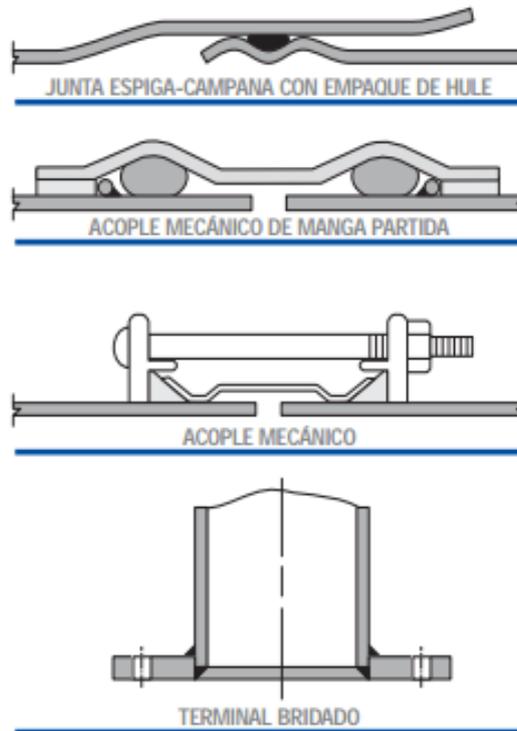


Ilustración 28. Juntas por empaque o brida en tuberías de acero



Tuberías de polietileno

Material

El Polietileno (PE) forma parte de la familia de plásticos conocida genéricamente como “Poliiolefinas”, a la que también pertenece el “Polipropileno” entre otros. El polietileno es un plástico obtenido de la polimerización del gas etileno $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$, producto que se obtiene a su vez del craqueo de la nafta del petróleo.



Ilustración 29. Tuberías de polietileno

Dependiendo del sistema y método de polimerización las cadenas de Polietileno pueden ser más o menos lineales o ramificadas, obteniéndose diferentes tipos de polietileno con características distintas.

➤ **Proceso de alta presión**

En el año 1.930 se realizó por primera vez la polimerización directa del etileno utilizando altas presiones (250-300 atm.) a una temperatura de 300°C y pequeñas cantidades de oxígeno como catalizador dando como resultado el polietileno de Baja Densidad. Las cadenas moleculares que se obtienen son muy ramificadas, con muy poco empaquetamiento, dando lugar a una baja densidad del material (entre 0,910 y 0,930 gr/cm^3). Es el polietileno que se conoce comúnmente como “blando”.

➤ **Proceso de baja presión**

En el año 1.953 se obtuvo un polietileno a la presión atmosférica y a temperaturas muy inferiores y con aportación de catalizadores metálicos de titanio y magnesio. La polimerización



llevada a cabo a bajas presiones (30-40 atm.) dio como resultado el polietileno de Alta densidad. Las cadenas son en este caso muy poco ramificadas lo que provoca un mayor empaquetamiento y por tanto productos con densidades mayores, lo que popularmente se entiende como polietileno “duro”. La densidad oscila en este caso entre 0,940 y 0,960 gr/cm³.

Esta estructura crea un mayor número de uniones intermoleculares proporcionando un aumento de la densidad, rigidez, dureza, resistencia a la tracción y módulo de elasticidad y una disminución de la resistencia al impacto y a las fisuraciones.

Un tercer grupo intermedio entre los dos anteriores es el denominado de media densidad, que engloba densidades entre 0,930 y 0,940 gr/cm³, si bien en la mayoría de los casos corresponden al proceso de baja presión.

Características de las tuberías de polietileno

- ✚ Alta resistencia para soportar la presión interna
- ✚ Alta resistencia para soportar cargas externas
- ✚ Resistencia al agrietamiento por esfuerzos ambientales
- ✚ Flexibilidad
- ✚ Ligereza
- ✚ Resistencia al impacto
- ✚ Resistencia a la presión de agua
- ✚ Resistencia a la fatiga
- ✚ Flexibilidad a temperaturas bajo congelación
- ✚ Durabilidad
- ✚ Resistencia a la corrosión
- ✚ Bajo coste de instalación
- ✚ Bajo coste de mantenimiento
- ✚ Bajo coste de operación
- ✚ Baja resistencia a los fluidos
- ✚ Resistencia frente ataques biológicos
- ✚ Resistencia frente ataques químicos

Uniones

Los tipos de unión más habituales en polietileno son las siguientes:



- Unión soldada térmicamente a tope

Consiste en calentar los extremos de los tubos con una placa calefactora a una temperatura de 210°C y, a continuación, comunicar una determinada presión previamente tabulada.

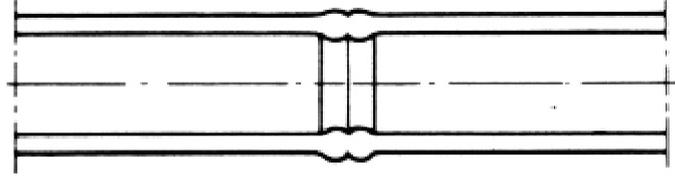


Ilustración 30. Detalle de unión soldada a tope para tuberías de polietileno

- Unión por electrofusión

Requiere rodear a los tubos a unir por unos accesorios que tienen en su interior unas espiras metálicas por las que se hace pasar corriente eléctrica de baja tensión (24-40 V), de manera que se origine un calentamiento (efecto Joule) que suelda el tubo con el accesorio.

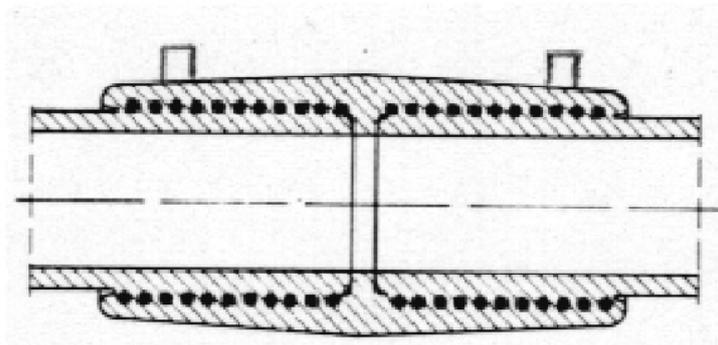


Ilustración 31. Detalle de unión por electrofusión para tuberías de polietileno

- Unión mediante accesorios mecánicos

Se obtiene la estanqueidad al comprimir una junta sobre el tubo, a la vez que el elemento de agarre se clava ligeramente sobre el mismo para evitar el arrancamiento.

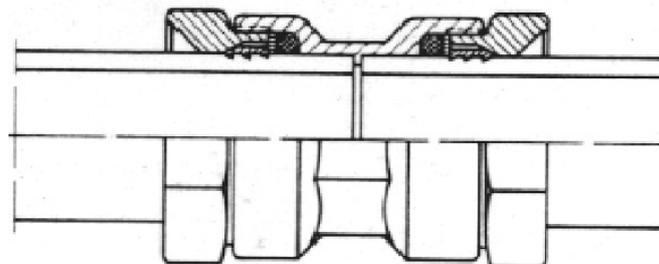


Ilustración 32. Detalle de unión con medios mecánicos para tuberías de polietileno



Metodología de reparación según tipo de tubería

Cuando una red de tuberías no consigue llevar la totalidad de agua a su destino es porque existe pérdida de ésta en algún o varios puntos de la red. Las fugas en la red que se producen día a día pueden tener una naturaleza muy dispar. Estas fugas pueden ser por un fallo durante el montaje, es decir, que la ejecución del montaje no ha sido la óptima y se puede perder agua por alguna junta mal ejecutada o algún elemento mal montado o apretado. En lo que conviene a las tuberías, el fallo se produce cuando ésta deja de cumplir su cometido, es decir, cuando rompe. Las roturas en la tubería pueden ser de distintos tipos:

- ✚ Rotura neta, en redondo o tronchado: seccionamiento de la tubería por un plano más o menos perpendicular. Normalmente se produce en la sección central de la tubería y se debe por la acción de sobrecargas por encima de la tubería, generalmente es el terreno sobre la tubería.



Ilustración 33. Tronchado en tubería de fundición

- ✚ Fisura o raja: abertura longitudinal en la superficie de la tubería.



Ilustración 34. Fisura en tubería de fibrocemento



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



- ✚ **Reventón:** estallido de la tubería, generalmente, producido por acciones que modifiquen el estado tensional de la tubería como, por ejemplo, un aumento en la presión interior de la tubería. También puede ser consecuencia de algún golpe o fuerza exterior. La consecuencia de este reventón es el del desprendimiento de un trozo de la tubería (ventana).



Ilustración 35. Reventón de una tubería de fibrocemento

- ✚ **Picadura:** pequeño agujero producido, normalmente, por la acción de la corrosión sobre la tubería. Estos pequeños agujeros también pueden estar causados por la acción de la máquina sobre la tubería.



Ilustración 36. Picadura en tubería de fundición

Antes de comenzar con los procesos de reparación de estas averías, conviene tener en cuenta una serie de elementos que juegan un papel más que importante en el proceso de reparación. Estos elementos se tratan de las diferentes piezas de reparación que existen en el mercado. Al existir diferentes tipos de tuberías con características y comportamientos tan diferentes entre sí, también existe una amplia variedad de elementos para las reparaciones de éstas. Esta amplia gama de piezas de reparación se puede englobar en dos grupos, dependiendo si las piezas se pueden desmontar o no. Estos dos grupos son:



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



- ✚ **Abrazaderas:** se tratan de piezas que se pueden abrir o desmontar para acoplarse a la tubería, donde la estanqueidad se consigue con un juego de gomas que se colocan en función de en qué rango se encuentre el diámetro de la pieza. De esta manera, la tubería puede repararse sin tener que cortarse. Según la tipología, estas piezas pueden tener mayor o menor tolerancia y pueden resistir esfuerzos axiales.



Ilustración 37. Abrazaderas con sus respectivos juegos de gomas

- ✚ **Uniones, manguitos o acoplamientos:** se tratan de piezas de reparación que no permiten la posibilidad de desmontarse o abrirse para acoplarse a la tubería. En función de la tipología de la avería, estas piezas pueden presentar ciertas características:
 - Resistencia a esfuerzos axiales: depende de si el material de la tubería se ve afectado por los cambios de temperatura.
 - Rangos simétricos o reducidos: se trata de los extremos de la pieza, tendrá mayor o menor tolerancia y podrá ser de rangos simétricos o reducidos en función de si se está reparando en tuberías con el mismo diámetro o no y si se está trabajando con el mismo material a ambos lados de la pieza.



Ilustración 38. Manguito de reparación de diámetro único (izquierda) y multidímetro (derecha)



Antes de comenzar con las metodologías específicas para cada tipo de tubería, hay que destacar una serie de aspectos generales que se deben de seguir antes de implementar un sistema u otro para la reparación. Estos criterios generales sirven y deben hacerse servir para todos y cada una de las metodologías que se definirán más adelante.

Procedimiento general de reparación

Una vez se localiza una anomalía en la red, comienza un proceso común para todos los tipos de tuberías existentes en la red. Normalmente estas anomalías son debidas a fugas ya sea en la tubería, en alguna unión o en algún elemento de la red, como en tomas para algún ramal o alguna ventosa. Este procedimiento general que se comenta a continuación, se compone de dos partes diferenciadas. Una primera parte que se realiza previamente a la apertura de la cala necesaria para inspeccionar la tubería, es decir, sin obra civil, y una segunda parte correspondiente a la inspección de la tubería, es decir, con obra civil. A continuación, se expone el procedimiento a seguir en cada una de estas partes.

Actuaciones previas

Cuando se localiza una presencia de agua en algún punto donde ésta no debería estar presente, automáticamente se piensa que puede ser consecuencia de una fuga. Existen medios para asegurarse de la existencia de una fuga y localizar el punto donde ésta se encuentra con una gran precisión. El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Si se puede conseguir una muestra del agua que se cree originada de la fuga, a ésta se le realiza la denominada “prueba del cloro”. Mediante esta prueba se consigue comprobar si el agua de la muestra recogida es agua potable o no ya que, a la muestra, que se recoge en un recipiente pequeño, se le añade una pastilla de producto químico que en presencia de cloro reacciona y adquiere un color rosado.
2. Si la prueba resulta positiva o si persiste la anomalía en la red, el siguiente paso a seguir es realizar una correlación de la tubería mediante ultrasonidos que determine si puede haber indicios de fuga y, en el caso de que sea una posibilidad real, localizar de manera aproximada en qué punto se ha producido.



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Ilustración 39. Correlación tubería



Ilustración 40. Resultado correlación

3. Puede existir la situación de que en el punto marcado por la correlación coexistan diferentes tipos de tuberías con diámetros diferentes. Para precisar en cuál de estas tuberías se puede haber producido la fuga se realiza una cerrada del tramo donde se ha marcado ésta. De esta manera se puede comprobar si continua o no habiendo presencia o flujo de agua en el punto de la incidencia.
4. Si esta presencia o flujo de agua desaparece, significa que el agua existente tiene una muy alta probabilidad de ser agua potable proveniente de la tubería. En ese caso, debido a las altas probabilidades, se procede a la señalización de la zona y al aviso de todos los vecinos afectados y se comenzará la reparación de la tubería.



Inspección de la tubería

Para realizar la inspección de la tubería es necesario realizar una excavación. De esta manera los operarios pueden alcanzar la cota de la tubería y realizar las pertinentes actuaciones sobre ésta. El procedimiento general para la apertura de una cala es la siguiente:

1. Como la tubería se encuentra enterrada y en una ciudad prácticamente todos los servicios van enterrados también, se hace servir un georradar para que localice los servicios que se encuentran en los alrededores de donde está marcada la posible fuga.

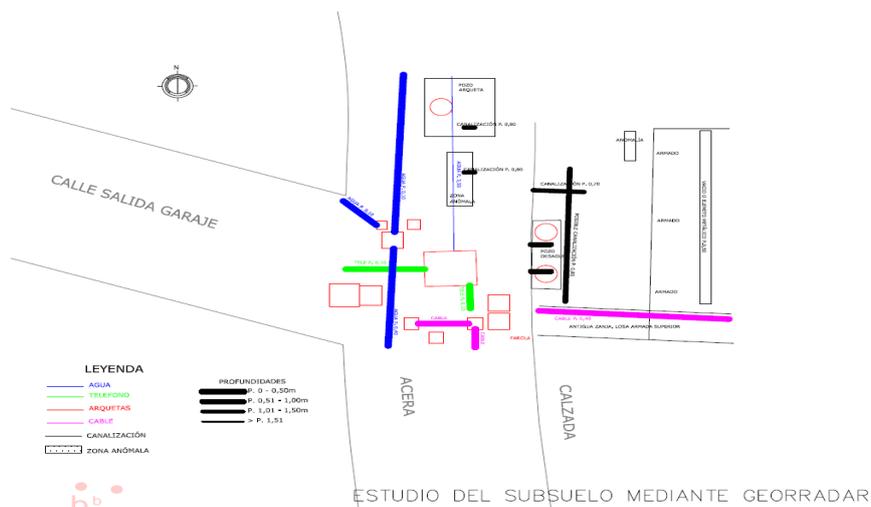


Ilustración 41. Ejemplo de resultado de georradar

2. Si se va a proceder a la inspección y posterior posible reparación de una tubería, el primer paso a seguir es la de realizar el vaciado de la tubería. De esta manera se intenta trabajar con la menor presencia de agua posible. Generalmente, si hay algún desagüe dentro de la cerrada de la tubería, se desagua la tubería por ese punto ya que es uno de los puntos con mayor profundidad del trazado de la tubería. Además, normalmente, está conectado a algún colector de aguas residuales o pluviales y no es necesario una bomba de gran potencia para desaguar tramos de tubería considerablemente extensos como los de las cerradas en tuberías de grandes diámetros.
3. Dentro de una ciudad la tubería puede discurrir por todo tipo de calles. En función del tipo de calles, habrá un pavimento u otro y en función del pavimento que se tenga se actuará de una manera u otra.
 - a. Asfalto: se retira la capa de asfalto y se transporta a vertedero para que pueda ser reciclado.



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



- b. Hormigón: no es muy común que la capa superior sea hormigón, pero en la mayoría de casos el hormigón se encuentra en la base o subbase de cualquier pavimento que necesita resistir cargas. Este hormigón simplemente se retira a vertedero donde se acopia y, a veces, se recicla.
- c. Terreno vegetal: normalmente se tiene este tipo de terreno en zonas ajardinadas. Se retira en contenedores especiales para terreno vegetal y se transporta a vertedero.
- d. Relleno: simplemente se retira a vertedero y se acopia allí.
- e. Pavimento especial: se trata de pavimentos que no son ninguno de los anteriores ni baldosa hidráulica, que es lo que se encuentra en la mayoría de las aceras. En el caso de Valencia, existen zonas en las que las baldosas utilizadas no son baldosas hidráulicas y son un tipo de baldosas más difíciles de encontrar en el mercado, incluso a veces prácticamente imposible, o que el material en el que están fabricados es muy caro, como es el caso de las baldosas utilizadas en la zona de la Ciudad de las Artes y las Ciencias. Por tanto, el procedimiento a seguir es el de retirar dicha baldosa con el mayor cuidado posible y acopiarlas, si puede ser en obra, para volver a colocarlas durante la recomposición de la obra.



Ilustración 42. Baldosas especiales acopiadas en obra

- 4. Una vez se ha retirado el pavimento, en la mayoría de casos lo que se encuentra es material de relleno (arenas, arcillas, zahorras, etc.). Este terreno se transporta a vertedero, como se ha comentado en el punto anterior. Lo que es importante es que esta excavación se realice en condiciones de seco. Esto se debe a que el agua genera inestabilidades en el terreno, transporta material de un punto a otro y cuando hay movimiento genera turbiedad. Esta turbiedad impide ver con claridad lo que se encuentra en el fondo de la excavación y qué es lo que se está excavando, esto puede causar que la retroexcavadora pueda impactar con la tubería y causar una nueva avería o cortar algún servicio que se encuentre dentro de la zona de trabajo. Además, rebajar el nivel freático del terreno en la zona de trabajo es importante porque disminuye las



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



inestabilidades en los taludes de la excavación. Si la fuga ha persistido durante un largo periodo de tiempo, no solamente habrá agua en el terreno próximo a la fuga si no que ésta se habrá ido almacenando en un área mucho mayor e irá apareciendo en la fuga en función de la permeabilidad del terreno. Este segundo caso es el que se equivale al nivel freático, sólo que el nivel freático no es agua proveniente de una fuga si no que es el nivel natural del agua. La presencia de nivel freático se encuentra sobre todo en zonas costeras y en áreas muy próximas a puntos donde los recursos hidráulicos son abundantes.



