

# MANTENIMIENTO DE REDES DE AGUA A PRESIÓN.

## PARTE 1: REPARACIONES



**Comisión 3ª. AEAS.****Mantenimiento de Redes de Agua a Presión.  
Parte I : Reparaciones****Por** (en orden alfabético):

- **Ángel Cepero Rubio** Canal Isabel II
- **Artur Duran Pous** ACSA, S.A.
- **Fernando Pinto Aguado** Siderúrgica de Tubo Soldado, S.A. (STS)
- **Francisco Casas Beltrán** Uralita
- **José Miguel Gandía Artigues** EMIVASA (Grupo Aguas de Valencia, S.A.)
- **Luis-A. Agudo Fernández** AFTHAP
- **Miguel Ángel Pérez Navarro** Saint Gobain
- **Mónica de la Cruz Ortega** AseTUB
- **Rafael Gimeno Peinado** EMPROACSA
- **Ramón Ariño Tarragó** Aguas de Barcelona, S.A.
- **Rodolfo Vegas Calderón** Grupo Plomyplas

# INDICE

1.- INTRODUCCIÓN .....	4
2.- ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	5
3.- FINALIDAD.....	5
4.- ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO .....	6
5.- DEFINICIONES.....	7
5.1.- Tipos de Roturas .....	7
5.2.- Denominación y Características de los Elementos de Reparación .....	8
5.3.- Tipos de esfuerzos .....	8
6.- LOCALIZACIÓN DE LA AVERÍA.....	9
7.- CIERRE DEL SERVICIO.....	13
8.- REPARACIÓN DE LA AVERÍA .....	17
8.1.- Criterios generales de reparación .....	17
8.2.- Elementos y sistemas de reparación.....	18
8.2.1.- Características generales de los elementos de reparación .....	18
8.2.2.- Generalidades sobre los sistemas de reparación.....	18
8.2.3.- Aplicación de los elementos de reparación en función del tipo de tubería a reparar .....	19
8.3.- Sistemas de reparación de tuberías de fibrocemento.....	24
8.4.- Sistemas de reparación de tuberías de fundición.....	34
8.5.- Sistemas de reparación de juntas emplomadas.....	48
8.6.- Sistemas de reparación de tuberías de hormigón .....	56
8.7.- Sistemas de reparación de tuberías de acero.....	73
8.8.- Sistemas de reparación de tuberías de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) .....	97
8.9.- Sistemas de reparación de tuberías de polietileno (PE).....	105

8.10.- Sistemas de reparación de tuberías de policloruro de vinilo (PVC)...	119
8.11.- Reparación de tuberías desde su interior .....	127
9.- APERTURA DEL SERVICIO. LAVADO Y DESINFECCIÓN DE LA TUBERÍA.....	134
ANEXOS	
Anexo 1. Fichas de características e instrucciones de montaje de los elementos de reparación .....	140
Anexo 2. Tablas de diámetros exteriores de las tuberías.....	173
Anexo 3. Relación de normativa relacionada con la reparación de tuberías .	179

## 1.- INTRODUCCIÓN

El agua es una sustancia esencial para la vida. Los seres vivos necesitan de ella para vivir. El hombre, desde su origen, ha desarrollado su existencia en el entorno de ríos, lagos o manantiales desde los que se abastecía. Poco a poco fue desarrollando sistemas que le permitían disponer del agua que necesitaba para su subsistencia en lugares más adecuados para sus intereses. Se inició con la construcción de pozos de los que abastecerse, la ejecución de canales para el transporte y la instalación de fuentes y puntos de consumo en las poblaciones. Con el transcurso del tiempo el hombre, atendiendo a la importancia de esta sustancia para el desarrollo y economía de las sociedades, ha intentado controlarlo y dominarlo. Ha construido pantanos, para que funcionen como bancos de agua que garanticen la disponibilidad del mismo. Ha construido canales de trasvase para transportar el agua de unos lugares a otros más deficitarios. Ha desarrollado sistemas de potabilización de las aguas que permitieran al hombre disponer de un agua adecuada para su consumo. Y ha canalizado la misma por medio de tuberías capaces de transportar a agua a presión para poder llevar el agua hasta el mismo lugar de residencia de los usuarios.

Las tuberías y sus características han ido en consonancia con el desarrollo de la sociedad. Con el transcurso de los años, especialmente del pasado siglo XX, fueron apareciendo en el mercado tuberías de diferentes materiales que se han ido instalando en el crecimiento de las redes. Por ello, es normal que en las poblaciones nos encontremos tuberías de diferentes 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 solucionar una avería. Una estaca de madera clavada sobre un pequeño agujero era una posible solución a una avería. El retacado de juntas de plomo es un sistema que sólo los profesionales de mayor edad conocen en la actualidad (aún hoy en día se utilizan estos dos sistemas para salvar algunas situaciones, si bien el primero siempre con carácter provisional). La solución más habitual en caso de existir una avería era la de cortar la zona dañada y repararla instalando un trozo de tubo.

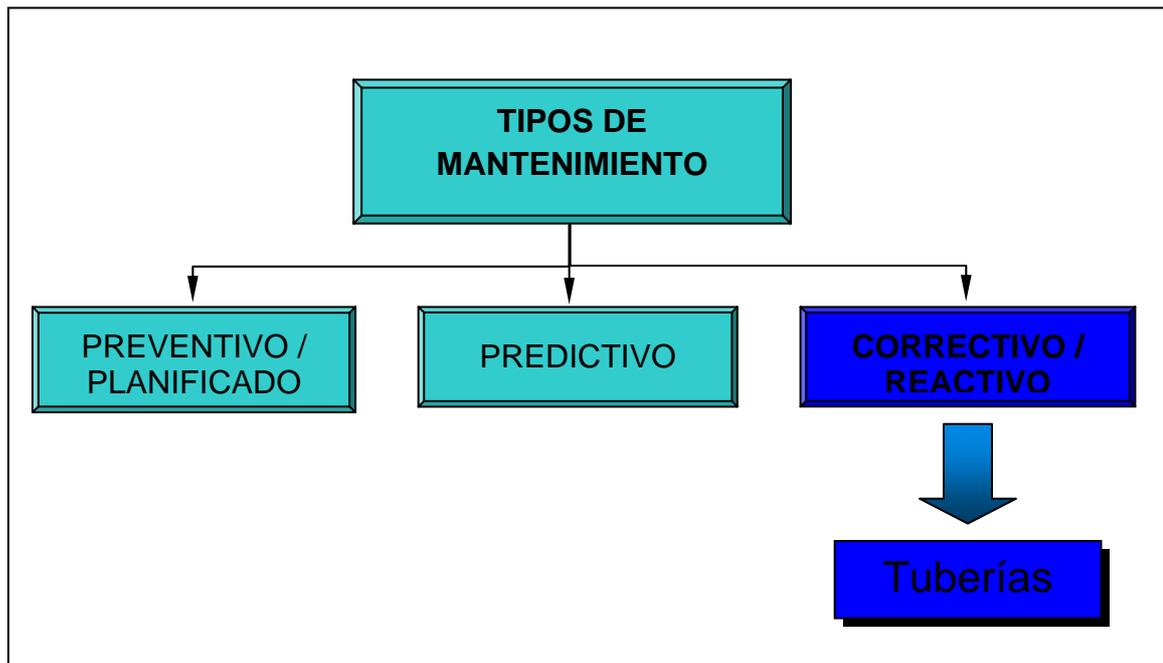
Sin embargo, y especialmente en las últimas décadas, ha entrado en nuestras vidas otro elemento que se hace cada vez más exigente: el tiempo. Hace años, el que en un pueblo no se dispusiera de agua durante horas, incluso días, podía ser algo normal y estaba asumido por los usuarios. Sin embargo hoy en día esto no es así. La gente tiene que asearse y ducharse para entrar a trabajar a una hora determinada, los niños deben lavarse e ir al aseo antes de entrar al colegio, las industrias necesitan el agua para su producción, hay que tener la ropa limpia, necesitamos tener limpia la vajilla, tenemos que preparar la comida, etc. Cada vez más nuestra vida gira en torno al “tiempo” y las exigencias de los usuarios van en consonancia al mismo. La “paciencia” es una palabra en desuso. Cuando se produce una avería, los usuarios exigen respuestas cada vez más rápidas.

Por ello la industria del agua ha ido desarrollando en los últimos años mecanismos y sistemas para la reparación de tuberías que reduzcan el tiempo de restablecimiento del suministro de agua. La reparación artesanal va dando paso a la reparación con piezas cada vez más fiables, rápidas y duraderas que se pueden encontrar con facilidad en el mercado.

## 2.- ÁMBITO DE APLICACIÓN

De los diferentes tipos de mantenimiento que se realizan a una red de abastecimiento (Figura 1), este documento de Mantenimiento de Redes de Agua a Presión, trata, en esta primera parte, la reparación de tuberías de los siguientes materiales: fibrocemento, fundición, hormigón, acero, poliéster reforzado con fibra de vidrio, polietileno y PVC.

Está previsto que en una segunda parte se trate el mantenimiento preventivo de la red, así como los criterios e índices que permitan tomar decisiones para la renovación de las tuberías.



*Fig. 1 Tipos de mantenimiento*

## 3.- FINALIDAD

El fin de este documento es dar a conocer los diferentes sistemas de reparación de tuberías para el transporte de agua que se pueden utilizar en la actualidad. Tal y como se ha indicado, en una población habrá tuberías de diferentes materiales y características, por lo que se han desarrollado los sistemas de reparación para los materiales que más habitualmente podemos encontrar en las redes de agua.

En ningún momento se pretende hacer una comparación entre tuberías de diferentes materiales, pues cada una tiene sus características propias, si bien las mismas deben tenerse en cuenta a la hora de definir el sistema de reparación a utilizar. Igualmente, las piezas detalladas en el documento para hacer las reparaciones son piezas tipo que deben servir de ejemplo para identificar las de características similares que se pueden encontrar en el mercado. Cada una de estas piezas tipo podemos encontrarlas en diferentes fabricantes, con algunas diferencias propias de cada marca.

Este documento pretende ser como un libro de recetas, en el que se dan una serie de recomendaciones para que el cocinero (explotador de la red) pueda satisfacer

adecuadamente a sus comensales (abonados), si bien la experiencia y gustos del mismo harán que pueda elegir la receta (sistema de reparación) más adecuada y poner su guinda al guiso. Puede servir a expertos que teniendo experiencia en algunos tipos de tubería se puedan encontrar con un nuevo material sobre el que nunca han trabajado, y por supuesto puede servir para que los que se inician en el mantenimiento de las redes dispongan de un documento donde adquirir sus primeros conocimientos que irán enriqueciendo posteriormente con la experiencia de los años.

Se ha querido que el documento sea muy visual, por lo que se han incluido muchas fotografías y esquemas para una mejor comprensión de las piezas tipo y de los sistemas de reparación.

Con el paso del tiempo seguirán apareciendo nuevas tuberías y piezas que harán que los explotadores deban adaptar los tiempos de respuesta y sistemas de reparación. Esperamos que este documento, al menos sirva para ayudar a resolver los problemas en las redes de agua durante algunos años.

#### 4.- ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

La parte principal del documento empieza con un apartado de **definiciones**. En el desarrollo del documento se observó que las averías y las piezas de reparación tenían nombres diferentes, según las habían bautizado los fabricantes o las habían apellidado los explotadores (picotazos, tronchados, manguitos plancha, abrazaderas, etc.). Por todo lo anterior, se ha elaborado un pequeño glosario, que recoge los principales términos que se utilizan en el documento.

Seguidamente se entra en los aspectos de una reparación, siguiendo las fases habituales, es decir:

- Localización de la avería
- Cierre del servicio
- Reparación de la avería
- Lavado y desinfección de la tubería
- Apertura del servicio

El documento se inicia con dos apartados previos a la propia reparación de la avería, como son la localización de la avería y el cierre; estas dos operaciones son críticas a la hora de identificar que efectivamente existe una avería en la red de agua que se gestiona y como se debe proceder al cierre del servicio, minimizando la afección a la red y a los abonados.

Seguidamente se aborda la parte más importante del documento, en la que se detallan las características de los elementos y sistemas de reparación; se hace una pequeña introducción con aspectos generales y unas tablas resumen de aplicación que dan entrada a los capítulos específicos de los sistemas de reparación de cada tipo de tubería. Éstos se inician con una pequeña introducción del material -para curar a un enfermo hay que conocerlo antes- para ayudar a entender los sistemas de reparación y una descripción detallada del sistema de reparación a aplicar y qué tipo de elemento utilizar.

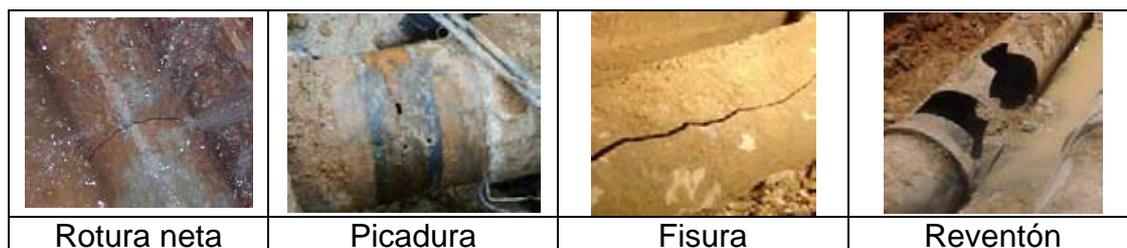
Una vez reparada la avería no hay que olvidarse de hacer una adecuada apertura del servicio. El cierre y apertura de la red son maniobras críticas que si no se realizan de forma adecuada pueden ser causa de nuevas roturas o de una contaminación de la red. En este caso, en el que lo que se transporta es agua potable para consumo humano, debe tenerse especialmente en cuenta esta maniobra. El RD 140/2003 (calidad agua de consumo) establece las obligaciones sanitarias que deben cumplirse. En los trabajos de mantenimiento y reparación deben considerarse el art. 15 del RD 140/2003, el RD 202/2000 y otros Decretos de las Comunidades Autónomas que hacen referencia a la manipulación de alimentos. Se detalla por ello el sistema de lavado y desinfección de una red a efectuar antes de su puesta de nuevo en servicio.

Por último, no se ha querido dejar de comentar algunos sistemas para la reparación de tubería desde su interior. En algunas ocasiones no es posible acceder a la tubería en el punto donde tenemos la avería realizando una zanja a cielo abierto. El cruce por debajo de una autopista, una vía de ferrocarril, etc. son puntos críticos donde nos podemos encontrar con este problema. Este capítulo dar a conocer otros sistemas que se utilizan más habitualmente para la rehabilitación o renovación de redes sin zanja pero que pueden utilizarse para solucionar este problema de acceso a la tubería, si bien no se entrará en profundidad en los mismos.

## 5.- DEFINICIONES

### 5.1.- Tipos de Roturas

- **Rotura neta, en redondo o tronchado:** Seccionamiento de la tubería por el plano más o menos perpendicular a ésta.
- **Picadura:** Pequeño agujero producido habitualmente por la acción exterior de la maquinaria de obras o por acción de la corrosión. En ocasiones encontramos averías causadas por fugas en antiguas abrazaderas de toma de ramales, las cuales al eliminarse dejan al descubierto el agujero realizado sobre la tubería. Podemos considerar este agujero, en cuanto a su sistema de reparación, como si fuera una picadura.
- **Fisura o raja:** Pequeña abertura longitudinal en la superficie de la tubería. La acción exterior de la maquinaria o una sobrepresión pueden provocar la fisuración de la tubería.
- **Reventón:** La acción exterior de la maquinaria o una sobrepresión pueden provocar el estallido (reventón) de la tubería.