Ilustración 43. Bombeo del agua de la excavación

5. Conforme se va avanzando en la excavación, es necesario ir colocando protecciones para que los operarios puedan trabajar en unas condiciones lo más seguras posibles. Estas protecciones son las entibaciones, éstas pueden ser metálicas, tablones de madera arriostrados o tablestacas. Si se va a excavar a una profundidad considerable, es necesario colocar estas protecciones puesto que lo que hacen es proteger a los operarios en casos de derrumbe de los taludes o caída de material proveniente de éstos. En la imagen anterior se puede observar una entibación metálica.



Ilustración 44. Tablestacado



6. Una vez la excavación está asegurada y los operarios pueden llegar al punto donde se va a realizar la inspección, éstos, con los equipos de protección individual pertinentes, realizan la inspección de la tubería con el fin de comprobar tanto el material como el diámetro exterior de la tubería. De esta manera conociendo el diámetro exterior del tubo se pueden preparar diversas piezas para, que en función del tipo de avería que se tenga, realizar una reparación efectiva y lo más rápido posible. Además, es muy importante verificar el material de la tubería puesto que la reparación óptima es aquella que se realiza utilizando piezas o tubos, depende de la tipología de reparación, del mismo material que el de la tubería averiada. Si no hay disponibilidad de piezas o tubos para realizar la reparación, se dispondrá algún material que sea compatible con el existente. También es importante verificar el material ya que existen piezas especiales de reparación específicos para cada material.

7. El último paso es localizar exactamente la fuga ya que esta puede localizarse en el tubo, en alguna toma o en alguna unión. Si la fuga es en alguna derivación o unión, estará muy localizada, si la fuga está en el tubo, éste puede haber roto según los cuatro tipos mencionados anteriormente:
 - a. Rotura por tronchado
 - b. Rotura por fisura
 - c. Rotura por reventón
 - d. Rotura por picadura

Hasta aquí sería el procedimiento general que se debería implementar en cualquier reparación con cualquier tubería y de cualquier diámetro. Según esta última característica hay pasos que son más importantes que otros, por ejemplo, las tuberías de mayor calibre, por lo general, están localizadas a una profundidad mayor a las tuberías de pequeño diámetro que son las que van más superficialmente y, por tanto, requerirá una excavación bastante considerable y una mayor protección para los operarios y maquinaria de gran tamaño.

A continuación, se detallan los procedimientos específicos para cada uno de los tipos de tubería que se tienen en la red de agua potable de Valencia.



Tubería de fundición

Los sistemas de reparación que se van a tratar en este apartado son equivalentes para tubería de fundición dúctil y tubería de fundición gris. A pesar de ser dos materiales con características algo diferentes, ambos tipos de tubería funcionan de la misma manera.

Las tuberías de fundición gris son tuberías que, debido a su estructura formada por capas de material superpuestas, son resistentes pero débiles frente a golpes y esfuerzos a los que no están preparadas para soportar.

Las tuberías de fundición dúctil, la evolución de la fundición gris, son tuberías que debido a la estructura del material con el que están fabricadas se consigue un material dúctil y resistente con una gran variedad de propiedades resistentes que se comentaron en el apartado 5.

A pesar de todas estas características, estas tuberías también tienen fallos, ya sea por la rotura de la tubería o por la mala ejecución de tomas y uniones, que producen fugas. Los sistemas de reparación para las tuberías de fundición se pueden dividir en:

- Sistemas de reparación con corte de tubería
- Sistemas de reparación sin corte de tubería
 - Con corte de flujo de agua
 - Sin corte de flujo de agua

En el caso de los sistemas de reparación sin corte de tubería existe la posibilidad de realizar la reparación con la tubería en carga, esta reparación debe ser rápida para evitar una gran pérdida de agua.

Las tuberías de fundición dúctil se repararán, generalmente, con tubería de fundición dúctil.

Sistemas de reparación sin corte de tubería

Estos sistemas de reparación se utilizan cuando la avería generada en la tubería es pequeña y se pueden reparar directamente con el sistema apropiado para la dimensión de la avería y la presión nominal de la tubería instaladas o soldándole un parche de acero a la tubería.



Manguito de reparación

Estas abrazaderas están compuestas por una junta interior, generalmente de goma, que garantiza una estanqueidad total al realizar el apriete de los tornillos. El exterior, la carcasa, suele estar fabricado en acero inoxidable o fundición a la que se le aplica una serie de compuestos químicos como imprimaciones y pinturas que protegen a la pieza de la corrosión.



Ilustración 45. Abrazadera de dos sectores de acero inoxidable

Banda collarín

También hay otro tipo de abrazaderas que consisten en tomas con una brida en el extremo que hace de tapón y que se colocan en la tubería mediante uno o dos tirantes que abrazan la tubería mediante el apriete de los tornillos. Este tipo de reparaciones se puede realizar tanto con la tubería cerrada como con la tubería en carga dependiendo de la cantidad de agua que fugue.



Ilustración 46. Banda collarín en una fuga de una tubería de fundición

Parche de acero



Otra de las soluciones que se proponen en las reparaciones de tuberías de fundición donde la avería se puede considerar “pequeña” y, además, se encuentra en un punto del tubo donde la reparación es complicada, como puede ser el extremo de un tubo donde se encuentra una brida, algún punto próximo a una derivación o toma o en alguna pieza especial como es el caso de la Ilustración 57 que es un cono de reducción, es la de soldar un parche de acero sobre la tubería de fundición.



Ilustración 47. Parche soldado para reparación de fuga tipo picadura

Apriete de conguitos

Una de las reparaciones más comunes en los últimos años. Una de las disposiciones constructivas que se han realizado en los últimos años en las tuberías de fundición ha sido el enchufe de los tubos donde la estanqueidad se conseguía con una junta toroidal de goma y el apriete de los tornillos.



Ilustración 48. Tornillos conguitos en una junta de fundición dúctil



Por diversas razones, los tornillos de estas uniones se desaprietan y producen un desapriete de la goma y, consecuentemente, la pérdida de la estanqueidad y la generación de una fuga.

El procedimiento de reparación en estos casos es sencillo, siguiendo el procedimiento general de reparación, una vez se inspecciona la tubería y se comprueba que la pérdida de agua se produce debido al desapriete, los tornillos se aprietan con el par de fuerza necesario.

Sistemas de reparación con corte de tubería

El modo de proceder en la reparación de la avería variará en función de la magnitud de la avería. Si ésta es de una relevancia importante, la reparación consistirá en la sustitución del tramo afectado.

En el caso de que sea necesario sustituir un tramo de tubo o todo él, es conveniente que la reparación se realice con un trozo de tubo o tubo nuevo que debe de ser de fundición dúctil. Si no se dispone de tubo de fundición, la reparación se tendrá que realizar con tubo de un material compatible, siempre y cuando sea un material rígido, como por ejemplo el acero, y del mismo diámetro y presión nominal.

Dependiendo de la tipología de montaje y de si se repara con un trozo de tubo o el tubo entero, si se cambia el tubo entero y va enchufado no será necesario el uso de ningún elemento de unión como puede ser un manguito, pero si hay corte de tubería, habrá que introducir elementos que permitan unir la tubería con la pieza nueva. El corte de tubería en fundición es común cuando se localiza avería en una zona muy próxima a alguno de los extremos del tubo. Sin embargo, cuando se localiza una avería de pequeña magnitud en la mitad del tubo, como puede ser una picadura, ésta se puede reparar sin tener que cortar la tubería.

El procedimiento de reparación con corte de tubo para tuberías de fundición dúctil continúa a partir del procedimiento general anteriormente comentado y es el siguiente:

1. Una vez se ha localizado la avería en el tubo, es importante sanear la zona dañada con al menos un margen de 2 mm a cada lado. Además, los extremos de los tubos deben estar limpios y libres de rebabas o aristas.



2. Se corta el tubo perpendicularmente en ambos extremos de la avería. Este corte debe ser lo más perfecto posible para evitar problemas a la hora de colocar el nuevo tubo. Una vez se han realizado los cortes, se mide la longitud de corte en diversos puntos para poder cortar el trozo de tubo que se va a utilizar para la reparación. Normalmente los tubos tienen una longitud de 6 metros y, por lo general, cuando se realiza una reparación con corte de tubería la dimensión del corte es menor. En este corte de tubo nuevo, hay que tener en cuenta la distancia de separación de los tubos por cada uno de los lados, esta separación varía en función del diámetro de la tubería, pero por lo general deja una separación entre 2-3 cm que permite una buena maniobrabilidad del tubo nuevo.



Ilustración 49. Esquema corte del trozo de tubería afectado



Ilustración 50. Corte de tubería

Cuando se realiza una excavación, los extremos de los tubos anterior y posterior a la reparación, normalmente, quedan descubiertos y estos pueden sufrir una desviación, llamada “cabeceo”, debido a que todo el material que los aguantaba se ha retirado y por efecto del peso se han desviado. A la hora de introducir el tubo nuevo o trozo de tubo nuevo, la diferencia angular entre la posición teórica y la real es la que puede dificultar la reparación. Para evitar complicaciones a la hora de reparar, esta situación se puede evitar mediante diferentes métodos. En función del espacio que se tenga o las condiciones en las que se tenga que reparar, hay dos principales métodos: el primero es el de realizar una serie de apoyos in situ (Ilustración. 47) y el segundo es el de sobre unas vigas de acero colocar un tractel que con un cable de acero alrededor de la tubería mantenga a la tubería en su posición ideal (Ilustración. 48).



Ilustración 51. Apoyos para evitar el cabeceo de los tubos



Ilustración 52. Uso de tractel para evitar el cabeceo de los tubos

3. Se extrae el trozo de tubo cortado afectado por la avería y se introducen los manguitos de unión en los tubos adyacentes que permiten conectar el trozo de tubo nuevo con el resto de la tubería. Estos elementos de unión se pueden tanto insertar en los tubos adyacentes y bajar el tubo (Ilustración 64) o se pueden bajar junto con el nuevo trozo de tubo para posteriormente conectarlos. Como ya se ha comentado previamente, estos elementos pueden ser de dos tipos: de sección constante y multidiámetro. Los manguitos de unión de sección constante son los que se utilizan para conectar tubos de diámetros exteriores iguales, normalmente del mismo material. Cuando el nuevo trozo de tubo que se introduce en la red es de un material diferente, por lo general, su



diámetro exterior es sensiblemente diferente, por tanto, es necesario utilizar los elementos multidímetro.

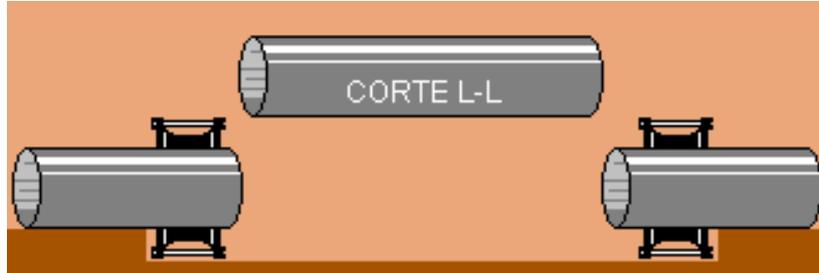


Ilustración 53. Esquema de la inserción del tubo nuevo

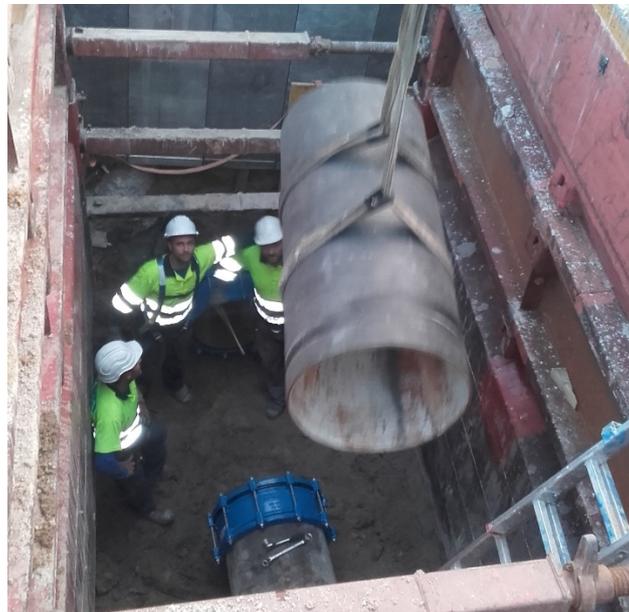


Ilustración 54. Manguitos de unión colocados en los tuyos adyacentes para realizar la conexión con el tubo nuevo

4. Se coloca el trozo de tubo nuevo lo más centrado posible, manteniendo la separación entre tubos (a) anteriormente comentada. Otra de las razones por la que se deja esta separación de tubos es para que haya una pequeña holgura a la hora de colocar el elemento de unión ya que si éste se forzara se podría dañar el elastómero que proporciona la estanqueidad de la junta. Es importante asegurar la posición relativa de los tubos puesto que una gran diferencia angular entre los ejes de éstos dificultaría el acople de los manguitos de unión.



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Ilustración 55. Esquema de colocación del tubo

5. Una vez se han colocado todas las piezas en su sitio, es necesario realizar el apriete de los tornillos de las piezas de unión/reparación. Este paso es uno de los más importantes ya que este apriete junto con los elastómeros de las piezas son los responsables de la estanqueidad de la tubería. El apriete de las tuercas se debe realizar de manera progresiva y ordenada. Si es un operario el encargado de realizar el apriete, éste deberá apretar una tuerca y la siguiente será la diametralmente opuesta ya que de esta manera irá realizando una compensación de fuerzas y la junta de goma no sufrirá deformación. Si los encargados son dos operarios, el proceso será el mismo, pero en esta ocasión se irán apretando las tuercas diametralmente opuestas prácticamente al mismo tiempo.



Ilustración 56. Apriete de tornillos

6. Finalmente, con todos los elementos de la reparación bien apretados y en su sitio, se comprueba que se haya realizado el trabajo correctamente poniendo en presión la tubería y comprobar que no hay escape de agua en ningún punto. Es recomendable hacerle topes y/o apoyos a la tubería y/o ponerle peso, normalmente de terreno si está disponible en la obra, además de realizar el llenado del tramo que se había cerrado con mucha precaución puesto que la tubería al entrar en presión, si ésta carga muy rápido,



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



puede realizar un empuje en cualquier dirección que pueda afectar negativamente tanto a la reparación como a cualquier tramo de tubería en la cerrada. De esta manera, tanto con los topes/apoyos como con el terreno se puede hacer frente a ese empuje y deja de lado de la seguridad a la hora de poner en carga la tubería.



Ilustración 57. Esquema final de la reparación



Ilustración 58. Apoyos para la puesta en carga de una tubería tras la reparación



Tubería de fibrocemento

El fibrocemento es un material compuesto por fibras de amianto mezcladas con cemento. Ha sido un material muy utilizado sobre todo en construcción debido a sus propiedades resistentes, bajo coste y ligereza y es por ello por lo que también se extrapoló a otros sectores como es el del abastecimiento de agua potable. Sin embargo, desde 2002, es un material catalogado como nocivo debido a que el polvo que emana durante su manipulación es uno de los principales causantes de cáncer de pulmón en la sociedad moderna.

Los sistemas de reparación, más que diferentes a otros tipos de material como puede ser la fundición o el hormigón, son especiales en el sentido de que están muy marcadas las directrices de reparación siendo una prioridad el evitar la formación de polvo de amianto y, sobre todo, la seguridad y protección del usuario frente a esa amenaza teniendo que seguir un procedimiento de seguridad especial que se tratará en los sistemas de reparación con corte de tubería. Es por ello que, a pesar de que existan procedimientos de reparación tanto con corte de tubería como sin corte de tubería, la recomendación principal es que en caso de que haya una avería en algún tubo de este material se descubran las uniones más próximas por cada lado y se sustituya el tubo entero. De esta manera se evita cortar la tubería y se elimina el riesgo de que, en el tramo dañado, posiblemente en malas condiciones debido a la forma de trabajar de este material, se produzca otra avería.

La forma de trabajar del fibrocemento es diferente a la de otros materiales ya que cuando se produce una avería no se localiza en un punto específico del tubo si no que ésta se transmite a lo largo del tubo. Es decir, si se produce una fisura en un tubo de fibrocemento, por ejemplo, no se localizarán en un punto concreto si no que ésta se habrá transmitido a la totalidad del tubo. Pasa lo mismo con las averías del tipo tronchado y reventón, que una avería hace colapsar al tubo entero y debido a que el tubo está unido mediante una unión rígida a otros dos en los extremos, es muy fácil que el fallo haya dañado alguno de esos tubos adyacentes.

Al igual que en las tuberías de fundición, los sistemas de reparación de tuberías de fibrocemento se pueden dividir en sistemas de reparación sin corte de tubería y sistemas de reparación con corte de tubería.

Sistemas de reparación sin corte de tubería

Este tipo de reparaciones se realizan cuando la avería es muy localizada y en las tuberías de fibrocemento esta situación normalmente aparece cuando la avería está localizada en una unión o en una toma o derivación.



Las reparaciones de este tipo, como no son de una magnitud suficiente para tener que hacer una excavación suficiente para cambiar un tubo entero y lo que se busca es la rapidez para poder dar servicio, se realizan con manguitos de reparación o bandas collarín, es decir, elementos de reparación temporales que solucionen el problema generado por la aparición de la fuga.



Ilustración 59. Manguito de reparación en tubería de fibrocemento

Sistemas de reparación con corte de tubería

Estos sistemas se utilizan cuando la avería ha afectado directamente a alguna de las propiedades resistentes y gran parte del tubo es necesario que se repare. Para ello, y como se ha comentado previamente, es primordial que se evite cortar la menor superficie de fibrocemento posible para evitar la generación del polvo de este material que contiene amianto. De esta manera, si es posible, se buscarán las uniones más próximas a la avería, lo que correspondería a unos 4-6 metros de longitud que es la característica de los tubos de este material, se eliminarían las uniones y se sacaría el tubo entero.

Una vez se extrae el tubo averiado, la reparación se realizará con un tubo o trozo de tubo de otro material, preferiblemente de un material rígido como puede ser la fundición dúctil, con mismo diámetro nominal y presión nominal que el original. En las reparaciones de la tubería de fibrocemento, es uno de los casos en los que los diámetros exteriores de los tubos de distinto material no coinciden y, por tanto, las uniones entre ambos materiales se realizan con accesorios multidímetro con junta flexible.