*Fig. 2 Ejemplos de tipos de roturas*

## 5.2.- Denominación y Características de los Elementos de Reparación

Una primera característica importante diferenciadora de las piezas de reparación es si permiten realizar su montaje sin tener que cortar la tubería o es necesario cortarla. A las primeras las denominamos **abrazaderas** y a las segundas **acoplamientos, uniones o manguitos**.

Una segunda característica determinante en su aplicación es si la pieza está diseñada para resistir esfuerzos axiales, normalmente mediante unas mordazas o elementos con dientes que se clavan en la superficie exterior de la tubería. Si la pieza resiste esfuerzos axiales la denominamos **autoblocante**, y se utiliza principalmente para reparaciones en tubería de polietileno y otros materiales con elevado coeficiente de dilatación.

Otra característica destacable es la **tolerancia** de uso de la pieza por lo que al diámetro exterior de la tubería se refiere. Dada la variedad de diámetros exteriores que encontramos para un mismo diámetro nominal, especialmente en tuberías antiguas de materiales ya no utilizados (fundición gris, fibrocemento, etc.), el uso de las llamadas piezas de *gran tolerancia* o *multidiámetro* permite cubrir un rango bastante amplio de diámetros exteriores. Otra característica dimensional es si cada extremo de la pieza es adecuado para un diámetro diferente.

Una última característica importante a tener en cuenta es si la pieza puede utilizarse para unir dos materiales diferentes, lo cual puede requerir que el sistema de estanqueidad y de agarre sea diferente en cada extremo de la pieza.

Existen otros elementos que se utilizan para la reparación mediante soldadura de tuberías de acero u hormigón con camisa de chapa, como son las **virolas**, las **tejas** o los **carretes**.



**Fig. 3** Ejemplos de elementos de reparación

## 5.3.- Tipos de esfuerzos

- **Tubería sin esfuerzos axiales:** Es la tubería a la que por sus características o sistema de montaje, las variaciones de temperatura no alteran significativamente su dimensión longitudinal. Este hecho se traduce en que los elementos que se utilicen para su reparación no tienen porqué ser resistentes a esfuerzos axiales, a menos que la instalación lo requiera. Los materiales de las tuberías consideradas longitudinalmente rígidas son: fundición dúctil y fundición gris, PRFV (poliéster reforzado con fibra de vidrio), fibrocemento, PVC, hormigón y acero.

- **Tubería con esfuerzos axiales:** Es la tubería a la que las variaciones de temperatura alteran significativamente su dimensión longitudinal, lo cual implica que los elementos de reparación han de ser resistentes a la tracción axial (autoblocantes) o que una vez instalados sean solidarios a la tubería (electrosoldables). Como tubería longitudinalmente flexible tenemos la de polietileno.

## 6.- LOCALIZACIÓN DE LA AVERÍA

Cuando se provoca una avería en la red, bien sean por causas fortuitas o bien sea provocada, se pone en marcha la operativa de reparación de la avería, con la consigna de que se realice en el menor plazo posible y dando la solución más duradera, procurando siempre afectar al menor número de abonados y durante el menor periodo posible. Asimismo, también se debe tener especial atención a los problemas que se pudieran ocasionar al tráfico y a peatones, por lo que tras la solución del problema de servicio, una vez reparada la avería, se agilizarán los trabajos de obra civil para dejar expedita la vía pública. Las actuaciones de mantenimiento correctivo son más habituales en red de distribución aunque es especialmente crítica en las redes de traídas y arteriales. Todo el proceso que se detalla es válido para todo tipo de redes.

Las tuberías de las redes de suministro que transportan y distribuyen el agua, van normalmente enterradas por el subsuelo de las poblaciones, bajo pavimentos de aceras, asfalto, adoquines, etc., tapadas con tierras de relleno, gravas, zahorras o entubadas y protegidas con hormigón en cruces de calzadas o puntos donde puedan sufrir cargas elevadas. No es habitual que las tuberías discurren por la superficie de forma visible o por el interior de galerías visitables, condiciones bajo las que sería sencillo encontrar el punto exacto donde se tiene que reparar la avería.



**Fig. 4** Avería en una tubería

Cuando se instala una nueva tubería es imprescindible realizar los “croquis” de montaje y planos que permitan conocer la situación en planta y la profundidad de la red existente, con el fin de poder disponer de información gráfica que permita tenerla localizada y poder realizar posteriormente cualquier actuación sobre la misma, como sería el caso de una reparación. Con el transcurso de los años, los datos de distancias y profundidades reflejados en los planos y croquis de montaje van perdiendo exactitud al cambiar las referencias por modificaciones de las calles, construcción de nuevos edificios y cambios en los elementos urbanísticos; aun con estas consideraciones, es básico disponer de estos planos y croquis ya que, con las consideraciones anteriores, son una inestimable información que nos facilitará enormemente los trabajos de mantenimiento correctivo. En los últimos años, con el continuo avance de la informática y la posibilidad de disponer en un ordenador de todos los datos referentes a planos de la red sobre una base cartográfica, (GIS) y la utilización para uso civil de la red de satélites de posicionamiento, (GPS americano y Galileo europeo), las tuberías pueden situarse con coordenadas UTM que nos ofrecen un exacto posicionamiento aun variando las referencias externas locales. No obstante, el uso de coordenadas UTM nos hace dependientes de los satélites, por lo que aun siendo de gran utilidad, debemos de seguir disponiendo de las referencias locales tanto en planta como en profundidad.

Por todo lo anterior tenemos que considerar que tanto los croquis como los planos de que dispongamos nos serán de gran utilidad para situar y encontrar las tuberías, si bien los datos que ofrecen debemos tomarlos siempre como aproximados.

Como complemento a toda esta información gráfica, tenemos los elementos visibles de la propia red: arquetas y registros de válvulas, desagües, ventosas, postes de situación, etc. o parches de anteriores reparaciones aún visibles en los pavimentos, etc. Podemos considerar también el uso de equipos electrónicos que nos permitan identificar la situación de la tubería como es el uso de georadares, inyección de señales electrónicas sobre un elemento accesible de la tubería intentando su localización con un receptor de señales, etc.

Cada vez más, el subsuelo de las poblaciones y en especial en las grandes ciudades está más saturado con las canalizaciones de los diversos servicios. A las de agua potable y saneamiento, se añadieron las de electricidad y gas, y posteriormente se sumaron las de semáforos, alumbrado y teléfonos; en estos últimos años, con la liberalización de los servicios, especialmente de telecomunicaciones, el número de canalizaciones ha aumentado considerablemente. No resulta pues extraño encontrarnos en el momento de descubrir nuestra tubería, que ésta se encuentra rodeada de otros servicios, lo que dificulta el acceso para actuar sobre la misma.

Antes de adentrarnos en como se debe reparar una tubería de agua, es necesario localizar y encontrar el lugar exacto donde se tiene que actuar. El punto por donde vemos salir el agua no tiene por que coincidir con el punto en donde esta localizada la avería; el agua siempre busca el camino que le ofrezca la menor resistencia. En el caso de un reventón o una fuga provocada, (máquinas excavadoras, perforadoras, martillos neumáticos, etc.) podemos tener situado con relativa certeza el punto donde se debe realizar la reparación. Pero en otras muchas ocasiones esta localización no es tan sencilla. El agua, en su camino, puede aflorar en un punto y tener su origen a bastante distancia de donde lo observamos. Incluso, sabemos

que en una red de agua podemos tener importantes averías en donde el agua perdida no sea visible (al irse por el subsuelo o a un colector cercano).

En este apartado pretendemos dar una serie de recomendaciones que ayuden a localizar la avería en el menor tiempo y eviten molestias a los ciudadanos y sobrecostes al explotador al actuar en la calle abriendo calas y zanjas innecesarias.