Ilustración 60. Reparación de tubería de fibrocemento con tubería de fundición dúctil

No es recomendable sustituir tubos o trozos de tubo de fibrocemento por tuberías de materiales que son susceptibles a cambios de temperatura en las que la contracción y la dilatación son importantes, como por ejemplo el polietileno. En el caso de que, por diversos factores, la reparación se tuviera que realizar con algún material susceptible a los cambios de temperatura, sería obligatorio el uso de accesorios de unión resistentes a la tracción. A pesar de que estos accesorios pueden llegar a asegurar una buena unión entre la tubería de fibrocemento y la reparación, no se podría garantizar la integridad del acoplamiento flexible más cercano a la unión.

El procedimiento de reparación con corte de tubería para tuberías de fibrocemento es muy similar a la reparación de tuberías de fundición dúctil anteriormente expuesto, es por ello que, a continuación, se expondrá de manera breve. Debido a que por ley el uso de cualquier material con fibrocemento está prohibido desde 2002, este procedimiento de reparación llevará a la par otro procedimiento que en este caso afecta únicamente a los operarios que tengan que lidiar con el amianto, más concretamente a la normativa de seguridad y salud y que se tratará a continuación del proceso de reparación.

Procedimiento de reparación con corte de tubería

1. Corte de la tubería, con las correspondientes medidas de seguridad y salud. Se dispondrán los extremos de los tubos a unir lo más perpendicularmente posibles con el eje de la tubería y se limpiarán para realizar una conexión lo más correcta posible.



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.

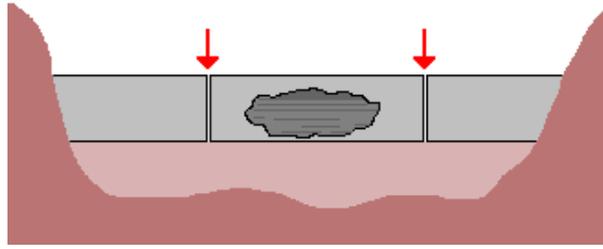


Ilustración 61. Esquema de corte de tubería de fibrocemento

2. Medir el diámetro exterior de los tubos adyacentes a la reparación para poder elegir el accesorio de reparación más conveniente. Éstos podrán ser tanto de diámetro único como multidiámetro, siendo más comunes los segundos debido a que se coloca un material diferente. Medir también la longitud del corte realizado, para poder realizar el corte del tubo del nuevo material, teniendo en cuenta los 2-3 centímetros por cada extremo para poder tener una pequeña holgura al unir los tubos.

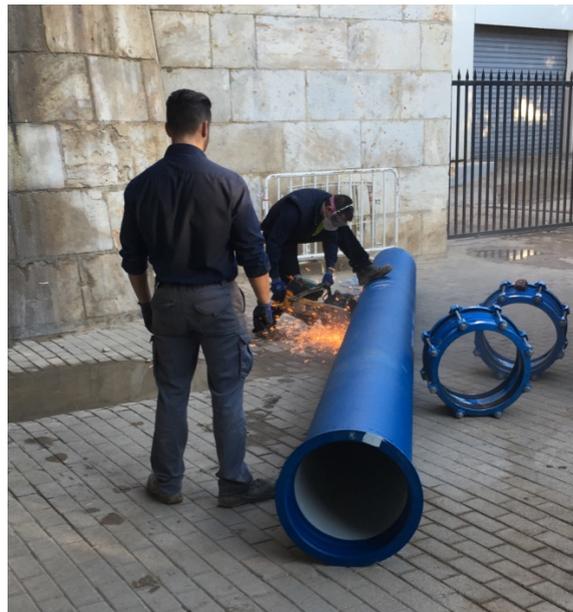


Ilustración 62. Corte de tubo de reparación

3. Deslizar los accesorios de unión sobre los extremos de la tubería si es posible. En el caso de que esto no sea posible, los accesorios se pueden llevar al sitio sobre el tubo nuevo que se vaya a colocar.

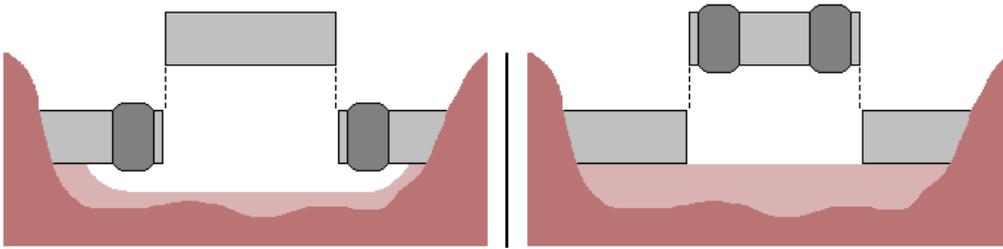


Ilustración 63. Esquema de colocación de los accesorios de unión



Ilustración 64. Transporte de tubo de reparación junto con los accesorios de unión

4. Realizar la unión a los tubos adyacentes a la reparación con el apriete de los tornillos de los accesorios de unión, el apriete se realizará como se realiza para los tubos de fundición dúctil. (Ilustración 56)

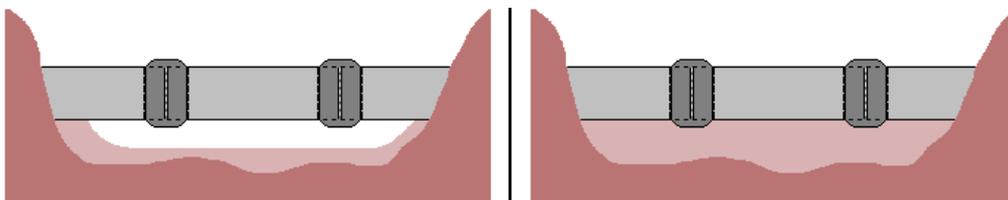


Ilustración 65. Esquema de unión del tubo de reparación con el tubo reparado

5. Verificar la estanqueidad de la reparación con la puesta en presión del tramo que se había cerrado.



6. Realizar el relleno de la excavación.

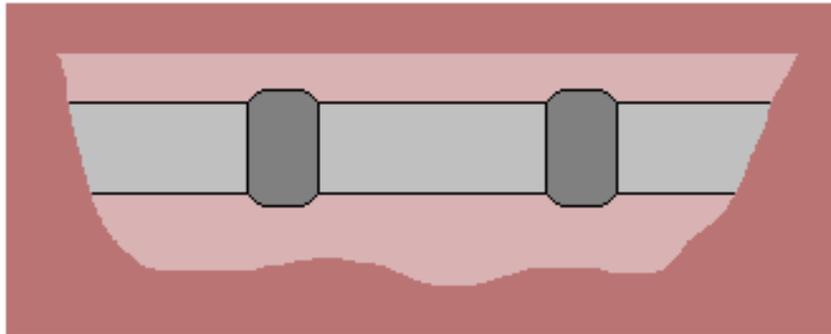


Ilustración 66. Esquema de fin de reparación

Procedimiento de manipulación del fibrocemento

El amianto es un mineral fibroso muy nocivo para la salud. Puede entrar en el organismo humano a través de distintas vías, ya sea por ingestión, a través de la piel y por inhalación, la forma más peligrosa, a través de las vías respiratorias por inhalación del polvo que se genera durante su corte y manipulación. Es por ello que es necesario extremar las medidas de seguridad, recogerlo de manera selectiva y llevarlo a un centro de tratamiento de residuos homologado.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo, que depende del Ministerio de Empleo y Seguridad Social, describe la situación de trabajo de la siguiente manera:

“Las tuberías de fibrocemento fabricadas con amianto y cemento se utilizaron de forma generalizada, antes de la prohibición del uso de amianto, en diversas instalaciones como redes de abastecimiento de agua, redes de saneamiento, bajantes etc. En la actualidad, los trabajos de retirada, mantenimiento y reparación de estas instalaciones pueden requerir el corte de dichas tuberías. Estos trabajos tienen lugar generalmente al aire libre, en ciudades o en el campo, sobre conductos aéreos o enterrados.

Los trabajos de reparación y mantenimiento se caracterizan frecuentemente por ser de poca duración y no previsibles de antemano. Para el corte de las tuberías se utilizan herramientas de diferentes tipos como sierras manuales, sierras mecánicas y cortatubos.

Aunque la operación de corte de tuberías de fibrocemento dura normalmente poco tiempo, se pueden producir concentraciones elevadas de fibras de amianto que pueden ser inhaladas por el trabajador y dispersarse en el entorno causando exposiciones inadvertidas en otras personas. “



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Como se ha comentado en varias ocasiones a lo largo del presente texto, el fibrocemento es un material cuyo uso está prohibido desde 2002 y su manipulación está restringida por una normativa tanto de ámbito nacional como europeo.

En el **Real Decreto 1299/2006**, se recogen las consecuencias de trabajar con amianto sin las protecciones adecuadas. Dicho texto cita lo siguiente:

“Aunque la situación de trabajo descrita comporta también otros riesgos, aquí solo se tratarán los que se refieren a los efectos para la salud derivados de la exposición a fibras de amianto.

La vía de entrada más importante de las fibras de amianto en el organismo es la vía inhalatoria.

*La inhalación de fibras de amianto puede causar las siguientes enfermedades incluidas en el cuadro del anexo 1 del **Real Decreto 1299/2006** de enfermedades profesionales:*

- *Neoplasia maligna de bronquio y pulmón (cáncer de bronquio y pulmón).*
- *Mesotelioma de pleura, peritoneo y otras localizaciones (cánceres de pleura, peritoneo...).*
- *Asbestosis (fibrosis pulmonar que puede conducir a una progresiva insuficiencia respiratoria).*
- *Afecciones fibrosantes de pleura y pericardio que cursan con restricción respiratoria o cardíaca.*

El cáncer de laringe está incluido en la lista del anexo 2 del Real Decreto 1299/2006 como enfermedad de posible origen profesional asociada al amianto. “

En cuanto a las medidas de prevención a tener en cuenta en la manipulación de materiales con amianto, es el **Real Decreto 396/2006** el que recoge las medidas a tomar durante procedimientos con amianto. Este documento divide las medidas en 2: las correspondientes a medidas de reducción y control de riesgos y medidas de protección individual del trabajador.

Medidas de reducción y control de riesgos

Soluciones alternativas

El RD 396/2006 recoge que, si se puede realizar el desmontaje de la tubería sin corte de tubería, ésta sea tenida en cuenta para minimizar el desprendimiento de fibras.



Herramientas y métodos de trabajo adecuados

“Se entiende por herramientas y métodos adecuados los que aseguren el cumplimiento de los límites de exposición profesional (LEP) y causen la mínima emisión de polvo y fibras de amianto al ambiente. Las herramientas que pueden cumplir estas condiciones son las de baja velocidad y poco agresivas, por ejemplo, los cortatubos de cadena de tipo manual de carraca o palanca y de tipo neumático. En determinadas circunstancias, también pueden ser adecuadas la sierra manual y la sierra eléctrica de sable de baja velocidad de giro.”



Ilustración 67. Sierra eléctrica de sable

“El aporte de agua en el punto de corte reduce la liberación de fibras por lo que es una medida a tener en cuenta para combinarla, en su caso, con la herramienta de corte. El sistema que se utilice (agua o agua con humectante) no debe producir impacto brusco del agua sobre la tubería con el fin de evitar una posible liberación y proyección de partículas y fibras de su superficie. Por ejemplo, no sería adecuado un sistema de pulverizado con aire a presión. Para el suministro de agua se recomiendan bombas manuales de agua o con motor.”



Ilustración 68. Producto químico aportado al corte de la tubería de fibrocemento para evitar la dispersión del polvo de amianto



Delimitación y preparación de la zona de trabajo

“La zona de trabajo delimita el espacio en el que se puede producir la exposición a fibras de amianto. Se debe señalar por el exterior mediante carteles claros y visibles que adviertan del riesgo de inhalación y de las medidas obligatorias para las personas con acceso a la misma. Se acotará mediante barreras alrededor del punto de corte a una distancia adecuada y solo se debe permitir la entrada al interior de esta zona a personas que deben acceder por razón de su trabajo. Siempre serán el mínimo indispensable de operarios. En esta zona estará prohibido beber, comer y fumar.”



Ilustración 69. Delimitación de la zona de trabajo

Limpieza, descontaminación y retirada de residuos de la zona de trabajo

“El plástico de protección del suelo o superficie de trabajo, los fragmentos de tubería de fibrocemento, los residuos de amianto y la tierra contaminada, así como la ropa de trabajo desechable, guantes, mascarillas desechables, filtros y el resto de material contaminado se recogerán e introducirán en bolsas de plástico de suficiente resistencia mecánica, recomendándose como mínimo 800 galgas de espesor, provistas de cierre hermético. Las bolsas estarán identificadas con la etiqueta reglamentaria.”



Ilustración 70. Operario almacenando trozos de tubo en bolsas de plástico especiales

Medidas de higiene

“Los trabajadores deben disponer de las instalaciones necesarias para permitir guardar la ropa de calle separadamente de la ropa de trabajo, ducharse al final de la intervención y gestionar de forma adecuada los equipos de protección usados. Para facilitar el cumplimiento de estos requisitos se recomienda la provisión de una unidad de descontaminación móvil que sea trasladable al lugar de trabajo. La unidad de descontaminación se colocará de forma que conecte directamente con la zona de trabajo.”

La unidad de descontaminación constará como mínimo de tres compartimentos: zona limpia, zona sucia y entre ellos una zona de ducha, asegurando que el aire fluye desde la zona limpia hacia la sucia. Tiene que estar dotada de un sistema de tratamiento para filtrado del agua contaminada para evitar el vertido de fibras de amianto a la red.”



Ilustración 71. Unidad de descontaminación junto a zona de trabajo

Medidas de protección del trabajador

Uso de equipos de protección individual

“El empresario debe proporcionar al trabajador los equipos de protección individual (EPI) adecuados a su tarea. Estos deben disponer de marcado CE con los pictogramas que indiquen la protección ofrecida y el folleto informativo, al menos en castellano.

El trabajador debe utilizar los EPI según lo indicado en los procedimientos de trabajo establecidos. Para comprobar el ajuste correcto de la protección respiratoria, se realiza una prueba de presión positiva y de presión negativa de acuerdo con las instrucciones del fabricante.”

Los equipos de protección individual necesarios son los siguientes:

- Protección de las vías respiratorias: deben ser de alta eficacia frente a partículas sólidas y de un solo uso. No debe superar las 4 horas de uso diarias.
- Ropa de protección química: cabeza y cuerpo.
- Guantes de protección
- Gafas de protección
- Calzado de protección



Tubería de hormigón

Las tuberías de hormigón en las redes de abastecimiento de agua potable se pueden dividir en dos grandes grupos. Estos dos grupos son las tuberías de hormigón sin camisa de chapa y las tuberías de hormigón con camisa de chapa. Como está detallado en el apartado anterior, el funcionamiento de estos dos tipos de tubería de hormigón es diferente y, por tanto, los procedimientos de reparación también lo serán.

En las tuberías sin camisa de chapa, la estanqueidad se consigue con el hormigón, mientras que, en las tuberías con camisa de chapa, ésta es la encargada, junto con el hormigón, de evitar que se escape el agua de la tubería. En ambos tipos de tubería se pueden aplicar sistemas de reparación tanto con corte de tubería como sin corte de tubería.

Sistemas de reparación sin corte de tubería

Estos sistemas de reparación se utilizan cuando la avería en la tubería es pequeña, del orden de una picadura o un pequeño agujero

Tubería de hormigón sin camisa de chapa

El sistema de reparación para una tubería de hormigón sin camisa de chapa se basa en el uso de piezas mecánicas de reparación. Al contrario que materiales como la fundición dúctil o el fibrocemento, el hormigón es un material poroso y, por tanto, esta propiedad hay que tenerla en cuenta a la hora de realizar la reparación debiendo tener especial cuidado a la hora de utilizar estas piezas mecánicas, más concretamente, a la hora de sellar la zona dañada o de corte con algún producto impermeabilizante. El procedimiento a seguir es el siguiente:

1. Limpieza de la zona dañada retirando todas las impurezas que puedan impedir un buen agarre del producto sellante y un buen ajuste de la pieza de reparación.
2. Aplicar el producto impermeabilizante para que, según las especificaciones del fabricante, de tiempo a que se realice el secado.
3. Colocar la pieza mecánica de reparación. Estas piezas están provistas de una junta interior de goma que garantiza la estanqueidad total al realizar el apriete de los tornillos.



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN
TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Ilustración 72. Manguito de reparación para tubería de hormigón

Tubería de hormigón con camisa de chapa

Para estas tuberías se podrían utilizar los mismos sistemas de reparación mecánica que para las tuberías de hormigón sin camisa de chapa. Sin embargo, al disponer el tubo de una camisa de chapa, también se puede realizar la reparación mediante soldadura siempre y cuando la chapa tenga grosor suficiente. Mediante este sistema se garantiza la estanqueidad del tubo ya que se vuelve a dar continuidad a la camisa de acero.

En el caso de que aparezca una avería en la tubería del tipo picotazo o avería “pequeña” y la tubería estuviera cerrada y sin carga, se puede reparar la avería mediante la soldadura de un trozo de plancha de acero, también llamada teja. Este sistema también se puede utilizar cuando la fuga se encuentra localizada en una unión, en este caso lo que se suelda es una virola de acero, es decir, una plancha de acero que se suelda a lo largo de todo el perímetro de la tubería, cada cordón de soldadura en un tubo diferente. El procedimiento de reparación sería el siguiente:



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



1. Picar con especial cuidado alrededor de la zona afectada sin llegar a dañar la chapa hasta dejar ésta descubierta. Hay que tener en cuenta la armadura de la capa exterior de hormigón de la tubería. Dejar la zona saneada y limpia para poder realizar la reparación.



Ilustración 73. Descubrimiento de la avería

2. Preparar un trozo de plancha de acero de grosor suficiente (al menos 3 mm) que se soldará a la chapa existente en la tubería por un soldador especializado.



Ilustración 74. Plancha de acero soldada a la chapa de una tubería de hormigón con camisa de chapa

3. Comprobar que la reparación, la soldadura, devuelve la estanqueidad a la tubería. Para esta operación se pueden utilizar diferentes sistemas como son los líquidos penetrantes, luz ultravioleta, etc. Si no se dispusiera de ninguno de estos sistemas, se pondrá en carga la tubería para comprobar si existe alguna pérdida. En caso de que la reparación no se hubiera realizado correctamente, la tubería se descargaría y se repararía la soldadura.
4. Una vez comprobada la estanqueidad de la tubería, se reconstruye la ventana que se había ejecutado para la reparación de la chapa. Será necesario dar continuidad a las



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



armaduras afectadas por esta ventana, dándoles continuidad mediante soldadura. El hormigón eliminado, se puede reconstruir con hormigón o con mortero de reparación.



Ilustración 75. Soldadura de la armadura del hormigón armado de recubrimiento de una tubería de hormigón con camisa de chapa



Ilustración 76. Reparación del hormigón de recubrimiento con mortero de reparación

Puede darse la situación de que si la ventana de reparación, es decir el punto de fuga, se encuentra en algún lateral o, especialmente, en la zona inferior del tubo se tenga un pequeño caudal de agua debido al mal ajuste de las válvulas de cerrada, es decir, las válvulas que se han maniobrado para aislar la avería. Si ese pequeño caudal de agua impide realizar la reparación mediante soldadura, se deberá parar dicho aporte. Para cortar dicho aporte de agua se recomienda:

- Revisar las válvulas de cerrada para comprobar que se han cerrado adecuadamente.
- Ampliar la cerrada de la tubería cerrando, si el servicio lo permite, otras válvulas de la red.



- Abrir las válvulas de desagüe existentes dentro de la cerrada para que no llegue el agua al punto de trabajo.
- Introducir un globo neumático que al inflarlo pare el aporte de agua.
- Hacer una parada dentro del tubo, es decir, un pequeño tabique de contención que retenga el agua y en el que se pueda introducir una bomba para achicar el agua que se vaya almacenando en ese punto. Si se diera la situación de que no se pudiera introducir una bomba, sería conveniente realizar una ventana en la parte superior del tubo por la que poder introducir la bomba y que, posteriormente, se selle por soldadura.

Si este aporte de agua no se pudiera controlar, la reparación no se podrá realizar mediante soldadura si no que se deberá utilizar alguno de los sistemas de reparación con piezas mecánicas.

Sistemas de reparación con corte de tubería

Estos sistemas de reparación se utilizan cuando ninguno de los sistemas anteriores se puede utilizar, normalmente cuando la tubería tiene un daño importante y se debe eliminar el tubo.

Tubería de hormigón sin camisa de chapa

Este tipo de tubería, debido a que no tiene la camisa de chapa a la que se pueda soldar, se repara con piezas mecánicas de reparación o con piezas especiales que en cuyos extremos sistemas mecánicos con los que acoplarse a la tubería de hormigón. Si se sustituye un tramo de tubo o el tubo entero, es aconsejable que se repare utilizando tubería de hormigón.

Si no se dispone de tubería de hormigón para realizar la reparación, es recomendable que el material de la tubería con la que se realice la reparación sea un material rígido como puede ser el acero o la fundición, que tenga un diámetro igual o lo más similar posible donde se puedan utilizar piezas de reparación multidímetro y soporte la misma presión nominal.

Si se repara con tubería de hormigón, hay que tener en cuenta el aplicar el producto impermeabilizante adecuado y con el tiempo suficiente para que se realice el sacado del producto y funcione correctamente cuando la tubería vuelva a tener servicio.



Ilustración 77. Reparación de tubería de hormigón sin camisa de chapa

Tubería de hormigón con camisa de chapa

Para este tipo de tuberías se podrían utilizar los mismos sistemas de reparación mecánica que los detallados en el punto anterior para tuberías de hormigón sin camisa de chapa.

Sin embargo, al disponer el tubo de una camisa de chapa, también se puede realizar la reparación mediante soldadura siempre y cuando la chapa tenga un grosor suficiente. Una de las características de los tubos de hormigón con camisa de chapa es que el grosor de la chapa no es constante a lo largo del tubo. La chapa es más gruesa en los extremos que en la parte central del tubo. Es por ello que, salvo que la tubería sea autoportante (tubería con camisa de chapa de mayor espesor a lo largo del tubo), se recomienda cambiar el tubo entero para poder trabajar en los extremos de los tubos adjuntos donde se dispone de una camisa de chapa de espesor adecuado para poder soldar.



Ilustración 78. Soldadura entre tubería de hormigón con camisa de chapa y tubería de acero



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Debido a esta característica de las tuberías autoportantes de hormigón con camisa de chapa, se recomienda que la tubería a utilizar para hacer la reparación sea de este tipo. De esta manera, sea cual sea la longitud del tubo a insertar, se tendrá un espesor de chapa suficiente para realizar la reparación.

Si es conveniente realizar la reparación con un tipo de tubería con características similares debido a que no se dispone de tubería de hormigón, ésta se podría realizar con tubería de acero ya que se puede soldar a la camisa de chapa y, así, darle continuidad a ésta.

La soldadura de los tubos se puede realizar de dos maneras diferentes. La primera de ellas consiste en realizar la soldadura con un solo cordón de soldadura, pero, siempre y cuando, las chapas de las dos tuberías a unir se acoplen perfectamente. Esta situación suele darse cuando se repara con tuberías del mismo tipo que la original. La segunda de las posibilidades es la de utilizar un aro de acero, también conocido como “virola”, como puente de unión entre las chapas o tubería de acero – chapa. Esta situación suele presentarse normalmente cuando se realiza una reparación con tubería de acero en vez de con tubería de hormigón y necesita dos cordones de soldadura por cada extremo.



Ilustración 79. Preparación de la virola

Reparación con soldadura



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Dependiendo del sistema que se vaya a utilizar para reparar la tubería se harán uno o dos cordones de soldadura en cada una de las uniones con los tubos adyacentes. Es muy importante para poder utilizar este tipo de reparación que **NO** haya presencia de agua. Si existe presencia de agua en el punto de reparación se deberá tomar alguna de las medidas anteriormente comentadas. Si fuera imposible la aparición de agua, se deberá reparar la avería mediante piezas mecánicas de reparación.

Como ya se ha comentado, la soldadura se puede realizar cuando se va a reparar con tubería de hormigón con camisa de chapa o con tubería de acero. El procedimiento de reparación en estos casos es el mismo y se detalla a continuación:

1. Para realizar la reparación en la tubería es muy importante dejar al descubierto la zona afectada, dejando libre tanto por arriba como por debajo la tubería. Como la mayoría de las tuberías de abastecimiento de agua en la ciudad de Valencia están enterradas, normalmente se excava, aproximadamente, unos 50 centímetros por debajo de la cota de la tubería para que los operarios puedan trabajar en las condiciones más cómodas posibles.



Ilustración 80. Descubrimiento de la tubería tan por encima como por debajo

2. **Corte de la tubería.** En primer lugar, se picará el hormigón de la capa exterior, teniendo en cuenta la armadura, hasta dejar al descubierto la camisa de chapa en la zona próxima a donde se va a realizar el corte. Una vez la chapa ha quedado al descubierto, mediante



una sierra radial manual o con soplete se realiza el corte de la tubería, previamente marcado, lo más perpendicular posible.



Ilustración 81. Corte de la tubería mediante soplete

En la actualidad existen medios más avanzados para realizar lo más perpendicularmente posible el corte de la tubería. Es el caso de la cortadora de hilo de diamante, que evita que un operario tenga que estar picando manualmente el hormigón de recubrimiento de un tubo y, posteriormente, el corte de la tubería con una sierra radial manual. Sin embargo, estas máquinas no pueden utilizarse en todas las situaciones de corte, por lo que siempre se puede recurrir al medio tradicional, al medio manual.



Ilustración 82. Cortadora de hilo de diamante



Dependiendo de la longitud de los tubos adyacentes al corte que queden en voladizo, es recomendable el uso de un tractel que impida el cabeceo de los extremos de estos tubos.

- 3. Retirada del tubo averiado.** El tubo, previamente embragado, se retira de la zona de trabajo mediante una grúa.



Ilustración 83. Retirada de tubo de hormigón con camisa de chapa

- 4. Acondicionamiento de la chapa.** Una vez la tubería está perpendicularmente cortada, es necesario sanear la chapa más próxima al corte y acondicionarla para poder realizar la soldadura. Para ello, se retiran los primeros 10 – 15 centímetros desde el corte y se deja la chapa al descubierto, que se lija para eliminar cualquier impureza que pueda afectar negativamente a la soldadura y se deja preparada para soldarla al tubo nuevo o a la virola.



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Ilustración 84. Acondicionamiento de la camisa de chapa para realizar la soldadura

- 5. Colocación del tubo nuevo.** Ya sea la reparación con tubería de hormigón con camisa de chapa o con tubería de acero, la conexión con los tubos adyacentes es recomendable realizarla mediante una virola.



Ilustración 85. Soldadura de tubo de acero con tubo de hormigón con camisa de chapa mediante virola



Ilustración 86. Resultado de la soldadura con virola

- 6. Comprobación de la estanqueidad.** Una vez se ha realizado la soldadura, se realiza la comprobación de la estanqueidad de la reparación. Para ello se pone en carga la tubería y se comprueba visualmente que no aparece ninguna gota o presencia de agua en la reparación.

- 7.** Si fuera necesario trabajar dentro de la tubería, se deberán garantizar todas las medidas de seguridad necesarias. Se podrá acceder por una boca de hombre si ya existe y si no es así, se realizará una ventana para introducirse por ella o se colocará un tubo con registro de hombre ($DN \geq \varnothing 600$). Posteriormente se saneará la ventana.

- 8. Reconstrucción de la unión.** Una vez se ha comprobado la estanqueidad de la reparación, se reconstruirá la capa exterior de hormigón armado de la tubería. Es recomendable reponer toda la armadura existente, tanto la longitudinal como la transversal. Sin embargo, se puede reponer tan solo la transversal puesto que la longitudinal no tiene función resistente.



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Ilustración 87. Reconstrucción de la unión mediante mortero de reparación autonivelante

Reparación por unión mediante bridas

Este tipo de reparación se realiza cuando no se dispone de tubería de hormigón armado con camisa de chapa o tubería de acero de calibre adecuado sobre las que realizar la soldadura. Se basa en la unión de tubos mediante bridas. Esto permite reparar utilizando por ejemplo un tubo o trozo de tubo de fundición dúctil.

Este sistema consiste en instalar en los extremos del tubo de hormigón un cabo extremo con brida que será soldado a la camisa de chapa con una virola. En el extremo de la tubería se coloca un cabo extremo multidímetro que permite unir la tubería existente con la nueva de otro material.



Ilustración 88. Reparación mediante bridas



Existe una variante de este sistema de reparación que consiste en la reparación sobre la camisa de chapa, pero sin soldadura. Este sistema se puede utilizar cuando se es imposible cortar el flujo de agua que aparece en el punto de reparación. Como no se puede realizar la soldadura mientras haya presencia de agua, se puede realizar la reparación mediante sistemas de reparación con piezas mecánicas.

Este sistema se basa en realizar la reparación con corte de tubería y presencia de agua, pero acoplando las piezas de reparación sobre la camisa de chapa del tubo de hormigón. La peculiaridad y a la vez problema de este sistema es que el colocar un cabo extremo directamente sobre la camisa de chapa puede aplastar la chapa debido a que se ha eliminado el hormigón de recubrimiento que es la fuente principal de resistencia de este tipo de tubo. Como la camisa de chapa por sí sola no puede soportar el esfuerzo de apriete de la pieza de reparación, se hace necesario el reforzar interiormente el tubo mediante un anillo de acero ajustable en el interior del tubo que es el que resiste todas las fuerzas de apriete. El proceso de reparación para este sistema es el siguiente:

1. **Corte del tubo.** De esta manera se elimina el tubo o trozo de tubo dañado.
2. **Acondicionamiento de la camisa de chapa.** Una vez se ha cortado el tubo, se acondiciona la chapa al igual que se realiza para cuando se va a reparar con soldadura. Para este tipo de reparaciones hay que tener en cuenta que se va a introducir un cabo extremo y, por tanto, el trozo de chapa acondicionada puede ser mayor.
3. **Imprimir la camisa de chapa.** Se aplica una pintura de secado rápido sobre la camisa de chapa de acero que la protege de la oxidación.
4. **Protección interior del tubo.** Se coloca el anillo anteriormente mencionado.
5. **Colocación de los cabos extremos.** Hay que tener en cuenta que los tubos estén bien alineados para no sufrir ninguna complicación a la hora de reparar.



Ilustración 89. Colocación del cabo extremo



6. Colocación del tubo o trozo de tubo de reparación.



Ilustración 90. Colocación del tubo



Tubería de acero

Las reparaciones en las tuberías de acero se pueden realizar por soldadura o por piezas mecánicas de reparación, siendo más común la primera. Que se utilice un sistema u otro depende de la existencia de agua en el punto de reparación. Si no existe la presencia de agua, la reparación se realizará por soldadura. Si, por el contrario, sí que existe presencia de agua, la reparación se deberá realizar mediante piezas mecánicas de reparación.

La soldadura de estas tuberías se realiza por soldadura por arco. Los procedimientos de soldadura por arco son los más utilizados para soldar acero y requieren el uso de corriente eléctrica. Esta corriente se utiliza para crear un arco eléctrico entre uno o varios electrodos aplicados a la pieza, lo que genera el calor suficiente para fundir el metal y crear la unión. A la hora de reparar mediante soldadura se ha de tener en cuenta que:

- No debe existir presencia de agua en el punto de reparación.
- Todas las soldaduras deben realizarse por soldadores cualificados.



Ilustración 91. Soldadura por arco eléctrico de una tubería de acero con una chapa de una tubería de hormigón con camisa de chapa

Existe una posibilidad de que se pueda realizar la reparación con soldadura y presencia de agua y es que la avería se encuentre en la parte superior de la tubería y sea de pequeño calibre, es decir, una avería del tipo picadura o una pequeña fisura. De esta manera se puede realizar una reparación mediante la soldadura de una pieza de acero llamada “teja”, anteriormente mencionada, ya que el agua se encuentra a un nivel inferior al de la zona de trabajo.



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Si la avería de pequeño calibre se encontrara en la parte lateral o inferior de la tubería y hubiera presencia de agua, se debería parar el flujo de agua, para ello no habría que realizar el corte de la tubería, sino que se abriría una ventana en la parte superior de la tubería y realizar una parada o dique que contenga el agua que llega al punto de reparación. En esta parada se podría introducir una bomba que achicara el agua retenida. De esta manera y con la presencia de agua solucionada, se podría reparar. Una vez reparada la tubería, se eliminarían las paradas y se recompondría el tubo mediante la soldadura de una chapa de acero para tapar la ventana.



Ilustración 92. Introducción de una bomba dentro de una ventana para realizar el achique del agua

Cuando se deba realizar la soldadura de una plancha de reparación con un trozo de acero o “teja” o un aro o “virola”, se deberá comprobar que tanto el espesor de la teja o la virola como el espesor de la tubería sea suficiente para realizar la soldadura y, así, poder evitar situaciones en las que se realiza una gran soldadura sobre un espesor muy fino. Se intenta evitar esta última situación ya que esa soldadura se convertiría en un punto potencial de fuga a la larga.

Hay que tener en cuenta que una vez realizada la reparación se deben proteger los tubos al igual que está protegida el resto de la tubería con el fin de evitar ataques desde el exterior que puedan afectar a alguna de las características de la tubería. Para ello se utilizará el mismo revestimiento que el existente en la tubería o alguno con características similares. Además, se realizará el adecuado acondicionamiento y tapado de la excavación realizada para evitar posibles futuras fugas por una inadecuada obra civil.

Estas tuberías, al igual que el resto de tipos de tubería, se puede reparar tanto con corte de tubería como sin corte de tubería. Siempre que sea posible se intentará reparar mediante soldadura. A continuación, se detallan los sistemas de reparación para estas tuberías:



Sistemas de reparación sin corte de tubería

Las tuberías de acero se pueden reparar mediante piezas mecánicas de reparación y mediante soldadura. El sistema de reparación se elige en función de la existencia de agua en el punto de reparación.

Reparación por soldadura

En caso de que la avería sea de pequeño calibre, como puede ser un picotazo, un pequeño agujero o una fisura transversal, y no exista la presencia de agua, se puede reparar la avería mediante la soldadura de un trozo de plancha de acero (“teja”) o un aro de acero (“virola”). El procedimiento de reparación es el siguiente:

1. Retirar el recubrimiento externo de la tubería con cuidado alrededor de la zona donde se encuentra la avería sin dañar el material de la tubería. El trozo de tubería descubierto debe quedar perfectamente saneado y limpio.
2. Preparar la pieza de acero con la que se vaya a reparar la avería, teja o virola, con un grosor suficiente, 3 milímetros como mínimo.
3. Realizar la soldadura de la pieza a la tubería a través de un soldador especializado.
4. Comprobar que la reparación está correctamente realizada. Esta acción se puede realizar mediante diversos métodos como los líquidos penetrantes o la luz ultravioleta, pero la técnica más utilizada es la de poner en carga la tubería e inspeccionar visualmente si el agua fuga por la reparación. Si el agua escapara por alguna soldadura realizada en la reparación, se tendría que volver a vaciar la tubería para repasar la tubería y, posteriormente, volver a comprobar que la reparación se ha realizado correctamente.
5. Proteger de nuevo la tubería con el recubrimiento original o algún otro similar con características parecidas.



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Si la reparación se debe realizar en un lateral o en la parte inferior de la tubería, es muy probable que se tenga un pequeño caudal debido al fallo parcial de alguna de las válvulas que se han cerrado para dejar el tramo de tubería donde se localiza la avería aislado. Si se diera esta situación, los pasos a seguir son los mismos que están detallados para las tuberías de hormigón y son los siguientes:

- Revisar las válvulas de cerrada para comprobar que se han cerrado adecuadamente.
- Ampliar la cerrada de la tubería cerrando, si el servicio lo permite, otras válvulas de la red.
- Abrir las válvulas de desagüe existentes dentro de la cerrada para que no llegue el agua al punto de trabajo.
- Introducir un globo neumático que al inflarlo pare el aporte de agua.
- Hacer una parada dentro del tubo, es decir, un pequeño tabique de contención que retenga el agua y en el que se pueda introducir una bomba para achicar el agua que se vaya almacenando en ese punto. Si se diera la situación de que no se pudiera introducir una bomba, sería conveniente realizar una ventana en la parte superior del tubo por la que poder introducir la bomba y que, posteriormente, se selle por soldadura.

Si el flujo de agua que llega al punto de reparación no se puede neutralizar de ninguna manera, no se podrá realizar la soldadura y, por tanto, la reparación se deberá realizar mediante piezas mecánicas de reparación.

Reparación con piezas mecánicas

Las piezas mecánicas se utilizan para reparar pequeñas averías localizadas en un punto de la tubería. Éstas, generalmente se utilizan cuando hay aporte de flujo de agua al punto de reparación y no se puede realizar la soldadura.

Se utilizan piezas mecánicas como pueden ser las abrazaderas de reparación o manguitos de reparación. Estas piezas pueden desmontarse mediante el desapriete de unos tornillos que tiene en la carcasa exterior de acero inoxidable y que generan la estanqueidad del sistema mediante una junta de un material formado por un elastómero en conjunto con el apriete de los tornillos.