Consideraremos en primer lugar que, antes de empezar a trabajar en la calle y abrir el pavimento, hemos de hacer algunas comprobaciones que permitan descartar otras posibles causas de procedencia del agua. No es extraño recibir en las Compañías Suministradoras de Agua y en los Servicios Municipales correspondientes, reclamaciones y avisos de humedades o filtraciones de agua en sótanos y garajes. Hay que tener en cuenta que además de las fugas de la red de agua, el agua puede proceder de un aumento del nivel freático, lluvias, pérdidas de redes de alcantarillado, desagües particulares o acequias, fugas de las instalaciones interiores de los edificios, fugas en las redes de agua no gestionadas como por ejemplo de un riego de jardines, fuentes ornamentales, etc.

Las tuberías de la red de agua suelen dar un servicio continuado (salvo en épocas de restricciones), por lo que un síntoma evidente que descarta que una filtración proceda de la red de agua es la "intermitencia" de la humedad o la aparición de agua (síntoma especialmente habitual en época de lluvias).

El cierre de las redes de riego de jardines o el de las fuentes ornamentales, es una comprobación a considerar, la cual puede realizarse a cualquier hora del día, pudiendo incluso dejar estas redes cerradas varios días.

Dado que el sistema de cloración del agua potable es el uno de los más utilizados para su desinfección, puede hacerse una prueba de comprobación del cloro residual *in situ* que es sencilla y rápida. Esta prueba se puede realizar siempre y cuando salga una cantidad de agua suficiente para permitir tomar al menos una pequeña muestra con una probeta. El resultado de esta prueba puede servir de indicio para determinar si su procedencia es de una tubería que transporte agua clorada (red de abastecimiento público, instalación interior de un edificio o local, red de riego alimentada de la red de abastecimiento,.....).

La realización de una analítica más completa en un laboratorio nos facilitará mayor información de las características del agua cuyo origen se pretende conocer, si bien esta prueba supone tener que esperar un mayor tiempo hasta que el laboratorio nos entregue la analítica. El resultado se podrá comparar con otras analíticas de aguas de procedencia conocida (red de agua potable, residual, acequias, pozos, etc....) de las que podamos disponer, determinando su origen y centrando así la búsqueda de la avería.

En paralelo a lo anteriormente expuesto, deben hacerse revisiones periódicas en la red con los equipos de detección de fugas, (hidrófonos, prelocalizadores, geófonos, correladores, etc.). No vamos a entrar en detalle en la sistemática, pero estos equipos dan muy buenos resultados y localizar averías no visibles, especialmente si se actúa en horas con bajo nivel de ruido ambiental, que suele ser en horario nocturno.



*Fig. 5 Ejemplo de algunos equipos de detección de fugas*

Cuando la avería sobre la red de agua sea importante o el caudal perdido por varias averías de una determinada zona sea significativo, se apreciará un incremento de caudal (caudal mínimo nocturno) en los contadores y caudalímetros de producción o sectorización, hecho que nos revelará que efectivamente hay que buscar una o varias averías.

Una prueba para comprobar si una filtración proviene de desagües o alcantarillado es la adición de un colorante, por ejemplo aguas arriba de una poceta o arqueta. La coloración posterior del agua que aparece en la filtración será la prueba concluyente.

En caso de salida significativa de agua por la filtración o al exterior en la calle, se puede hacer una prueba realizando el cierre de algunas válvulas para disminuir la presión o si fuera preciso el cierre total de las válvulas del tramo en el que se supone está la avería. Si la fuga está localizada dentro del tramo que se cierra, se podrá apreciar de forma inmediata una disminución del caudal de salida. En caso de que el agua salga en un sótano o garaje, o en calles de elevada pendiente, puede haberse producido un embolsamiento de agua en el subsuelo, por lo que puede tardar algún tiempo en notarse la variación del caudal de salida tras haber realizado el cierre de la tubería, por lo que para que los abonados no se vean afectados es conveniente hacer esta comprobación en horario nocturno.

En ocasiones, el agua de una fuga puede discurrir por los tubos de protección de otros servicios apareciendo en puntos muy distantes. La visualización de los registros de los demás servicios existentes puede ayudarnos a comprobar si hay o no averías. Considerar especialmente la visualización del agua que discurre por la red de alcantarillado, tras levantar diferentes registros. Una variación importante del caudal en un tramo de alcantarillado puede provenir de una avería en la red de agua.

Es un error muy habitual en una reparación el realizar una excavación en el punto exacto donde se encuentra una avería y no detectarla, al haber excavado solamente hasta llegar al lomo de la tubería. En ocasiones la fuga se encuentra en la

parte inferior del tubo y el agua pierde por el subsuelo. Es por ello necesario continuar siempre la excavación hasta descubrir la base de la tubería.

Todas las pruebas detalladas en este apartado y los resultados obtenidos de las mismas pretenden ser consideraciones a tener en cuenta por el responsable de la explotación para poder descartar o localizar en el menor tiempo posible y con la mayor precisión, el punto exacto donde se encuentra una avería para proceder a su reparación.



**Fig. 6** Avería en una tubería

Localizada la avería y cuando la misma afecte significativamente al servicio de los abonados y el tiempo previsto de respuesta de la reparación sea elevado, el explotador deberá plantearse la necesidad dar suministro alternativo de forma provisional desde otro punto de la red a la totalidad o parte de la zona afectada.

En ocasiones, puede ser conveniente dejar fuera de servicio provisionalmente el tramo dañado, cerrando válvulas e instalando tapones, y poder así restablecer el suministro habitual en el resto de la red. Hay que valorar en este caso el tiempo que puede mantenerse esta solución provisional, la repercusión de este cierre al resto de la red y los abonados que puedan quedar sin servicio dentro del tramo que se deja fuera de servicio. Normalmente esta solución se puede adoptar cuando la tubería es de pequeño calibre, su cierre no repercute al resto de la red y no se deja a ningún abonado sin suministro. La reparación definitiva se realizará posteriormente en un momento en que sea más adecuado.

## **7.- CIERRE DEL SERVICIO**

Cuando se decide realizar la reparación de la avería, debemos tener en cuenta las dos posibles afecciones que consideraremos más críticas:

1. El número de abonados afectados por la falta de servicio o merma de las condiciones consideradas como adecuadas de suministro y el tiempo de la afección.
2. La afección al tráfico rodado por ocupación de uno o varios carriles de circulación o corte de calle, (no debemos olvidar la afección a los peatones por actuaciones en las aceras).

Ambas afecciones deben ser consideradas y valoradas tomando las medidas necesarias que minimicen su impacto. En el caso 2º, además de optimizarse la reparación mecánica de la avería, son críticos los trabajos de obra civil de apertura y tapado que permita reponer los pavimentos en condiciones adecuadas de manera que se pueda restablecer el tráfico lo antes posible.

Una adecuada señalización y vallado, junto con desvíos alternativos del tráfico y peatones, deberán ser planificados y realizados.

En lo que respecta a la afección de los abonados, hay que considerar lo siguiente:

1. Debe minimizarse el número de abonados afectados, por lo que el tramo de tubería que se deje fuera de servicio, será el menor posible. Se harán las comprobaciones necesarias que permitan situar el punto de la avería y dejar sin servicio el menor tramo de red.
2. Es preferible cerrar antes un ramal (que afecte a un edificio) que una tubería de distribución (que afecte a varios ramales), y ésta antes que una tubería arterial o de traídas, (que pueda dejar sin suministro toda la población o afectar al servicio normal de un gran número de abonados).



**Fig. 7** Avería en una junta entre tubos

Antes de hacer el cierre de las válvulas, deberán identificarse estas sobre los planos de la red y comprobar el mallado de la red ya que en caso de tener tramos ramificados el número de afectados se incrementará.

En caso de que el tiempo de falta de suministro sea elevado se deberá considerar la instalación de tuberías provisionales, (instaladas normalmente sin zanja), el suministro de agua utilizando camiones cuba o el reparto de garrafas o bolsas de agua.