Sistemas de reparación con corte de tubería

Al igual que para los sistemas de reparación sin corte de tubería, las tuberías de acero se pueden reparar con piezas mecánicas o con soldadura. En este caso, estos sistemas se utilizan



cuando la avería localizada en la tubería es magnitudes importantes como puede ser un tronchado en donde la tubería haya quedado bastante dañada o un reventón.

Reparación con piezas mecánicas

La reparación consiste en retirar el tubo o trozo de tubo afectado por la avería e introducir uno nuevo que se une a los tubos adyacentes mediante piezas mecánicas. El procedimiento a seguir es el mismo que se puede realizar con las tuberías de fundición.



Ilustración 93. Reparación de tubería de acero con piezas mecánicas

Reparación con soldadura

En caso de que sea factible realizar la soldadura, es decir, que no haya presencia de agua en el punto de reparación, se reparará con tubería de acero. En caso de no disponer de tubería de acero, podría utilizarse tubería de hormigón con camisa de plancha si bien en este caso se recomienda que sea autoportante. El procedimiento a seguir es muy parecido al procedimiento de soldadura de las tuberías de hormigón y es el siguiente:

1. Se descubre la zona afectada, dejando libre tanto por arriba y como por la parte inferior la tubería a reparar.



2. A continuación, se procederá al corte de la tubería. Se eliminará con cuidado el recubrimiento si lo tuviese hasta dejar descubierta la plancha que debe quedar perfectamente saneada y limpia. Se marcará y se cortará a continuación perpendicularmente a la tubería.
3. La dimensión de la zona de chapa descubierta y limpia debe ser la adecuada para posteriormente colocar el aro de acero (“virola”) que se va a soldar.
4. Después de cortar y retirar el tramo de tubería afectada, se sustituye con un tramo nuevo de tubería de las características similares anteriormente señaladas (tubería acero preferiblemente o de hormigón autoportante). En cualquiera de los casos se realiza el mismo sistema de colocación del aro de acero de reparación (“virola”).
5. Para la colocación de la virola y para asegurar un perfecto ajuste al tubo y una buena soldadura, se sueldan dos escuadras en los extremos de la virola, para después unir las con un tornillo y ajustar la virola a los tubos. Posteriormente se realizan varios puntos de soldadura de la virola con las chapas y se suelda. Al finalizar la soldadura retirar las escuadras.
6. Tras realizar la soldadura, se debe comprobar que la misma es correcta y no existen fisuras o poros.



Ilustración 94. Soldadura de la virola en una tubería de acero



7. Si fuera necesario trabajar dentro de la tubería se deberán garantizar todas las medidas de seguridad necesarias. Se podrá acceder por una boca de hombre si ya existe o si no es así, se realizará una ventana para introducirse por ella o se colocará un tubo con registro de hombre ($DN \geq \phi 600$). Posteriormente se saneará la ventana.

8. A continuación, se realizará la comprobación de la soldadura con diferentes sistemas como son los líquidos penetrantes, luz ultravioleta, etc. En caso de no disponer de ningún sistema para realizar dicha comprobación se pondrá en servicio la tubería y se comprobará si existen pérdidas. Si se observa alguna pérdida por la soldadura, se descargará la tubería y se reparará la soldadura.

Sistema de reparación por unión mediante bridas

En el caso de que no se disponga de tubería de acero o de hormigón armado con camisa de chapa de calibre adecuado sobre las que hacer la soldadura, se puede reparar uniendo los tubos mediante bridas. Esto permite hacer la reparación utilizando por ejemplo un trozo de tubo de fundición. Este sistema consiste en instalar en los extremos del tubo de acero un cabo extremo con brida que será soldado a la camisa de plancha con una virola. En el extremo de la tubería de fundición se colocará un cabo extremo multidímetro. En la foto siguiente se aprecia el acoplamiento entre ambos tubos.

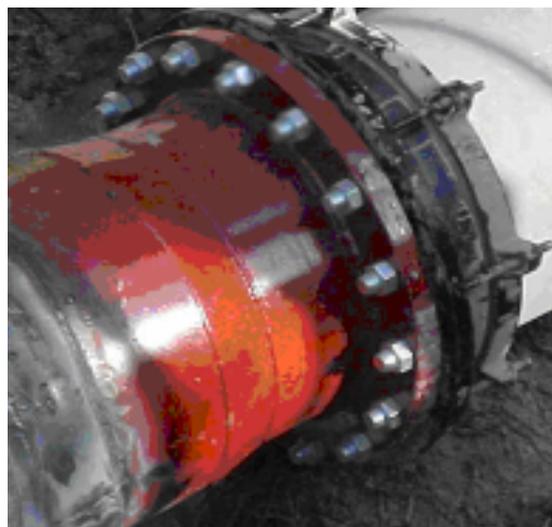


Ilustración 95. Cabo extremo con brida soldado a la tubería de acero



Tubería de polietileno

Este tipo de tubería, que está tan extendido en calibres pequeños, no se utiliza mucho en tuberías de grandes diámetros. Sin embargo, se menciona debido a que los materiales plásticos están desarrollándose y tomando mayor importancia en la industria del abastecimiento de agua potable.

La característica que más diferencia a este material de los comentados a lo largo de este estudio es que afecta la temperatura. En función de la temperatura la tubería tiene la propiedad de dilatarse o contraerse. Para ello, las piezas de reparación que se utilicen deben ser especiales para este tipo de tubería.

Los sistemas de reparación para las tuberías de polietileno se comentarán a continuación. A pesar de que para tuberías de pequeños diámetros existen todo tipo de piezas y de sistemas de reparación, es una realidad que para tuberías de grandes diámetros muchos de esos tipos de sistemas de reparación no se pueden implementar.

El tipo de reparación a realizar sobre la tubería de polietileno dependerá del daño que se haya producido sobre la misma. En caso de pequeñas roturas o agujeros que no requieran la sustitución de la tubería, se pueden realizar reparaciones rápidas y duraderas utilizando manguitos autoblocantes partidos y acoplamiento flexibles autoblocantes de acero inoxidable. No obstante, pueden utilizarse también abrazaderas de reparación o acoplamiento flexibles de acero inoxidable para polietileno en caso de que no se prevea problemas de desenchufado por contracciones del tubo, si bien estas piezas se recomiendan para reparaciones de carácter provisional.

En caso de que sea necesario sustituir el tramo de tubería dañado se recomienda reparar utilizando manguitos electrosoldables, lo que evitaría las juntas mecánicas. Esta solución solo es posible cuando en el punto de soldadura de los manguitos electrosoldables no se tenga ni una gota de agua (no es posible realizar correctamente la soldadura si hay presencia de agua), siendo necesario disponer, además de los manguitos electrosoldables, de la maquinaria específica para la soldadura. Por ello otra opción será la reparación utilizando acoplamiento autoblocantes o acoplamiento flexibles de acero inoxidable autoblocantes que en este caso no es necesario que sean partidos ya que al cortar la tubería puede ser introducidos en el cilindro o tubería. Aunque lo recomendable es reparar utilizando tubería del mismo calibre, existen en el mercado acoplamiento autoblocantes reducción que permiten realizar la reparación utilizando un tubo de polietileno de calibre distinto al existente.



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN
TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Anejo 1: Ejemplo de reparación de tubería de fundición dúctil



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



De todos los tipos de reparación que he conseguido ver durante mis prácticas en EMIVASA, he querido poner como ejemplo la reparación de una tubería de fundición dúctil de diámetro 600 milímetros.

Esta reparación fue diferente porque la tubería, en su trayectoria, llevaba una profundidad de entre 1.5 y 2.5 metros, pero justo en el punto donde se había producido la fuga la tubería aumentaba su profundidad hasta casi doblarse debido a que tenía que salvar a un colector de grandes dimensiones. Para ello se tuvo que realizar una excavación de más de 5 metros de profundidad. La fuga estaba localizada en un vado privado de un edificio de viviendas, justamente en una “T” de una válvula de desagüe. El punto se componía de dos pequeñas arquetas redondas de un metro de diámetro aproximadamente, localizadas en el citado vado. A pesar de que esta entrada de vehículos estuviera proyectada para vehículos de no muy grandes dimensiones, en el momento en el que se localizó la fuga el vado se estaba utilizando para el paso de camiones debido a la construcción de un nuevo edificio de viviendas muy próximo al vado. Esta condición junto con la gran profundidad a la que discurre la tubería, y por ende la gran cantidad de terreno sobre la tubería, se cree que fueron las causantes.

La reparación en sí fue sencilla. Previamente se hizo una reparación en el mismo punto que consistió en introducir un manguito de reparación debido a que se había producido el desapriete de unos tornillos de conguitos en la junta con la “T” de la válvula de desagüe. Unos años después volvía a ocurrir el mismo problema. La serie de condicionantes anteriormente mencionados podrían haber producido el desapriete de estos tornillos y, en consecuencia, la pérdida de la estanqueidad de la junta. La reparación que se realizó fue la de eliminar tanto la “T” de la válvula de desagüe como el manguito de reparación y colocar un trozo de tubo con unos manguitos de unión. La válvula de desagüe se trasladaría a la arqueta más cercana.

A continuación, se tiene un pequeño resumen de lo que aconteció durante la citada reparación.



Ilustración 96. Delimitación y señalización de la zona de trabajo

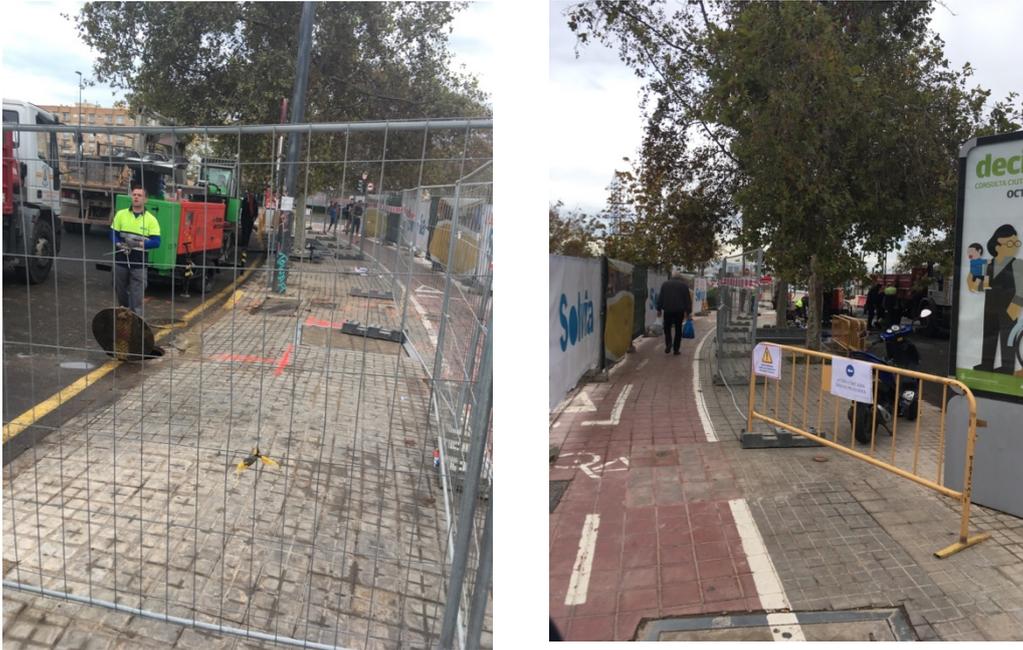


Ilustración 97. Vallado perimetral y paso de peatones

Una vez se ha señalado la zona de trabajo. El siguiente paso a seguir es realizar la cerrada.

Con la cerrada hecha, la tubería se desagua por el punto más bajo, el desagüe. Además, se desconecta el desagüe de la tubería para evitar que durante la excavación se transmitan vibraciones a la tubería que puedan ocasionar daños mayores a la infraestructura.

Para realizar la excavación, es necesario saber qué servicios se encuentran próximos o dentro de la excavación que se va a realizar. Para ello se utiliza un georradar que delimita los servicios existentes que posteriormente se marcan en la zona de trabajo para tenerlos presentes.

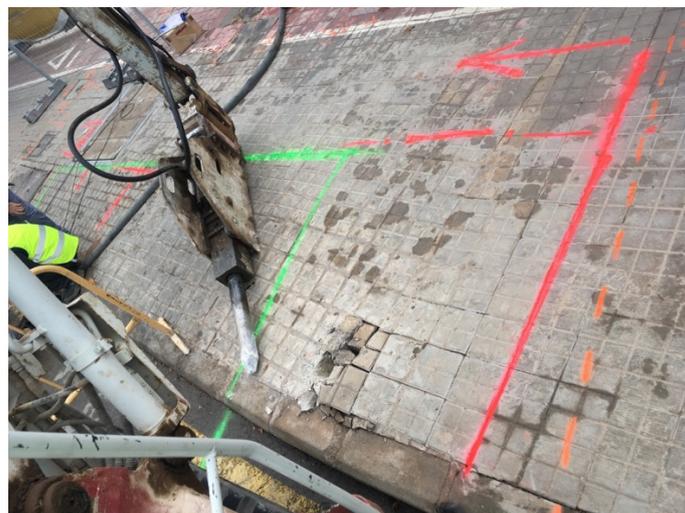


Ilustración 98. Marcado de los servicios próximos a la obra



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN
TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Una vez se han realizado todos los pasos previos, se puede proceder a realizar la excavación.

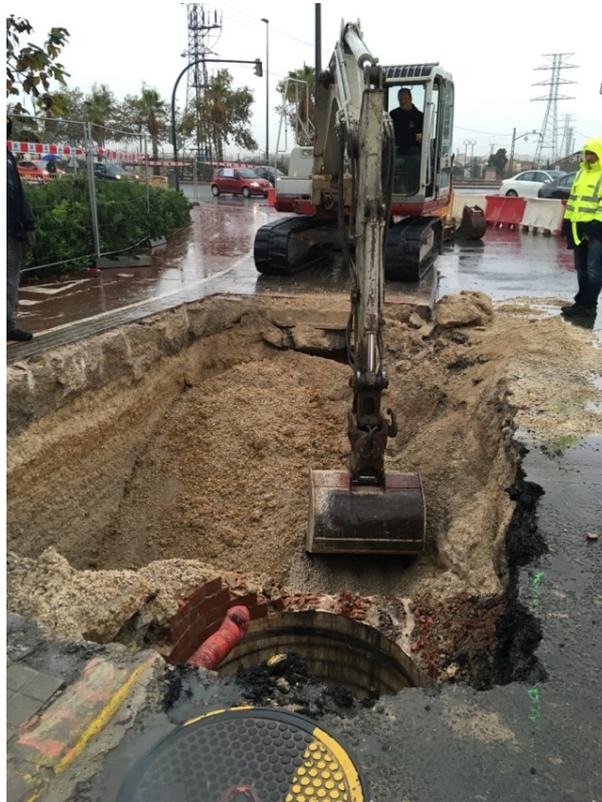


Ilustración 99. Inicio excavación

Durante la excavación, surgió un pequeño inconveniente, una pequeña arqueta de fibra óptica que se tuvo que desviar para poder colocar la entibación.



Ilustración 100. Colocación de la entibación



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Una vez se pudo colocar la entibación de manera que los operarios pudieran trabajar de la manera más segura posible, éstos procedieron a la inspección visual de la tubería.

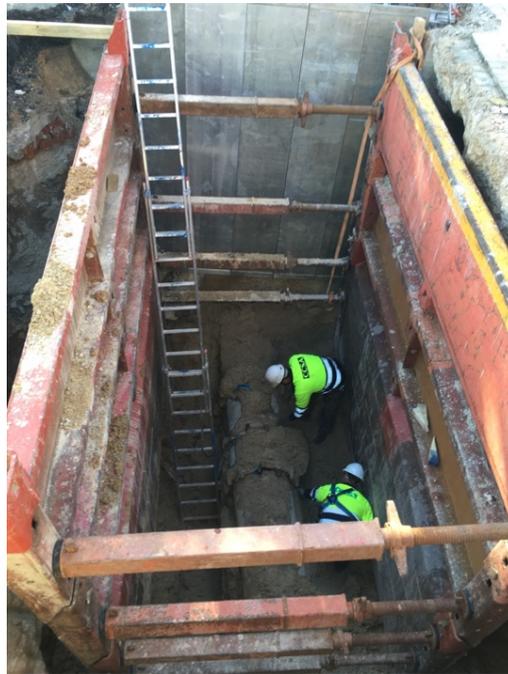


Ilustración 101. Operarios revisando la tubería

Mediante esta revisión se consiguió localizar la fuga.

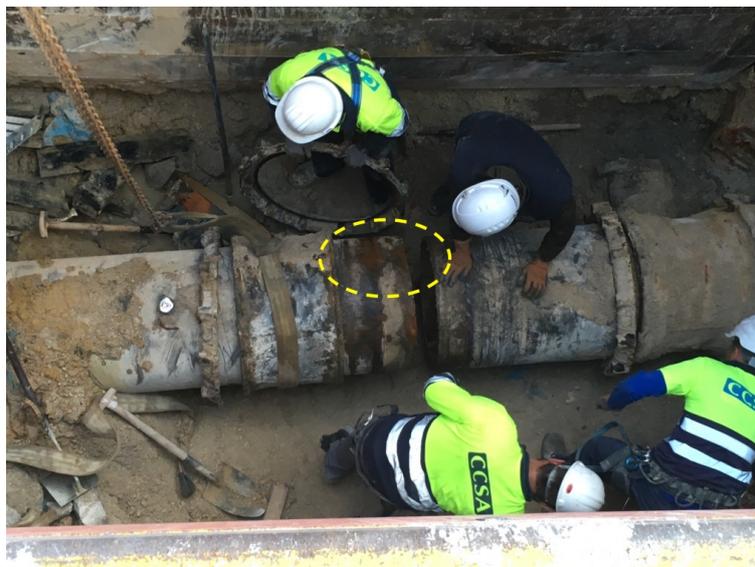


Ilustración 102. Localización de la fuga

Y se procedió a su reparación:



Ilustración 103. Retirada de los elementos de la tubería



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN
TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Ilustración 104. Reparación ya finalizada

Cuando se pone en carga la tubería y se controla que no existe pérdida de agua, se procede a realizar el relleno de la cala. En primer lugar, se realiza una “cama” de arena morterenga para que la tubería pueda asentar sobre ella y pueda transmitir los esfuerzos al terreno correctamente. Esta arena se humecta con agua para que asiente, ya que asienta debidamente cuando alcanza cierto grado de humedad.



Ilustración 105. Cama de arena morterenga



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



El siguiente día se dedica al tapado de la excavación. En primer lugar, se aporta arena morterenga hasta que se alcanza una cota de medio metro por debajo del nivel de la superficie. A partir de esa cota, se aporta a la cala zahorras artificiales.



Ilustración 106. Tapado de la cala con arena morterenga

Conforme se va rellenando la cala, se va desmontando la entibación que se había colocado para proteger a los operarios.