Si la avería lo permite (no esté provocando hundimientos, afecciones al suministro o daños por inundación, problemas de tráfico,...), se avisará a los abonados antes de cerrar el servicio utilizando diversos medios:

- Aviso directo o a través de porteros electrónicos. Este tipo de aviso suele recomendarse en caso de cierres inminentes en los que sólo es posible demorar el cierre durante unos minutos.
- Pega de carteles en zaguanes y puertas de las calles.
- Medios de comunicación locales, (TV, radio, prensa...)
- Bandos, escritos o por megafonía (normalmente en pequeñas poblaciones)
- Aviso telefónico, (en caso de disponer del número de teléfono), por voz o envío de mensajes a teléfonos móviles.

Todos estos sistemas de comunicación, pretenden informar a los abonados afectados del tiempo ESTIMADO que puede estar sin el adecuado suministro, si bien debe tenerse en cuenta que habrá abonados a los que no les llegue esta información. Por ello, es necesario que el teléfono de atención a los abonados disponga de la necesaria información que permita contestar al abonado ante una llamada solicitando información sobre la falta de suministro o disminución de presión. Esta atención puede ser personal si bien actualmente los sistemas telefónicos permiten grabar mensajes de aviso que informan al abonado, optimizando los tiempos y disminuyendo los colapsos de llamadas en los centros de atención telefónica (este sistema de información es conveniente para comunicar averías de gran entidad).

En cuanto al cierre propiamente de la red, es crítica la maniobra que se realice sobre sus elementos de cierre (válvulas). Un cierre rápido puede provocar sobrepresiones por golpe de ariete que causen otra avería. Por ello, la maniobra de las válvulas debe hacerse con lentitud hasta llegar a su cierre total.

En caso de tratarse de una red de agua potable y existir posibilidad de contaminación de la misma, (por ejemplo por aguas residuales, aceites, gasolina, etc., en contacto con la misma en el punto de la avería), se mantendrá la tubería en presión para evitar que entren dentro de la tubería fluidos contaminantes. Una vez solventado este contacto es cuando se podrá realizar el cierre para proceder a su reparación.

Conocido el punto de reparación y definidas las válvulas a cerrar, podemos encontrarnos que alguna de las válvulas no puede ser maniobrada por haber sido tapada si han reasfaltado las calles, por haber instalado sobre la misma algún elemento, (andamio, vehículo, etc.), por estar averiada, etc., por lo que se deberá ampliar la cerrada afectando a un mayor número de abonados. El problema de acceso a la válvula deberá intentar subsanarse en el menor plazo posible, (descubrir la válvula, retirar el vehículo, etc.) con el fin de acortar la cerrada y restablecer el servicio lo antes posible a los abonados alimentados desde la cerrada ampliada. En averías con importante salida de agua al exterior podemos encontrar alguna válvula situada dentro de la zona de inundación que imposibilite su maniobra en ese momento. En este caso se actuará sobre el resto de válvulas accesibles en el ámbito de la cerrada o se ampliará la cerrada hasta que el agua perdida por la avería disminuya lo suficiente para poder acceder a la válvula para cerrarla, abriendo de nuevo las válvulas de la ampliación sobre las que se haya tenido que actuar.

En tuberías en las que el sentido de circulación del agua pueda ser conocido, lo que ocurre especialmente en tuberías de traídas y arteriales, el cierre de las válvulas no puede ser aleatorio. Para evitar la entrada en la tubería de partículas sólidas, piedras, tierra, etc.,) deben cerrarse en primer lugar las válvulas situadas aguas debajo de la avería, (en el sentido de circulación del agua) y posteriormente se cerrarán las de aguas arriba. Una maniobra en orden inverso puede provocar la entrada en la tubería de arenas y piedras por succión.

En algunas tuberías plásticas (polietileno), debe tenerse en cuenta que además de las válvulas de corte, existe la posibilidad de cierre por pinzamiento de la tubería, lo que permitirá reducir el número de abonados afectados. Este pinzamiento se deberá hacer de acuerdo a las recomendaciones que se detallarán en el correspondiente punto, si bien debe evitarse siempre que sea posible, ya que deja debilitada la tubería.

Durante el proceso de reparación se debe tener especial cuidado en el tapado de bocas y puntos por los que pueda introducirse elementos, cuerpos extraños e incluso animales en las conducciones. No se guardarán NUNCA objetos dentro de la tubería a reparar ni el tramo nuevo a instalar (tal y como se observa en la foto) ya que existe la posibilidad de olvido, quedando los mismos en el interior de la red una vez reparada y puesta en servicio.



**Fig. 8** No hay que dejar elementos dentro de un tubo

Siempre deberán considerarse los necesarios equipos de protección individual y colectiva, tanto para los trabajadores como para personas ajenas a la obra. Entre éstas deberán realizarse taludes adecuados y disponer de sistemas de entibación para evitar desprendimientos en zonas donde la tubería se encuentra a cierta profundidad.



**Fig. 9** Entibación en zanja para reparación

## 8.- REPARACIÓN DE LA AVERÍA

### 8.1.- Criterios generales de reparación

Como criterios generales a tener en cuenta a la hora de una reparación, y según los cuáles se han determinado los elementos a utilizar podemos considerar:

- **Material y dimensiones de la tubería**

- En el caso de tener que sustituir un tramo de tubería se intentará emplear el mismo material. En caso de ser imposible por falta de disponibilidad del material o por otros condicionantes especiales, podrá emplearse cualquier otro material que sea compatible. En este caso las piezas de unión o reparación deberán ser las específicas para cada tipo de material.
- Las tuberías de fundición dúctil o fundición gris se repararán como norma general con tubería de fundición dúctil.
- Las tuberías de fibrocemento se repararán evitando realizar, siempre que se pueda, cortes de tubería. Se repararán como norma general con tubería de fundición dúctil.
- El diámetro exterior del tubo es el que determina habitualmente la pieza de reparación (manguitos, acoplamientos,...) que debe utilizarse. Es por ello muy importante MEDIR siempre el diámetro exterior del tubo en el punto o puntos donde deban acoplarse las piezas de reparación y comprobar que dicho diámetro exterior está dentro del rango de uso de la pieza de reparación.

- **Tipología de la avería**

Según el tipo de avería, a continuación se detallan las más comunes, se aplicarán como norma general las siguientes soluciones. Hay que tener presente que dependiendo del aspecto superficial de la tubería, de cómo sea la rotura y la picadura, de cómo sea la fisura, si interior o exterior, y del material, será difícil determinar el alcance real de ésta o su posible progresión, por lo tanto, se cortará una longitud de tramo mayor de la que visualmente se observa dañada, siendo siempre recomendable cambiar el tubo entero.

- **Avería por rotura neta, en redondo o tronchado:** Para su reparación se utilizará un acoplamiento flexible o una abrazadera de reparación, con una anchura tal que cubra holgadamente toda la zona dañada y al menos 5 cm a cada lado.
- **Avería por picadura:** En el caso de una *picadura*, se reparará ésta mediante una abrazadera de reparación con una anchura tal que cubra holgadamente toda la zona dañada y al menos 5 cm a cada lado.
- **Avería por fisura o raja:** Cuando la longitud visible de la fisura sea igual o inferior a 1/3 del diámetro exterior de la tubería y no se observe posibilidad de progresión, se utilizará una abrazadera de reparación con una anchura tal que cubra holgadamente toda la fisura, y al menos 5 cm a cada lado de la fisura. En todo caso, es necesario garantizar la no continuidad de la fisura, para lo cual se cortará una longitud mayor a la del trozo que se observa dañado, aunque lo ideal es la sustitución del tubo entero.

- **Avería por reventón:** En caso de haberse producido un reventón de la tubería, se deberá cortar todo el tramo dañado de la tubería, siendo recomendable la sustitución del tubo entero.

## **8.2.- Elementos y sistemas de reparación**

En este apartado se incluye un resumen de las piezas utilizadas en los diferentes sistemas de reparación en función del tipo de tubería. No se ha contemplado el sistema de reparación por soldadura propio de tuberías de acero y hormigón con camisa de chapa y que se explica en los capítulos específicos de ambos materiales.

Para cada elemento de reparación tipo se ha elaborado una ficha con las principales características y sistemas de montaje, evitando así repetir su inclusión en el apartado correspondiente a cada tipo de tubería. Dichas fichas se han recopilado en el Anexo 1.

### **8.2.1.- Características generales de los elementos de reparación**

Con carácter general para todas las piezas de reparación, se recomienda que cumplan los siguientes requisitos:

- Los materiales que estén en contacto con el agua no deben alterar negativamente la calidad del agua, siendo, de acuerdo con el RD 140/2003 (calidad del agua de consumo), aptos para la industria alimentaria.
- Las piezas que lo necesiten tendrán un recubrimiento tanto externo como interno que las protejan de la corrosión.
- Los elastómeros serán de una dureza adecuada para que realicen una buena estanqueidad y se evite la pérdida de agua. Pueden ser lisos, reticulares, dentados, bilabiales, cónicos, etc. Tienen que ser duraderos en el tiempo y no deben disgregarse.
- Si la pieza es resistente a esfuerzos axiales, las piezas dentadas de agarre se recomienda que sean metálicas.
- Los espárragos, tornillería y elementos de apriete deberán reunir también las características de resistencia mecánica y a la corrosión similares al cuerpo de la pieza, recomendando que sean de acero inoxidable pudiendo llevar incluso un tratamiento o recubrimiento de protección. El tamaño y sección de espárragos y tornillos deben ser los adecuados para el esfuerzo que deban soportar.

### **8.2.2.- Generalidades sobre los sistemas de reparación**

Hasta hace no mucho tiempo la práctica habitual era cortar el tramo dañado y sustituirlo intercalando un nuevo trozo. Sin embargo han ido apareciendo en el mercado piezas que permiten en ciertas circunstancias solucionar el problema de forma duradera sin tener que cortar, lo que reduce considerablemente el tiempo de reposición del servicio. Por ello, los sistemas de reparación se han clasificado según requieran cortar o no un trozo de la tubería. En el caso de no requerirse retirar ningún trozo de tubo, la solución es instalar una abrazadera que cubra holgadamente la zona afectada;

si es necesario cortar para eliminar la parte dañada, la reparación consiste en instalar un nuevo trozo, uniendo éste mediante dos piezas de reparación, una a cada extremo.

Es necesario consultar siempre la información del fabricante para seleccionar la pieza de reparación más adecuada para cada tubería, conocer el rango de aplicación (dimensiones y presión), el par de apriete de la tornillería y las restricciones de montaje (desviación, separación entre tubos, etc.).

Para algunos materiales (hormigón, acero, etc.) es importante, después de la reparación de la avería por el procedimiento y/o piezas correspondientes proceder al revestimiento de la unión/reparación, con el fin de que toda la tubería quede perfectamente protegida; este revestimiento será de iguales características que el original y se someterá a las pruebas de control correspondientes.

### **8.2.3.- Aplicación de los elementos de reparación en función del tipo de tubería a reparar**

Los elementos anteriormente mencionados los clasificamos en las siguientes tablas. Éstas no cubren todas las piezas existentes en el mercado, dada la gran variedad de piezas disponibles en la actualidad, y pretende ser un resumen visual de algunas de ellas. Evidentemente cualquier pieza no incluida en las tablas que reúna las condiciones de uso necesarias puede ser perfectamente válida.

#### **Tablas 1, 2 y 3**

Las siguientes tablas tratan de clasificar las piezas de reparación a utilizar en función del material y tipo de reparación a realizar, es decir, el material de la tubería existente (a reparar), el material de la tubería con que se repara y el tipo de avería. La tabla 1 es específica para el caso de pequeña fisura o picadura y que se puedan reparar sin tener que cortar la tubería, tanto para el caso de tuberías sin esfuerzos axiales como con esfuerzos axiales. Las tablas 2 y 3 para el caso de ser necesario cortar la tubería para sustituir el tramo dañado bien sean, respectivamente, tuberías sin esfuerzos axiales (tabla 2) o con esfuerzos axiales (tabla 3).

#### **Tabla 4**

La tabla resume las piezas de reparación que se pueden utilizar para cada tipo de material, diferenciando en reparaciones con corte de tubería y sin corte de tubería. No se contempla en la misma el sistema de reparación por soldadura específico para tuberías de acero y hormigón armado con camisa de chapa, los cuales se detallan en los capítulos de cada uno de estos dos materiales. Se ha intentado clasificar su idoneidad de uso para cada material con una simbología. La máxima idoneidad son cinco **xxxxx** y la mínima ninguna. Aquellas piezas que también puedan usarse con carácter provisional o que según nuestro criterio sean menos idóneas tendrán entre una o dos estrellas. Esta tabla pretende dar una orientación de utilización de las diferentes piezas tipo de reparación, si bien cada explotador debe remitirse a su propia experiencia y a las instrucciones del fabricante para confirmar, finalmente, la idoneidad de uso de la pieza específica que pretenda utilizar.

**TABLA 1 (Sin corte de tubería)**

Elementos para la reparación de picaduras y pequeñas grietas en todo tipo de tuberías.

Tubería a reparar	Elemento	
<b>Fundición</b> <b>Fibro cemento</b> <b>PRFV</b> <b>PVC</b> <b>Acero</b> <b>Hormigón</b>	Abrazadera flexible de acero inoxidable	
	Abrazadera de reparación	
	Abrazadera partida	
<b>Polietileno</b>	Abrazadera autoblocante partida (resistente esfuerzos axiales)	
	Abrazadera de reparación (reparación provisional)	
	Abrazadera flexible de acero inoxidable (reparación provisional)	
	Abrazadera partida (reparación provisional)	

**TABLA 2 (Con corte de tubería)**

Elementos para la reparación de tuberías SIN esfuerzos axiales que requieran la sustitución de un tramo de tubería.

Tubería a reparar	Elemento	
<b>Fundición</b> <b>Fibrocemento</b> <b>PVC</b> <b>Acero</b> <b>Hormigón</b>	Acoplamiento multidiámetro o de gran tolerancia (simétrico o reducido)	
	Acoplamiento sin tolerancia (tipo Gibault)	
	Abrazadera de reparación	
	Abrazadera flexible de acero inoxidable	
	Abrazadera partida	
<b>PVC</b>	Manguito doble copa	
<b>PRFV</b>	Abrazadera flexible de acero inoxidable	
	Manguito de PRFV	

**TABLA 3 (Con corte de tubería)**

Elementos para la reparación de tuberías **CON** esfuerzos axiales que requieran la sustitución de un tramo de tubería.

Tubería a reparar	Elemento	
<b>Polietileno</b>	Acoplamiento o manguito electrosoldable	
	Acoplamiento flexible de acero inoxidable autoblocante (resistente esfuerzos axiales)	
	Acoplamiento autoblocante (resistente esfuerzos axiales)	
	Abrazadera autoblocante partida (resistente esfuerzos axiales)	
	Manguito de reparación autoblocante (enlace mecánico) Dn <= 90 mm	

**TABLA 4. RELACIÓN MATERIAL DE TUBERÍA CON PIEZAS DE REPARACIÓN (Para cualquier DN)**

		PIEZAS DE REPARACIÓN											
		NO AUTOBLOCANTES					AUTOBLOCANTES					ESPECÍFICOS	
MATERIAL TUBERÍA													
SIN CORTE DE TUBERÍA	Fundición	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx							
	Fibrocemento	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx								
	PRFV	xxx	xxxxx	x									
	PVC	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx		xxxxx						
	Hormigón	xx	xx	xx									
	Acero	xxxxx	xxxxx	xxxxx									
	PE	xx	xx	xx			xxxxx						
CON CORTE DE TUBERÍA	Fundición	xxx	xxxx	xxx	xxx	xxxxx							
	Fibrocemento	xxx	xxxx	xxx	xxx	xxxxx							
	Hormigón	xx	xx	xx	xx	xx							
	Acero	xxx	xxxx	xxx	xxx	xxxxx							
	PVC	xxx	xxx	xxx	xxx	xxxxx			xxxx	xxxx	xxxx	xxxxx	xxxxx
	PRFV	xxx	xxxxx	xx	xx						xxxxx		
	CON ESFUERZO AXIAL	PE							xxx	xxxxx	xxxxx		xxxxx

Nivel de prioridad: A mayor número de (x...xxxxx) mayor recomendación de uso.