Ilustración 107. Retirada de la entibación



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Ilustración 108. Relleno con zahorras

Una vez la excavación estaba completamente rellena, se procede a recomponer el vial público tal y como estaba antes de la actuación para ello se colocan los bordillos, se rehace la arqueta de fibra óptica y se recompone la acera con su base de hormigón y su baldosa hidráulica. Además, se aprovecha para hacer una serie de trabajos en la arqueta adyacente a la fuga en la que se inserta la válvula de desagüe y se realiza una nueva losa para su cerramiento.



Ilustración 109. Recomposición de la obra



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Ilustración 110. Hormigonado de la acera



Ilustración 111. Recomposición de la acera



Ilustración 112. Asfaltado



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN
TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Ilustración 113. Resultado final



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN
TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



Anejo 2: RD 396/2006 Trabajos con amianto



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



BOE núm. 86

Martes 11 abril 2006

13961

Públicas, aprobado por el Real Decreto Legislativo 2/2000, de 16 de junio, en los siguientes términos:

«Haber contratado a personas respecto de las que se haya publicado en el Boletín Oficial del Estado el incumplimiento a que se refiere el artículo 18.6 de la Ley 5/2006, de regulación de los conflictos de intereses de los miembros del Gobierno y de los altos cargos de la Administración General del Estado, por haber pasado a prestar servicios en empresas o sociedades privadas directamente relacionadas con las competencias del cargo desempeñado durante los dos años siguientes a la fecha de cese en el mismo. La prohibición de contratar se mantendrá durante el tiempo que permanezca dentro de la organización de la empresa la persona contratada con el límite máximo de dos años a contar desde el cese como alto cargo.»

Disposición final tercera. *Entrada en vigor.*

La presente Ley entrará en vigor a los 20 días de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Por tanto,

Mando a todos los españoles, particulares y autoridades, que guarden y hagan guardar esta ley.

Madrid, 10 de abril de 2006.

JUAN CARLOS R.

El Presidente del Gobierno,
JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ ZAPATERO

MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA

6474 REAL DECRETO 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz.

Según el artículo 6 de la Ley citada en el párrafo anterior, son las normas reglamentarias las que deben ir concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas, estableciendo las medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre tales medidas se encuentran las destinadas a garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición al amianto durante el trabajo.

Asimismo, la seguridad y la salud de los trabajadores han sido objeto de diversos Convenios de la Organización Internacional del Trabajo ratificados por España y que, por tanto, forman parte de nuestro ordenamiento jurídico. Destaca, por su carácter general, el Convenio número 155, de 22 de junio de 1981, sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo, ratificado por España el 26 de julio de 1985 y, por su carácter específico, el Convenio número 162, de 24 de junio de 1986, sobre la utilización del asbesto, en condiciones de seguridad, ratificado por España el 17 de julio de 1990.

En el ámbito de la Unión Europea, el artículo 137 del Tratado constitutivo de la Comunidad Europea establece como objetivo la mejora, en concreto, del entorno de trabajo, para proteger la salud y seguridad de los trabajadores. Con esa base jurídica, la Unión Europea se ha ido dotando en los últimos años de un cuerpo normativo altamente avanzado que se dirige a garantizar un mejor nivel de protección de la salud y de seguridad de los trabajadores.

Ese cuerpo normativo está integrado por diversas directivas específicas. En el ámbito de la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al amianto durante el trabajo, fueron adoptadas, en concreto, dos directivas. La primera de ellas fue la Directiva 83/477/CEE, del Consejo, de 19 de septiembre de 1983, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al amianto durante el trabajo. Esta directiva se incorporó a nuestro ordenamiento jurídico interno mediante la Orden del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, de 31 de octubre de 1984, por la que se aprueba el Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto. Posteriormente fueron aprobadas una serie de normas como complemento a las disposiciones del reglamento. La primera fue la Orden del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, de 7 de enero de 1987, por la que se establecen normas complementarias del reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto. Posteriormente se aprobaron otras normas que regulaban y desarrollaban aspectos más concretos sobre esta materia: Resolución de la Dirección General de Trabajo, de 8 de septiembre de 1987, sobre tramitación de solicitudes de homologación de laboratorios especializados en la determinación de fibras de amianto; Orden del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, de 22 de diciembre de 1987, por la que se aprueba el modelo de libro registro de datos correspondientes al Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto; Resolución de la Dirección General de Trabajo, de 20 de febrero de 1989, por la que se regula la remisión de fichas de seguimiento ambiental y médico para el control de la exposición al amianto.

Nuevamente teniendo como origen el ámbito comunitario, la aprobación de la Directiva 91/382/CEE, de 25 de junio, modificativa de la Directiva 83/477/CEE, obligó a modificar las normas españolas. Ello se llevó a cabo mediante la Orden del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, de 26 de julio de 1993, por la que se modifican los artículos 2.º, 3.º y 13.º de la Orden de 31 de octubre de 1984 por la que se aprueba el Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto y el artículo 2.º de la Orden de 7 de enero de 1987 por la que se establecen normas complementarias al citado reglamento.

Actualmente, la aprobación de la Directiva 2003/18/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de marzo de 2003, que una vez más modifica a la Directiva 83/477/CEE, obliga a adaptar la legislación española en esta materia. Entre las diversas posibilidades de transposición de la citada directiva, se ha optado por la aprobación de una norma en la que, al tiempo que se efectúa esta adaptación de la normativa española a la comunitaria, se incorpore toda la dispersa regulación española sobre esta materia, evitando desarrollos o remisiones a regulaciones posteriores. Ello responde a la necesidad planteada desde todos los ámbitos implicados de dotar a la normativa española sobre el amianto de una regulación única, evitando la dispersión y complejidad actual, que se vería aumentada en caso de proceder a una nueva modificación del reglamento.

Junto a la exigencia comunitaria, no se puede olvidar la necesidad de actualizar el Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto. La Orden de 31 de octubre de 1984 fue una norma adelantada a su tiempo, que introducía en el ámbito de los trabajos con amianto conceptos preventivos desconocidos en nuestra normativa, entonces deno-



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



13962

Martes 11 abril 2006

BOE núm. 86

minada de seguridad e higiene: evaluación de riesgos, formación e información de los trabajadores, etc. Sin embargo, en los años transcurridos desde 1984, España se ha dotado de un marco jurídico sobre prevención equiparable al existente en los países de nuestro entorno europeo, y ello exige una actualización de las disposiciones sobre esta materia, adaptándolas a ese nuevo escenario.

Esta actualización tiene también su base en la Orden del Ministerio de la Presidencia, de 7 de diciembre de 2001, por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos, que estableció la prohibición de utilizar, producir y comercializar fibras de amianto y productos que las contengan.

El real decreto consta de diecinueve artículos, dos disposiciones adicionales, dos disposiciones transitorias, una disposición derogatoria, cuatro disposiciones finales y cinco anexos. Los artículos se agrupan en tres capítulos. En el primer capítulo se incluyen, como disposiciones de carácter general, el objeto, las definiciones y el ámbito de aplicación. En el capítulo segundo se han agrupado las obligaciones del empresario en cuestiones tales como: el límite de exposición y las prohibiciones en materia de amianto; la evaluación y control del ambiente de trabajo; las medidas técnicas generales de prevención y las medidas organizativas; condiciones de utilización de los equipos de protección individual de las vías respiratorias; las medidas de higiene personal y de protección individual; las disposiciones específicas para la realización de determinadas actividades; los planes de trabajo previos a las actividades con amianto y condiciones para su tramitación; las disposiciones relativas a la formación, información y consulta y participación de los trabajadores; y, por último, las obligaciones en materia de vigilancia de la salud de los trabajadores. Finalmente, en el tercer capítulo se han agrupado una serie de disposiciones de contenido variado, aunque dominadas por su carácter documental: inscripción en el Registro de empresas con riesgo por amianto; registro de los datos y archivo de la documentación; y tratamiento de datos generados al amparo del real decreto.

En la elaboración de este real decreto se ha consultado a las comunidades autónomas y a las organizaciones empresariales y sindicales más representativas y se ha oído a la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

En su virtud, a propuesta de los Ministros de Trabajo y Asuntos Sociales y de Sanidad y Consumo, con la aprobación previa del Ministro de Administraciones Públicas, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 31 de marzo de 2006,

DISPONGO:

CAPÍTULO I

Disposiciones generales

Artículo 1. *Objeto.*

1. Este real decreto tiene por objeto, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establecer disposiciones mínimas de seguridad y salud para la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición al amianto durante el trabajo, así como la prevención de tales riesgos.

2. Las disposiciones del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios

de Prevención, se aplicarán plenamente al conjunto del ámbito contemplado en el apartado anterior, sin perjuicio de las disposiciones más específicas contenidas en el real decreto.

3. Las disposiciones del Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, y del Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, se aplicarán plenamente al ámbito contemplado en el apartado 1 de este artículo, sin perjuicio de las disposiciones más rigurosas o específicas previstas en este real decreto.

Artículo 2. *Definiciones.*

A efectos de aplicación de este real decreto, el término amianto designa a los silicatos fibrosos siguientes, de acuerdo con la identificación admitida internacionalmente del registro de sustancias químicas del Chemical Abstract Service (CAS):

- Actinolita amianto, n.º 77536-66-4 del CAS,
- Grunerita amianto (amosita), n.º 12172-73-5 del CAS,
- Antofilita amianto, n.º 77536-67-5 del CAS,
- Crisotilo, n.º 12001-29-5 del CAS,
- Crocidolita, n.º 12001-28-4 del CAS, y
- Tremolita amianto, n.º 77536-68-6 del CAS.

Artículo 3. *Ámbito de aplicación.*

1. Este real decreto es aplicable a las operaciones y actividades en las que los trabajadores estén expuestos o sean susceptibles de estar expuestos a fibras de amianto o de materiales que lo contengan, y especialmente en:

- Trabajos de demolición de construcciones donde exista amianto o materiales que lo contengan.
- Trabajos de desmantelamiento de elementos, maquinaria o utillaje donde exista amianto o materiales que lo contengan.
- Trabajos y operaciones destinadas a la retirada de amianto, o de materiales que lo contengan, de equipos, unidades (tales como barcos, vehículos, trenes), instalaciones, estructuras o edificios.
- Trabajos de mantenimiento y reparación de los materiales con amianto existentes en equipos, unidades (tales como barcos, vehículos, trenes), instalaciones, estructuras o edificios.
- Trabajos de mantenimiento y reparación que impliquen riesgo de desprendimiento de fibras de amianto por la existencia y proximidad de materiales de amianto.
- Transporte, tratamiento y destrucción de residuos que contengan amianto.
- Vertederos autorizados para residuos de amianto.
- Todas aquellas otras actividades u operaciones en las que se manipulen materiales que contengan amianto, siempre que exista riesgo de liberación de fibras de amianto al ambiente de trabajo.

2. No obstante lo anterior, siempre que se trate de exposiciones esporádicas de los trabajadores, que la intensidad de dichas exposiciones sea baja y que los resultados de la evaluación prevista en el artículo 5 indiquen claramente que no se sobrepasará el valor límite de exposición al amianto en el área de la zona de trabajo, los artículos 11, 16, 17 y 18 no serán de aplicación cuando se trabaje:

- en actividades cortas y discontinuas de mantenimiento durante las cuales sólo se trabaje con materiales no friables,



- b) en la retirada sin deterioro de materiales no friables,
- c) en la encapsulación y en el sellado de materiales en buen estado que contengan amianto, siempre que estas operaciones no impliquen riesgo de liberación de fibras, y
- d) en la vigilancia y control del aire y en la toma de muestras para detectar la presencia de amianto en un material determinado.

CAPÍTULO II

Obligaciones del empresario

Artículo 4. *Límite de exposición y prohibiciones.*

1. Los empresarios deberán asegurarse de que ningún trabajador está expuesto a una concentración de amianto en el aire superior al valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED) de 0,1 fibras por centímetro cúbico medidas como una media ponderada en el tiempo para un período de ocho horas.

2. Sin perjuicio de la aplicación de otras disposiciones normativas relativas a la comercialización y a la utilización del amianto, se prohíben las actividades que exponen a los trabajadores a las fibras de amianto en la extracción del amianto, la fabricación y la transformación de productos de amianto o la fabricación y transformación de productos que contienen amianto añadido deliberadamente.

Se exceptúan de esta prohibición el tratamiento y desecho de los productos resultantes de la demolición y de la retirada del amianto.

Artículo 5. *Evaluación y control del ambiente de trabajo.*

1. Para todo tipo de actividad determinado que pueda presentar un riesgo de exposición al amianto o a materiales que lo contengan, la evaluación de riesgos a que hace referencia el artículo 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, debe incluir la medición de la concentración de fibras de amianto en el aire del lugar de trabajo y su comparación con el valor límite establecido en el artículo 4.1, de manera que se determine la naturaleza y el grado de exposición de los trabajadores.

Si el resultado de la evaluación pone de manifiesto la necesidad de modificar el procedimiento empleado para la realización de ese tipo de actividad, ya cambiando la forma de desarrollar el trabajo o ya adoptando medidas preventivas adicionales, deberá realizarse una nueva evaluación una vez que se haya implantado el nuevo procedimiento.

Cuando el resultado de la evaluación de riesgos a que se refiere este apartado lo hiciera necesario, y con vistas a garantizar que no se sobrepasa el valor límite establecido en el artículo 4, el empresario realizará controles periódicos de las condiciones de trabajo.

2. Las evaluaciones se repetirán periódicamente. En cualquier caso, siempre que se produzca un cambio de procedimiento, de las características de la actividad o, en general, una modificación sustancial de las condiciones de trabajo que pueda hacer variar la exposición de los trabajadores, será preceptiva la inmediata evaluación de los puestos de trabajo afectados.

3. La periodicidad de las evaluaciones de riesgos y controles de las condiciones de trabajo se determinará teniendo en cuenta, al menos, la información recibida de los trabajadores, y atendiendo especialmente a los factores que puedan originar un incremento de las exposiciones respecto a las inicialmente evaluadas.

4. Las evaluaciones de riesgos deberán efectuarse por personal cualificado para el desempeño de funciones de nivel superior y especialización en Higiene Industrial, conforme a lo establecido en el capítulo VI del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.

El procedimiento para la toma de muestras y el análisis (recuento de fibras) se ajustará a los requisitos establecidos en el anexo I.

A efectos de este real decreto, se entenderá por fibras de amianto o asbestos: aquellas partículas de esta materia en cualquiera de sus variedades, cuya longitud sea superior a 5 micrómetros, su diámetro inferior a 3 micrómetros y la relación longitud-diámetro superior a 3.

5. El análisis (recuento de fibras) de amianto sólo podrá realizarse por laboratorios especializados cuya idoneidad a tal fin sea reconocida formalmente por la autoridad laboral que corresponda al territorio de la comunidad autónoma donde se encuentre ubicado el laboratorio, con arreglo al procedimiento establecido en el anexo II.

Artículo 6. *Medidas técnicas generales de prevención.*

En todas las actividades a que se refiere el artículo 3.1, la exposición de los trabajadores a fibras procedentes del amianto o de materiales que lo contengan en el lugar de trabajo debe quedar reducida al mínimo y, en cualquier caso, por debajo del valor límite fijado en el artículo 4.1, especialmente mediante la aplicación de las siguientes medidas:

a) Los procedimientos de trabajo deberán concebirse de tal forma que no produzcan fibras de amianto o, si ello resultara imposible, que no haya dispersión de fibras de amianto en el aire.

b) Las fibras de amianto producidas se eliminarán, en las proximidades del foco emisor, preferentemente mediante su captación por sistemas de extracción, en condiciones que no supongan un riesgo para la salud pública y el medio ambiente.

c) Todos los locales y equipos utilizados deberán estar en condiciones de poderse limpiar y mantener eficazmente y con regularidad.

d) El amianto o los materiales de los que se desprendan fibras de amianto o que contengan amianto deberán ser almacenados y transportados en embalajes cerrados apropiados y con etiquetas reglamentarias que indiquen que contienen amianto.

e) Los residuos, excepto en las actividades de minería que se regirán por lo dispuesto en su normativa específica, deberán agruparse y transportarse fuera del lugar de trabajo lo antes posible en embalajes cerrados apropiados y con etiquetas que indiquen que contienen amianto. Posteriormente, esos desechos deberán ser tratados con arreglo a la normativa aplicable sobre residuos peligrosos.

Artículo 7. *Medidas organizativas.*

El empresario, en todas las actividades a que se refiere el artículo 3.1, deberá adoptar las medidas necesarias para que:

a) El número de trabajadores expuestos o que puedan estar expuestos a fibras de amianto o de materiales que lo contengan sea el mínimo indispensable.

b) Los trabajadores con riesgo de exposición a amianto no realicen horas extraordinarias ni trabajen por sistema de incentivos en el supuesto de que su actividad laboral exija sobreesfuerzos físicos, posturas forzadas o se realice en ambientes calurosos determinantes de una variación de volumen de aire inspirado.

c) Cuando se sobrepase el valor límite fijado en el artículo 4, se identifiquen las causas y se tomen lo antes



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



13964

Martes 11 abril 2006

BOE núm. 86

posible las medidas adecuadas para remediar la situación.

No podrá proseguirse el trabajo en la zona afectada si no se toman medidas adecuadas para la protección de los trabajadores implicados.

Posteriormente, se comprobará la eficacia de dichas medidas mediante una nueva evaluación del riesgo.

d) Los lugares donde dichas actividades se realicen:

1.º estén claramente delimitados y señalizados por paneles y señales, de conformidad con la normativa en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo,

2.º no puedan ser accesibles a otras personas que no sean aquellas que, por razón de su trabajo o de su función, deban operar o actuar en ellos,

3.º sean objeto de la prohibición de beber, comer y fumar.

Artículo 8. Equipos de protección individual de las vías respiratorias.

1. Cuando la aplicación de las medidas de prevención y de protección colectiva, de carácter técnico u organizativo, resulte insuficiente para garantizar que no se sobrepase el valor límite establecido en el artículo 4.1, deberán utilizarse equipos de protección individual para la protección de las vías respiratorias, de conformidad con lo dispuesto en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

No obstante lo anterior, aun cuando no se sobrepase el indicado valor límite, el empresario pondrá dichos equipos a disposición de aquel trabajador que así lo solicite expresamente.

2. La utilización de los equipos de protección individual de las vías respiratorias no podrá ser permanente y su tiempo de utilización, para cada trabajador, deberá limitarse al mínimo estrictamente necesario sin que en ningún caso puedan superarse las 4 horas diarias. Durante los trabajos realizados con un equipo de protección individual de las vías respiratorias se deberán prever las pausas pertinentes en función de la carga física y condiciones climatológicas.

Artículo 9. Medidas de higiene personal y de protección individual.

1. El empresario, en todas las actividades a que se refiere el artículo 3.1, deberá adoptar las medidas necesarias para que:

a) los trabajadores dispongan de instalaciones sanitarias apropiadas y adecuadas;

b) los trabajadores dispongan de ropa de protección apropiada o de otro tipo de ropa especial adecuada, facilitada por el empresario; dicha ropa será de uso obligatorio durante el tiempo de permanencia en las zonas en que exista exposición al amianto y necesariamente sustituida por la ropa de calle antes de abandonar el centro de trabajo;

c) los trabajadores dispongan de instalaciones o lugares para guardar de manera separada la ropa de trabajo o de protección y la ropa de calle;

d) se disponga de un lugar determinado para el almacenamiento adecuado de los equipos de protección y se verifique que se limpien y se compruebe su buen funcionamiento, si fuera posible con anterioridad y, en todo caso, después de cada utilización, reparando o sustituyendo los equipos defectuosos antes de un nuevo uso;

e) los trabajadores con riesgo de exposición a amianto dispongan para su aseo personal, dentro de la

jornada laboral, de, al menos, diez minutos antes de la comida y otros diez minutos antes de abandonar el trabajo.

2. El empresario se responsabilizará del lavado y descontaminación de la ropa de trabajo, quedando prohibido que los trabajadores se lleven dicha ropa a su domicilio para tal fin. Cuando contratase tales operaciones con empresas especializadas, estará obligado a asegurarse de que la ropa se envía en recipientes cerrados y etiquetados con las advertencias precisas

3. De acuerdo con el artículo 14.5 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, el coste de las medidas relativas a la seguridad y la salud en el trabajo establecidas por este real decreto no podrá recaer en modo alguno sobre los trabajadores.

Artículo 10. Disposiciones específicas para determinadas actividades.

1. Para determinadas actividades, como obras de demolición, de retirada de amianto, de reparación y de mantenimiento, en las que puede preverse la posibilidad de que se sobrepase el valor límite fijado en el artículo 4, a pesar de utilizarse medidas técnicas preventivas tendientes a limitar el contenido de amianto en el aire, el empresario establecerá las medidas destinadas a garantizar la protección de los trabajadores durante dichas actividades, y en particular las siguientes:

a) los trabajadores recibirán un equipo de protección individual de las vías respiratorias apropiado y los demás equipos de protección individual que sean necesarios, velando el empresario por el uso efectivo de los mismos;

b) se instalarán paneles de advertencia para indicar que es posible que se sobrepase el valor límite fijado en el artículo 4;

c) deberá evitarse la dispersión de polvo procedente del amianto o de materiales que lo contengan fuera de los locales o lugares de acción.

d) la correcta aplicación de los procedimientos de trabajo y de las medidas preventivas previstas deberá supervisarse por una persona que cuente con los conocimientos, la cualificación y la experiencia necesarios en estas actividades y con la formación preventiva correspondiente como mínimo a las funciones del nivel básico.

2. Antes del comienzo de obras de demolición o mantenimiento, los empresarios deberán adoptar –si es necesario, recabando información de los propietarios de los locales– todas las medidas adecuadas para identificar los materiales que puedan contener amianto. Si existe la menor duda sobre la presencia de amianto en un material o una construcción, deberán observarse las disposiciones de este real decreto que resulten de aplicación.

A estos efectos, la identificación deberá quedar reflejada en el estudio de seguridad y salud, o en el estudio básico de seguridad y salud, a que se refiere el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, o en su caso en la evaluación de riesgos en aquellas obras en las que reglamentariamente no sea exigible la elaboración de dichos estudios.

Artículo 11. Planes de trabajo.

1. Antes del comienzo de cada trabajo con riesgo de exposición al amianto incluido en el ámbito de aplicación de este real decreto, el empresario deberá elaborar un plan de trabajo.



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



BOE núm. 86

Martes 11 abril 2006

13965

Dicho plan deberá prever, en particular, lo siguiente:

- a) que el amianto o los materiales que lo contengan sean eliminados antes de aplicar las técnicas de demolición, salvo en el caso de que dicha eliminación cause un riesgo aún mayor a los trabajadores que si el amianto o los materiales que contengan amianto se dejaran in situ;
- b) que, una vez que se hayan terminado las obras de demolición o de retirada del amianto, será necesario asegurarse de que no existen riesgos debidos a la exposición al amianto en el lugar de trabajo.

2. El plan de trabajo deberá prever las medidas que, de acuerdo con lo previsto en este real decreto, sean necesarias para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores que vayan a llevar a cabo estas operaciones.

El plan deberá especificar:

- a) Descripción del trabajo a realizar con especificación del tipo de actividad que corresponda: demolición, retirada, mantenimiento o reparación, trabajos con residuos, etc.
- b) Tipo de material a intervenir indicando si es friable (amianto proyectado, calorifugados, paneles aislantes, etc.) o no friable (fibrocemento, amianto-vinilo, etc.), y en su caso la forma de presentación del mismo en la obra, indicando las cantidades que se manipularán de amianto o de materiales que lo contengan.
- c) Ubicación del lugar en el que se habrán de efectuar los trabajos.
- d) La fecha de inicio y la duración prevista del trabajo.
- e) Relación nominal de los trabajadores implicados directamente en el trabajo o en contacto con el material conteniendo amianto, así como categorías profesionales, oficios, formación y experiencia de dichos trabajadores en los trabajos especificados.
- f) Procedimientos que se aplicarán y las particularidades que se requieran para la adecuación de dichos procedimientos al trabajo concreto a realizar.
- g) Las medidas preventivas contempladas para limitar la generación y dispersión de fibras de amianto en el ambiente y las medidas adoptadas para limitar la exposición de los trabajadores al amianto.
- h) Los equipos utilizados para la protección de los trabajadores, especificando las características y el número de las unidades de descontaminación y el tipo y modo de uso de los equipos de protección individual.
- i) Medidas adoptadas para evitar la exposición de otras personas que se encuentren en el lugar donde se efectúe el trabajo y en su proximidad.
- j) Las medidas destinadas a informar a los trabajadores sobre los riesgos a los que están expuestos y las precauciones que deban tomar.
- k) Las medidas para la eliminación de los residuos de acuerdo con la legislación vigente indicando empresa gestora y vertedero.
- l) Recursos preventivos de la empresa indicando, en caso de que éstos sean ajenos, las actividades concertadas.
- m) Procedimiento establecido para la evaluación y control del ambiente de trabajo de acuerdo con lo previsto en este real decreto.

3. No obstante lo previsto en los apartados anteriores, los planes de trabajo sucesivos podrán remitirse a lo señalado en los planes anteriormente presentados ante la misma autoridad laboral, respecto de aquellos datos que se mantengan inalterados.

4. Cuando se trate de operaciones de corta duración con presentación irregular o no programables con antelación, especialmente en los casos de mantenimiento y reparación, el empresario podrá sustituir la presentación de un plan por cada trabajo por un plan único, de carácter general, referido al conjunto de estas actividades, en el

que se contengan las especificaciones a tener en cuenta en el desarrollo de las mismas. No obstante, dicho plan deberá ser actualizado si cambian significativamente las condiciones de ejecución.

5. Los empresarios que contraten o subcontraten con otros la realización de los trabajos comprendidos en el ámbito de este real decreto deberán comprobar que dichos contratistas o subcontratistas cuentan con el correspondiente plan de trabajo. A tales efectos, la empresa contratista o subcontratista deberá remitir a la empresa principal del plan de trabajo, una vez aprobado por la autoridad laboral.

6. Para la elaboración del plan de trabajo deberán ser consultados los representantes de los trabajadores.

Artículo 12. Tramitación de planes de trabajo.

1. El plan de trabajo se presentará para su aprobación ante la autoridad laboral correspondiente al lugar de trabajo en el que vayan a realizarse tales actividades. Cuando este lugar de trabajo pertenezca a una comunidad autónoma diferente a aquella en que se haya realizado la inscripción en el Registro de empresas con riesgo por amianto, el empresario deberá presentar, junto con el plan de trabajo, una copia de la ficha de inscripción en dicho Registro.

El plan de trabajo a que se refiere el apartado 4 del artículo anterior se someterá a la aprobación de la autoridad laboral correspondiente al territorio de la comunidad autónoma donde radiquen las instalaciones principales de la empresa que lo ejecute.

2. El plazo para resolver y notificar la resolución será de cuarenta y cinco días, a contar desde la fecha en que la solicitud haya tenido entrada en el registro de la autoridad laboral competente; si, transcurrido dicho plazo, no se hubiera notificado pronunciamiento expreso, el plan de trabajo se entenderá aprobado.

En la tramitación del expediente deberá recabarse el informe de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social y de los órganos técnicos en materia preventiva de las correspondientes comunidades autónomas.

3. Cuando la autoridad laboral que apruebe un plan de trabajo sea diferente de la del territorio donde la empresa se encuentra registrada, remitirá copia de la resolución aprobatoria del plan a la autoridad laboral del lugar donde figure registrada.

4. En lo no previsto en este real decreto será de aplicación lo establecido en la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

Artículo 13. Formación de los trabajadores.

1. De conformidad con el artículo 19 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, el empresario deberá garantizar una formación apropiada para todos los trabajadores que estén, o puedan estar, expuestos a polvo que contenga amianto. Esta formación no tendrá coste alguno para los trabajadores y deberá impartirse antes de que inicien sus actividades u operaciones con amianto y cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñen o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo, repitiéndose, en todo caso, a intervalos regulares.

2. El contenido de la formación deberá ser fácilmente comprensible para los trabajadores. Deberá permitirles adquirir los conocimientos y competencias necesarios en materia de prevención y de seguridad, en particular en relación con:

- a) las propiedades del amianto y sus efectos sobre la salud, incluido el efecto sinérgico del tabaquismo;
- b) los tipos de productos o materiales que puedan contener amianto;



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



13966

Martes 11 abril 2006

BOE núm. 86

c) las operaciones que puedan implicar una exposición al amianto y la importancia de los medios de prevención para minimizar la exposición;

d) las prácticas profesionales seguras, los controles y los equipos de protección;

e) la función, elección, selección, uso apropiado y limitaciones de los equipos respiratorios;

f) en su caso, según el tipo de equipo utilizado, las formas y métodos de comprobación del funcionamiento de los equipos respiratorios;

g) los procedimientos de emergencia;

h) los procedimientos de descontaminación;

i) la eliminación de residuos;

j) las exigencias en materia de vigilancia de la salud.

Artículo 14. Información de los trabajadores.

1. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 18.1 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, el empresario, en todas las actividades a que se refiere el artículo 3.1, deberá adoptar las medidas necesarias para que los trabajadores y sus representantes reciban información detallada y suficiente sobre:

a) los riesgos potenciales para la salud debidos a una exposición al polvo procedente del amianto o de materiales que lo contengan;

b) las disposiciones contenidas en el presente real decreto y, en particular, las relativas a las prohibiciones y a la evaluación y control del ambiente de trabajo;

c) las medidas de higiene que deben ser adoptadas por los trabajadores, así como los medios que el empresario debe facilitar a tal fin;

d) los peligros especialmente graves del hábito de fumar, dada su acción potenciadora y sinérgica con la inhalación de fibras de amianto;

e) la utilización y obligatoriedad, en su caso, de la utilización de los equipos de protección individual y de la ropa de protección y el correcto empleo y conservación de los mismos;

f) cualquier otra información sobre precauciones especiales dirigidas a reducir al mínimo la exposición al amianto.

2. Además de las medidas a que se refiere el apartado 1, el empresario informará a los trabajadores y a sus representantes sobre:

a) los resultados obtenidos en las evaluaciones y controles del ambiente de trabajo efectuados y el significado y alcance de los mismos;

b) los resultados no nominativos de la vigilancia sanitaria específica frente a este riesgo.

Además, cada trabajador será informado individualmente de los resultados de las evaluaciones ambientales de su puesto de trabajo y de los datos de su vigilancia sanitaria específica, facilitándole cuantas explicaciones sean necesarias para su fácil comprensión.

3. Si se superase el valor límite fijado en el artículo 4, los trabajadores afectados, así como sus representantes en la empresa o centro de trabajo, serán informados lo más rápidamente posible de ello y de las causas que lo han motivado, y serán consultados sobre las medidas que se van a adoptar o, en caso de urgencia, sobre las medidas adoptadas.

4. Se aconsejará e informará a los trabajadores en lo relativo a cualquier control médico que sea pertinente efectuar con posterioridad al cese de la exposición. En particular, sobre la aplicación a dichos trabajadores de lo establecido en el artículo 37.3.e) del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, en materia de vigilancia de la salud más allá de la finalización de la relación laboral.

5. El trabajador tendrá derecho a solicitar y obtener los datos que sobre su persona obren en los registros y

archivos que los empresarios tengan establecidos en virtud de lo previsto en el presente real decreto. En todo caso, el empresario, con ocasión de la extinción del contrato de trabajo, al comunicar a los trabajadores la denuncia o, en su caso, el preaviso de la extinción del mismo, deberá entregar al trabajador certificado donde se incluyan los datos que sobre su persona consten en el apartado 3, referido a los datos de las evaluaciones, del anexo IV, y en el anexo V de este real decreto.

6. Los delegados de prevención o, en su defecto, los representantes legales de los trabajadores recibirán una copia de los planes de trabajo a que se refiere el artículo 11 de este real decreto.

Artículo 15. Consulta y participación de los trabajadores.

La consulta y participación de los trabajadores o sus representantes sobre las cuestiones a que se refiere este real decreto se realizarán de conformidad con lo dispuesto en el artículo 18.2 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre.

Artículo 16. Vigilancia de la salud de los trabajadores.

1. El empresario garantizará una vigilancia adecuada y específica de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos por exposición a amianto, realizada por personal sanitario competente, según determinen las autoridades sanitarias en las pautas y protocolos elaborados, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 37.3 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. Dicha vigilancia será obligatoria en los siguientes supuestos:

a) Antes del inicio de los trabajos incluidos en el ámbito de aplicación del presente real decreto con objeto de determinar, desde el punto de vista médico-laboral, su aptitud específica para trabajos con riesgo por amianto.

b) Periódicamente, todo trabajador que esté o haya estado expuesto a amianto en la empresa, se someterá a reconocimientos médicos con la periodicidad determinada por las pautas y protocolos a que se refiere el apartado 1.

2. Todo trabajador con historia médico-laboral de exposición al amianto será separado del trabajo con riesgo y remitido a estudio al centro de atención especializada correspondiente, a efectos de posible confirmación diagnóstica, y siempre que en la vigilancia sanitaria específica se ponga de manifiesto alguno de los signos o síntomas determinados en las pautas y protocolos a que se refiere el apartado 1.

3. Habida cuenta del largo período de latencia de las manifestaciones patológicas por amianto, todo trabajador con antecedentes de exposición al amianto que cese en la relación de trabajo en la empresa en que se produjo la situación de exposición, ya sea por jubilación, cambio de empresa o cualquier otra causa, seguirá sometido a control médico preventivo, mediante reconocimientos periódicos realizados, a través del Sistema Nacional de Salud, en servicios de neumología que dispongan de medios adecuados de exploración funcional respiratoria u otros Servicios relacionados con la patología por amianto.

CAPÍTULO III

Disposiciones varias

Artículo 17. Obligación de inscripción en el Registro de empresas con riesgo por amianto.

1. Todas las empresas que vayan a realizar actividades u operaciones incluidas en el ámbito de aplicación de este real decreto deberán inscribirse en el Registro de empresas con riesgo por amianto existente en los órganos correspondientes de la autoridad laboral del territorio



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



BOE núm. 86

Martes 11 abril 2006

13967

donde radiquen sus instalaciones principales, mediante la cumplimentación de la ficha recogida en el anexo III.

Los órganos a los que se refiere el párrafo anterior enviarán copia de todo asiento practicado en sus respectivos registros al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, donde existirá un Censo de empresas con riesgo por amianto.

Los registros de las Administraciones competentes en la materia estarán intercomunicados para poder disponer de toda la información que contienen.

2. Las empresas inscritas en el Registro de empresas con riesgo por amianto deberán comunicar a la autoridad laboral a la que se refiere el párrafo primero del apartado anterior toda variación de los datos anteriormente declarados, en el plazo de quince días desde aquél en que tales cambios se produzcan.

Artículo 18. Registros de datos y archivo de documentación.

1. Sin perjuicio de lo establecido en el artículo 23 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, las empresas comprendidas en el ámbito de aplicación del presente real decreto están obligadas a establecer y mantener actualizados los archivos de documentación relativos a:

- Ficha de inscripción presentada en el Registro de empresas con riesgo por amianto (RERA).
- Planes de trabajo aprobados.
- Fichas para el registro de datos de la evaluación de la exposición en los trabajos con amianto, de conformidad con lo dispuesto en el anexo IV.
- Fichas para el registro de datos sobre la vigilancia sanitaria específica de los trabajadores, de conformidad con lo dispuesto en el anexo V.

2. Las fichas para el registro de los datos de evaluación de la exposición en los trabajos con amianto deberán remitirse, una vez ejecutados los trabajos afectados por el plan, a la autoridad laboral que lo haya aprobado. Dicha autoridad laboral, a su vez, remitirá copia de esta información a la autoridad laboral del lugar donde la empresa esté registrada.

En el caso de los planes de trabajo únicos a que se refiere el artículo 11.4, las fichas para el registro de los datos de evaluación de la exposición deberán remitirse, antes del final de cada año, a la autoridad laboral del lugar donde la empresa esté registrada.

3. Las fichas para el registro de datos sobre la vigilancia sanitaria específica de los trabajadores deberán ser remitidas por el médico responsable de la vigilancia sanitaria, antes del final de cada año, a la autoridad sanitaria del lugar donde la empresa esté registrada.

4. Los datos relativos a la evaluación y control ambiental, los datos de exposición de los trabajadores y los datos referidos a la vigilancia sanitaria específica de los trabajadores se conservarán durante un mínimo de cuarenta años después de finalizada la exposición, remitiéndose a la autoridad laboral en caso de que la empresa cese en su actividad antes de dicho plazo.

Los historiales médicos serán remitidos por la autoridad laboral a la sanitaria, quien los conservará, garantizándose en todo caso la confidencialidad de la información en ellos contenida. En ningún caso la autoridad laboral conservará copia de los citados historiales.

Artículo 19. Tratamiento de datos.

El tratamiento automatizado de los datos registrados o almacenados en virtud de lo previsto en este real decreto sólo podrá realizarse en los términos contemplados en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.

Disposición adicional primera. Transmisión de información al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Para el adecuado cumplimiento de las funciones que el artículo 8 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, atribuye al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, las autoridades laborales remitirán al citado Instituto copia de las resoluciones de autorización de los planes de trabajo, así como toda la información relativa al anexo III y al anexo IV de las empresas registradas en su territorio.