### **8.3.- SISTEMAS DE REPARACIÓN DE TUBERÍAS DE “FIBROCEMENTO”**



### 8.3.1.- CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS DE FIBROCEMENTO

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

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.

Por su bajo coste y ligereza, principalmente, fue un material muy utilizado en la conducción de agua potable durante las décadas de los años 60, 70 y 80, coincidiendo con la época de gran expansión urbanística, por lo que, a pesar que desde hace unos años no se fabrica ya no se puede instalar, siguen en servicio una gran cantidad de metros, siendo en muchas explotaciones el material mayoritario.

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
- 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 multidiámetro

### 8.3.2.- SISTEMAS DE REPARACIÓN DE TUBERÍAS DE FIBROCEMENTO

La principal recomendación es que en caso de tener una avería en una tubería de fibrocemento se descubra ésta hasta las uniones más cercanas y **se sustituya el tubo entero**, de esta manera se evita realizar cualquier corte sobre la tubería, en cuyo caso se tendrían que tener en cuenta las medidas de seguridad que se detallan más adelante, y se elimina el riesgo de que en el tramo dañado, posiblemente en malas condiciones, se produzca otra avería. No obstante, a continuación se proponen sistemas de reparación que no requieren la retirada de todo el tramo, dado que hay situaciones en las que se hace necesaria una intervención rápida.

Dado que el diámetro exterior de la tubería, para un mismo DN, aumenta a medida que aumenta su clase, y ésta no es una información que a priori se disponga, es importante medir el perímetro de la tubería una vez descubierta (por ejemplo, con un circómetro para disponer de la lectura directa del diámetro exterior), para seleccionar el accesorio que mejor se adapte.

A continuación se detallan los sistemas de reparación en tuberías de fibrocemento, de acuerdo a lo definido anteriormente:

- *SISTEMAS DE REPARACIÓN SIN CORTE DE TUBERÍA*
- *SISTEMAS DE REPARACIÓN CON CORTE DE TUBERÍA*

### 8.3.2.1.- SISTEMAS DE REPARACIÓN SIN CORTE DE TUBERÍA

Cuando la avería se haya producido por una picadura en la tubería y no se observe un deterioro en las inmediaciones de la misma, se utilizarán las piezas a continuación descritas:



**Fig. 10** *Ejemplo de piezas de reparación*

Se tendrá especial atención a la hora del apriete de la tornillería, aplicando el par de apriete indicado por el fabricante, para no dañar la tubería.



**Fig. 11** *Reparación de tubería con una abrazadera de reparación*

### 8.3.2.2.- SISTEMAS DE REPARACIÓN CON CORTE DE TUBERÍA

Si es necesario sustituir un trozo de tubo o todo él y que, por tanto, se requiere introducir en la canalización de fibrocemento un trozo de tubo de otro material, se recomienda que dicho material sea rígido, por ejemplo, fundición dúctil, y del mismo diámetro nominal y presión nominal. No es recomendable sustituir tramos de fibrocemento por materiales a los que los cambios de temperatura producen importantes contracciones y dilataciones, como por ejemplo el polietileno. Si se utilizarán estos materiales, sería obligado el uso de accesorios resistentes a la tracción, aunque si bien pueden llegar a asegurar una buena unión entre la tubería de fibrocemento y el nuevo tramo, no se garantizaría la integridad del acoplamiento flexible más cercano a esta unión.

Los accesorios a utilizar son **acoplamientos multidímetro** con junta flexible y la metodología de montaje de los mismos es equivalente a la de los acoplamientos utilizados en la sustitución de trozos de tubería de fundición.



*Fig. 12 Ejemplo de acoplamientos multidímetro o de gran tolerancia*

Debe considerarse que los diámetros exteriores de la tubería averiada y del trozo de tubo utilizado para la reparación, deben estar dentro del rango de uso del acoplamiento que se vaya a utilizar.

Existen en el mercado acoplamientos de gran tolerancia con rangos de distintos usos en cada uno de sus dos extremos, como puede apreciarse en la siguiente imagen:



*Fig. 13 Operarios apretando tornillería de acoplamiento de gran tolerancia*

También pueden utilizarse las piezas de reparación especificadas en el punto anterior de sin corte de tubería si bien debe tenerse muy en cuenta que en este caso tanto el tubo averiado como el trozo de tubo utilizado para la reparación deben tener el **mismo diámetro externo**.



**Fig. 14** Ejemplo de piezas de reparación

Un sistema clásico de reparación en tubos de fibrocemento es con la unión *GIBAULT*, pero el problema de las uniones es el mismo que las piezas anteriores, que el diámetro de los dos extremos de la tuberías deben ser iguales. No es habitual el adquirir uniones *Gibault* para reparaciones, pero si se dispone de las mismas pueden utilizarse para realizar la reparación, con los condicionantes antes señalados. Este tipo de piezas de reparación exigen en ocasiones disminuir el diámetro exterior de los tubos de fibrocemento, lo que aumenta el tiempo de reparación y provoca desprendimientos de fibra altamente contaminantes por culpa del amianto. En conclusión, esta operación debe ser descartada, recomendando las piezas de gran tolerancia.

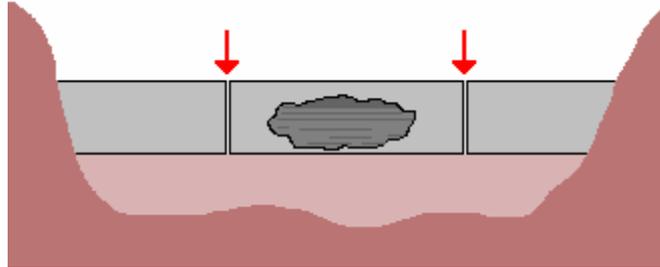


**Fig. 15** Ejemplo de pieza sin tolerancia (tipo Gibault)

### Proceso de colocación del acoplamiento

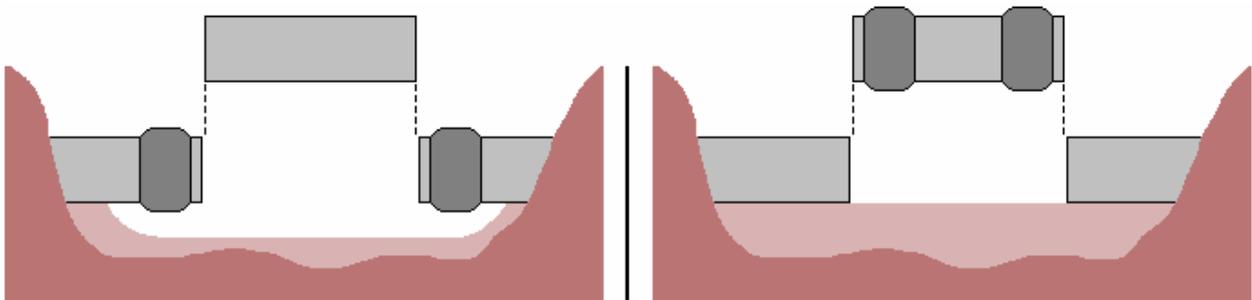
Se seguirán los siguientes pasos:

- Cortar perpendicularmente la tubería dañada.