Disposición adicional segunda. Elaboración y actualización de la Guía Técnica.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5.3 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, elaborará y mantendrá actualizada una Guía técnica, de carácter no vinculante, para la evaluación de los riesgos relacionados con la exposición a amianto durante el trabajo. En dicha Guía se establecerán, en concreto, orientaciones prácticas para la determinación de la exposición esporádica y de baja intensidad contemplada en el artículo 3.2 de este real decreto, así como criterios armonizados de actuación para la aprobación de los planes de trabajo contemplados en el artículo 11.

Disposición transitoria primera. Datos archivados antes de la entrada en vigor de este real decreto.

Los datos registrados y la documentación archivada en virtud de lo previsto en la Orden del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, de 31 de octubre de 1984, por la que se aprueba el Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto, deberán conservarse en los términos establecidos en dicha normativa.

Disposición transitoria segunda. Empresas inscritas en el RERA en el momento de entrada en vigor de este real decreto.

Los Registros de empresas con riesgo por amianto actualmente existentes en los órganos competentes de las autoridades laborales subsistirán y los datos inscritos en los mismos conservarán su validez, sin perjuicio de lo dispuesto en el párrafo siguiente, por lo que las empresas que figuren inscritas en dichos registros en la fecha de entrada en vigor de este real decreto no tendrán que cumplimentar nueva ficha de inscripción.

Las empresas que en la fecha de entrada en vigor de este real decreto estuviesen inscritas en los Registros de empresas con riesgo por amianto de varias comunidades autónomas, mantendrán como única inscripción la del registro de aquella comunidad autónoma en la que radiquen sus instalaciones principales; a estos efectos, dichas empresas procederán a solicitar su baja en los registros del resto de las comunidades autónomas en que estuviesen inscritas.

No obstante lo anterior, las empresas vendrán obligadas a facilitar a las autoridades laboral y sanitaria los datos que éstas requieran con objeto de completar los antecedentes obrantes en los registros existentes.

Disposición derogatoria única. Alcance de la derogación normativa.

Quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo dispuesto en este real decreto y expresamente las siguientes:

- Orden del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, de 31 de octubre de 1984, por la que se aprueba el Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto.



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



13968

Martes 11 abril 2006

BOE núm. 86

b) Orden del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, de 7 de enero de 1987, por la que se establecen normas complementarias del Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto.

c) Resolución de la Dirección General de Trabajo, de 8 de septiembre de 1987, sobre tramitación de solicitudes de homologación de laboratorios especializados en la determinación de fibras de amianto.

d) Orden del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, de 22 de diciembre de 1987, por la que se aprueba el modelo de libro registro de datos correspondientes al Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto.

e) Resolución de la Dirección General de Trabajo, de 20 de febrero de 1989, por la que se regula la remisión de fichas de seguimiento ambiental y médico para el control de exposición al amianto.

f) Orden del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, de 26 de julio de 1993, por la que se modifican los artículos 2.º, 3.º y 13.º de la Orden de 31 de octubre de 1984 por la que se aprueba el Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto y el artículo 2.º de la Orden de 7 de enero de 1987 por la que se establecen normas complementarias al citado Reglamento.

Disposición final primera. *Título competencial.*

Este real decreto se dicta al amparo de lo dispuesto en el artículo 149.1.7.º de la Constitución, que atribuye al Estado la competencia exclusiva en materia de legislación laboral, así como de lo dispuesto en el artículo 149.1.18.º

Disposición final segunda. *Incorporación de derecho de la Unión Europea.*

Mediante este real decreto se incorpora al derecho español la Directiva 2003/18/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de marzo de 2003, por la que se modifica la Directiva 83/477/CEE, del Consejo, de 19 de septiembre de 1983, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al amianto durante el trabajo.

Disposición final tercera. *Facultades de aplicación y desarrollo.*

Se autoriza al Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales, previo informe favorable del Ministro de Sanidad y Consumo, y previo informe de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, a dictar cuantas disposiciones sean necesarias para la aplicación y desarrollo de este real decreto, así como para las adaptaciones de carácter estrictamente técnico de sus anexos en función del progreso técnico y de la evolución de normativas o especificaciones internacionales o de los conocimientos en materia de amianto.

Disposición final cuarta. *Entrada en vigor.*

El presente Real Decreto entrará en vigor a los seis meses de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Madrid, el 31 de marzo de 2006.

JUAN CARLOS R.

La Vicepresidenta Primera del Gobierno
y Ministra de la Presidencia,
MARÍA TERESA FERNÁNDEZ DE LA VEGA SANZ

ANEXO I

Requisitos para la toma de muestras y el análisis (recuento de fibras)

1. La medición incluirá la toma de muestras representativas de la exposición personal de los trabajadores a las fibras de amianto y el posterior análisis de las mismas.

Las muestras ambientales estáticas, no personales, sólo serán procedentes para detectar la presencia de fibras de amianto en el aire en las situaciones tales como:

- en el ambiente de lugares de trabajo en los que existan o se sospeche que puedan existir materiales de amianto;
- en el exterior de los encerramientos en los que se efectúen trabajos con amianto, o en el interior de las unidades de descontaminación;
- después de realizar trabajos con amianto, para asegurar que el lugar de trabajo y su entorno no han quedado contaminados y no existen riesgos debidos a la exposición al amianto.

2. La estrategia de la medición incluyendo el número de muestras, la duración y la oportunidad de la medición, deberá ser tal que sea posible determinar una exposición representativa para un período de referencia de ocho horas (un turno) mediante mediciones o cálculos ponderados en el tiempo. A tal efecto se tendrá en cuenta lo dispuesto en el artículo 16 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en el Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los Agentes Químicos durante el trabajo y en la Guía Técnica del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos (Real Decreto 374/2001, de 6 de abril).

3. La toma de muestras y el análisis (recuento de fibras) se realizará preferentemente por el procedimiento descrito en el método MTA/MA-051 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, «Determinación de fibras de amianto y otras fibras en aire. Método del filtro de membrana/microscopía óptica de contraste de fases», según el método recomendado por la Organización Mundial de la Salud en 1997, o por cualquier otro método que dé resultados equivalentes.

ANEXO II

Reconocimiento de la capacidad técnica de los laboratorios especializados en el análisis (recuento) de fibras de amianto

El reconocimiento formal de la idoneidad de los laboratorios será objetivado y fundado sobre su capacidad técnica, efectuándose de acuerdo con criterios predeterminados y conocidos por los interesados, proporcionándose de esta manera las garantías necesarias tanto para la posición de tales interesados, como para la adopción de resoluciones adecuadamente justificadas.

Con el fin de hacer conocidas las condiciones básicas que serán tenidas en cuenta a la hora de emitir un juicio sobre tal idoneidad, y los trámites administrativos que de manera uniforme se seguirán en el procedimiento necesario para ello, se dispone lo siguiente:

1. El laboratorio que desee obtener la acreditación como laboratorio especializado en el análisis (recuento) de fibras de amianto deberá cumplir los siguientes requisitos:



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN
TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



BOE núm. 86

Martes 11 abril 2006

13969

1.1 Disponer con carácter permanente de las instalaciones, equipos, medios materiales y personal adecuados para los análisis (recuentos) de fibras de amianto, de acuerdo con lo especificado a este respecto en el método del INSHT «Determinación de fibras de amianto y otras fibras en aire» (MTA/MA-051), elaborado de acuerdo al método recomendado por la OMS.

1.2 Tener establecido un sistema de gestión de la calidad para los análisis (recuentos) de fibras de amianto. Este sistema tendrá en cuenta los principios generales sobre calidad en las mediciones de agentes químicos que se especifican en el Apéndice 6 de la Guía Técnica del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con Agentes Químicos (Real Decreto 374/2001, de 6 de abril). A este respecto se deberá cumplir lo que se indica en los párrafos 8.3.3.3 y 8.3.4 del protocolo de acreditación.

1.3 Participar de forma continuada y ser clasificado como satisfactorio en el Programa Interlaboratorios de Control de Calidad para el recuento de Fibras de Amianto (PICC-FA) del INSHT.

2. A solicitud de acreditación se efectuará mediante instancia dirigida a la autoridad laboral competente, e irá acompañada de los datos y documentos que se indican y detallan en los párrafos 1 y 2 del protocolo de acreditación recogido en el apartado 8.

3. Recibida la solicitud, la autoridad laboral recabará informe del INSHT y cuantos otros considere necesarios para resolver fundadamente.

4. A fin de emitir su informe, el INSHT realizará la verificación de los datos presentados en la solicitud y practicará los correspondientes controles de acuerdo con lo indicado en el protocolo de acreditación que se detalla en el apartado 8 del presente anexo. Para ello, el INSHT tendrá libre acceso a las instalaciones, documentos, registros y archivos de muestras y resultados del laboratorio. Además, el INSHT podrá hacer uso de los datos de la participación y clasificación del laboratorio en el PICC-FA.

5. La autoridad laboral, a la vista de los informes recibidos, dictará resolución concediendo o denegando la acreditación solicitada.

La resolución que conceda la acreditación se entenderá otorgada con carácter indefinido, tendrá validez en todo el territorio nacional y surtirá efectos al día siguiente de su publicación en el Boletín Oficial del Estado.

6. El laboratorio deberá mantener las condiciones en que se basó su acreditación. Con este fin, el INSHT verificará el mantenimiento de estos requisitos en la forma establecida en el protocolo de acreditación.

Si como resultado de las comprobaciones efectuadas, directamente o a través de las comunicaciones señaladas en el apartado anterior, la autoridad laboral que concedió la acreditación tuviera constancia del incumplimiento de requisitos que determinaron aquélla, dictará resolución de extinción de la acreditación otorgada.

7. En lo no previsto en el presente anexo será de aplicación la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

8. Protocolo para la acreditación de laboratorios especializados en el análisis (recuento) de fibras de amianto.

8.1 Las solicitudes deberán indicar los siguientes datos:

Denominación del laboratorio:
Naturaleza jurídica:
N.º de identificación fiscal:
N.º patronal de la Seguridad Social:

Dirección:
Teléfono/Fax/e-mail:
Nombre del solicitante:
Puesto o cargo que desempeña:
Fecha desde la que el laboratorio realiza recuentos de fibras de amianto:
Fecha de inscripción en el PICC-FA:
Fecha y clasificación del laboratorio en la última evaluación de resultados del PICC-FA:

8.2 Esta solicitud irá acompañada de los siguientes documentos:

- Plano del laboratorio.
- Organización interna (indicar en forma de organigrama las relaciones y dependencias del personal).
- Hojas de datos del personal del laboratorio conteniendo la información siguiente:

Nombre:
Titulación:
Cargo:
Experiencia (años):
Formación para el análisis (recuento) de fibras:
Otros datos que considere de interés:

(se rellenará una hoja de datos por cada una de las personas relacionadas con el recuento incluyendo al responsable del laboratorio).

d) Memoria descriptiva de las instalaciones, equipos y aparatos utilizados para el análisis de fibras, con indicación de sus características esenciales.

e) Relación de documentos que componen el sistema de gestión de calidad para el recuento de fibras de amianto.

f) Procedimientos internos del laboratorio para el control de calidad.

8.3 Visita de inspección.

8.3.1 Los laboratorios que hayan solicitado el reconocimiento de su capacidad técnica serán objeto de una visita de inspección realizada por técnicos del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, especialistas en la determinación de fibras de amianto en aire.

8.3.2 La fecha para la visita de inspección se concertará por escrito entre el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo y el laboratorio solicitante, a partir de la fecha de recepción por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo del expediente de solicitud completo, incluyendo los datos e información complementaria que se considere necesario recabar antes de proceder a la realización de la visita, y dentro de los tres meses siguientes a esta fecha.

8.3.3 Objeto de la visita. La visita de inspección estará enfocada a la comprobación de todos los datos presentados por el laboratorio solicitante, especialmente en cuanto a la disponibilidad y adecuación de los medios técnicos y humanos y documentos del sistema de calidad para la realización de los recuentos de fibras, y, en especial, de los procedimientos para el aseguramiento de la calidad de los resultados y el mantenimiento de registros y archivos de muestras y resultados.

8.3.3.1 Recursos técnicos de los laboratorios. Los equipos, instalaciones, instrumentación y métodos de trabajo deben ser conformes a los especificados en relación con el análisis de las muestras en el método MTA/MA-051 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, basado en el método de la Organización Mundial de la Salud (1997).

8.3.3.2 Recursos humanos de los laboratorios. Tanto el responsable de los recuentos como su personal auxiliar deben tener una formación adecuada en el recuento de fibras de amianto. Se exigirá el certificado de haber recibido cursos o entrenamiento específico para este fin, al



ESTUDIO SOBRE LA METODOLOGÍA DE REPARACIÓN DE AVERÍAS EN TUBERÍAS ARTERIALES DE REDES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE. APLICACIÓN AL CASO DE VALENCIA.



13970

Martes 11 abril 2006

BOE núm. 86

menos al responsable de los recuentos. Dicha preparación y entrenamiento puede haberse realizado en los cursos programados a este fin por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo o en otra entidad u organismo con especialización y experiencia actualizada en la materia.

8.3.3.3 Sistema de calidad. Se requerirá que el laboratorio disponga de procedimientos internos documentados para todas las etapas necesarias para el análisis de las muestras (recepción de muestras, preparación, recuento de fibras, calibración, control de calidad, informe de resultados). Se documentarán y aplicarán condiciones para la aceptación de muestras y resultados.

8.3.4 Archivo de resultados y conservación de las muestras. Deberán conservarse todos los resultados de los análisis hasta un período mínimo de 40 años, así como todas las preparaciones permanentes correspondientes a las muestras analizadas hasta un mínimo de 10 años al objeto de poder realizar las comprobaciones que fueran pertinentes.

8.3.5 Evaluación de los datos de la visita de inspección. El INSHT emitirá un informe a la autoridad laboral de cuyas conclusiones se pueda deducir el dictamen sobre la idoneidad del laboratorio. Cuando los datos obtenidos de las visitas de inspección indiquen deficiencias que no permitan reconocer dicha idoneidad el laboratorio será informado de las mismas.

8.4. Control de calidad.

8.4.1 El laboratorio deberá participar de forma continuada y ser calificado como satisfactorio en el Programa Interlaboratorios de Control de Calidad para el recuento de Fibras de Amianto (PICC-FA) del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

8.4.2 La participación en el PICC-FA implica el análisis (recuento) de fibras de las series de muestras de control que se circulan entre los laboratorios. Las evaluaciones de los laboratorios participantes se realizan a la finalización de las circulaciones.

8.4.3 Para que un laboratorio sea calificado como satisfactorio se requiere que haya analizado 32 muestras (dos series) y obtenido al menos el 75% de los resultados (≥ 24 resultados) dentro de los límites de control establecidos en el programa. El laboratorio debe mantener siem-

pre este requisito de forma continua en las dos últimas series de muestras circuladas.

8.5 Cuando se cumplan los requisitos especificados para el reconocimiento de la capacidad técnica del laboratorio indicados en el apartado 1 del presente anexo, verificados a través de la visita de inspección y de los resultados de participación en el PICC-FA, el INSHT emitirá un informe de propuesta de acreditación dirigido a la autoridad laboral correspondiente.

8.6 El INSHT verificará el mantenimiento de los requisitos exigidos para la acreditación a través del seguimiento de la participación del laboratorio en PICC-FA y de las visitas de inspección periódicas que se realizarán al mismo tal como se indica en el párrafo 9 del presente apartado.

8.7 Cuando el INSHT observe anomalías o incumplimientos en el mantenimiento de cualquiera de dichos requisitos, informará de inmediato a la autoridad laboral, proponiendo la suspensión temporal de la acreditación del laboratorio hasta que dichas anomalías o deficiencias sean subsanadas. Así mismo, el laboratorio podrá solicitar la baja temporal voluntaria de la acreditación cuando así lo considere conveniente.

8.8 El laboratorio en situación de baja o suspensión temporal podrá solicitar la renovación de la acreditación cuando los motivos que la produjeron fueran subsanados. Para conceder esta renovación la autoridad laboral solicitará informe del INSHT, que a tal fin realizará las comprobaciones y controles oportunos.

8.9 Inspecciones periódicas. Las visitas de inspección se repetirán periódicamente cuando el INSHT lo considere conveniente y como mínimo cada cuatro años, para comprobar que se mantienen los requisitos exigidos a los laboratorios acreditados.

8.10 Notificación de modificaciones. En cualquier caso, la autoridad laboral debe ser informada por el laboratorio de cualquier modificación que pueda afectar a los datos recogidos en su expediente. Estas modificaciones pueden ser consecuencia tanto de la puesta en práctica de las recomendaciones recibidas para la corrección de las deficiencias detectadas, como por iniciativa u otros motivos propios del laboratorio. La autoridad laboral enviará las notificaciones recibidas al INSHT que, a la vista de las mismas, determinará si procede una nueva inspección para las oportunas comprobaciones.



Bibliografía

CEDEX (2006). *Guía Técnica sobre tuberías para el transporte de agua a presión*. Madrid: Ministerio de fomento

AEAS (2006). *Mantenimiento de redes de agua a presión*.

Vicente Méndez, M. (2007). *Tuberías a presión en los sistemas de abastecimiento de agua*. Caracas.

PAM. *Tubería de fundición dúctil*. Recuperado el Mayo de 2017 en www.pamline.es/tuberia-fundicion-ductil.

Blogplastics. *Corrosión en las tuberías de agua potable*. Recuperado el Mayo de 2017 en www.blogplastics.com/corrosion-en-tuberias-para-agua-potable/.

EMIMET. *Informe de fugas*. Valencia.

EMIVASA. *Informe de fugas*. Valencia.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. *Corte de tuberías de fibrocemento en exteriores: exposición a fibras de amianto*. Recuperado el junio de 2017 en www.stp.insht.es

FERROPLAST (2001). *Sistemas de presión en polietileno*. A Coruña.

NORTHWEST PIPE COMPANY. *Ingeniería de tuberías de acero para sistema de agua potable*. Vancouver, WA (USA).

HIDROCANTÁBRICO (1998). *Revestimiento de las tuberías de acero*.

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Coyoacán, México.

CONSTRUTEC. *Tubería de fundición dúctil para conducción de agua a presión*.

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA (2007). *Instrucción del instituto Eduardo Torroja para tubos de hormigón armado o pretensado*. Madrid.

URALITA (2003). *Conexiones para tuberías de fibrocemento*. Tarifa.

ASEIF (2011). *Instalaciones de suministro de agua: Aplicación del código técnico de la edificación*. Generalitat Valenciana.

AseTUB (2009). *Las tuberías plásticas en las obras hidráulicas*.