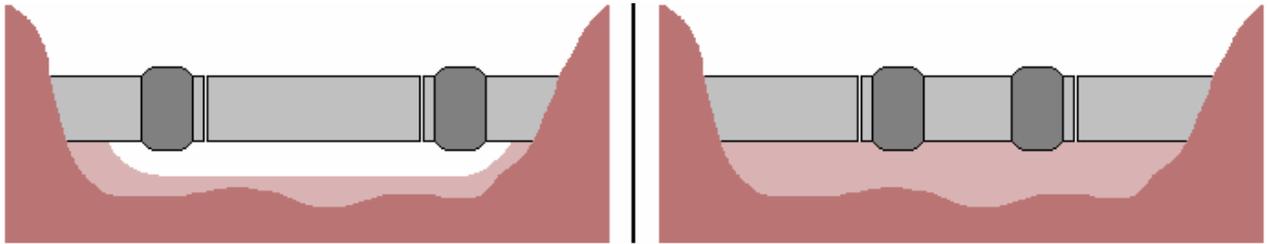


*Fig. 16 Operarios reparando avería en tubería de fibrocemento*

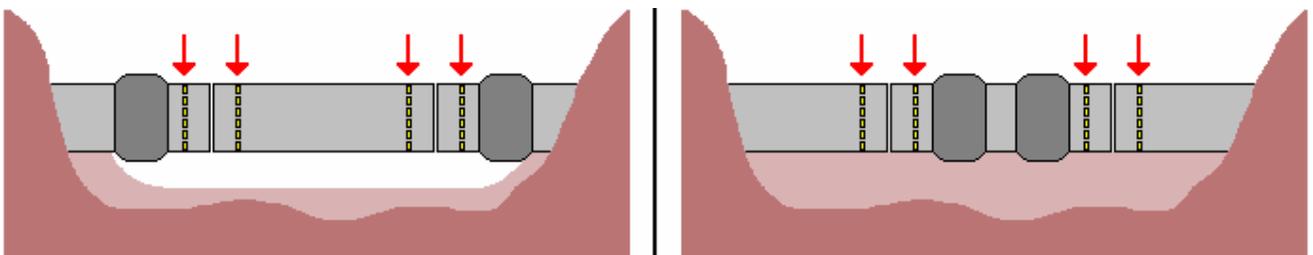
- Deslizar los acoplamientos sobre los extremos de la tubería cortada (la que se está reparando) en el caso de que exista la posibilidad física de realizarlo. En caso contrario colocar los acoplamientos en el tubo nuevo, pero teniendo en cuenta de que aumentará el peso del tubo y dificultará su colocación. Se tendrá en cuenta que la reparación se puede realizar de las dos formas por igual como se puede observar en las siguientes ilustraciones:



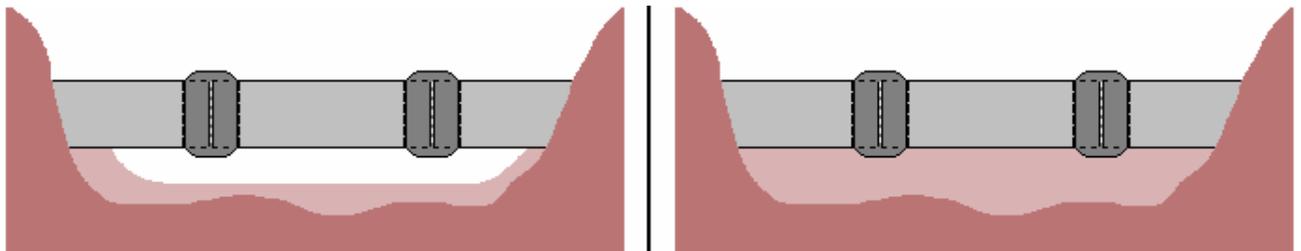
- Colocar el trozo de tubería nuevo. El tubo nuevo debe medir un par de centímetros menos por cada lado que el hueco donde debe introducirse, esto sirve para facilitar su colocación.



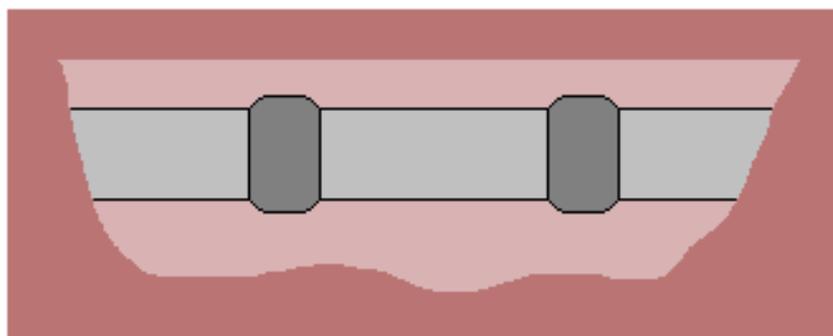
- Marcar la longitud del adaptador en ambos tubos de tal forma que sirvan de referencia para que quede centrado.



- Desplazar los acoplamientos hasta la zona de unión y realizar la unión según indicaciones del fabricante.



- Verificar la estanqueidad tras la puesta en presión. Instalar sin que existan diferencias de asentamiento o de reparto de carga que pudieran ejercer esfuerzos flectores superiores a los admisibles. En el caso de tubos con baja rigidez diametral, el reparto de no homogéneo, produce concentración de esfuerzos. Y por último cerrar.



### 8.3.3.- MANIPULACIÓN DEL FIBROCEMENTO

El amianto es un mineral fibroso muy nocivo para la salud y puede entrar en el cuerpo por ingestión, a través de la piel y, la más peligrosa de todas, a través de las vías respiratorias, por inhalación del polvo que se produce en su manipulación y corte, siendo por tanto necesario extremar las medidas de seguridad, recogerlo selectivamente y llevarlo a un centro de tratamiento de residuos homologado. Existe legislación que regula y establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto, y que prohíbe la producción y comercialización de productos que contengan fibras de amianto. Por lo tanto, es necesario aplicar escrupulosamente una serie de medidas de seguridad durante su manipulación, a continuación se detallan las más importantes.

#### 8.3.3.1.- EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL PARA LA MANIPULACIÓN DE TUBERÍAS DE FIBROCEMENTO

El equipo de protección individual para la manipulación de tuberías de fibrocemento básico está compuesto por los siguientes elementos:

- Vestuario con capucha, sin bolsillos ni costuras y polainas para cubrir los zapatos, todo ello de un solo uso
- Mascarilla desechable auto filtrante de tipo FFP3
- Botas y guantes, apropiadas además para el trabajo con riesgo de caída de objetos y pinchazos
- Gafas de protección
- Protección auditiva
- Casco

Dependiendo del tipo de intervención, se utilizarán además otros elementos de protección individual adicionales que sean necesarios.



*Fig. 17 Equipos de seguridad para el corte de tubería de fibrocemento*

### **8.3.3.2.- RECOMENDACIONES PARA LA MANIPULACIÓN DE TUBERÍAS DE FIBROCEMENTO**

A continuación se indican unas recomendaciones básicas para la manipulación y corte de la tubería de fibrocemento, sin perjuicio de lo que indique la normativa vigente.

- Señalizar y balizar la zona de trabajo, con el fin de evitar que las personas ajenas accedan a la zona de trabajo, siendo ésta lo más amplia posible
- Estará prohibido fumar, comer o beber en todo momento por el personal presente en el área de trabajo
- Asegurar la correcta colocación y adaptación de los equipos de protección individual durante toda la operación de mantenimiento, para evitar el contacto con las fibras emitidas durante la manipulación de la tubería
- En caso de ser necesario cortar un trozo de tubo (recomendable siempre descubrir hasta la próxima unión y retirar tramos enteros), se utilizarán sierras manuales o se romperá la tubería con un mallo, golpeando la zona afectada
- Si es imprescindible cortar mediante una motomoladora, ésta dispondrá de un depósito de agua. En este caso, se humedecerá la zona a cortar antes y durante la operación de corte, para evitar la emisión de fibras. Se utilizará un cubeto para recoger el residuo en forma de pasta que se produzca al cortar el tubo. De esta forma el residuo no se queda en el suelo. Está prohibido realizar con la motomoladora el corte en seco o cuando se interrumpa el aporte de agua.
- En el momento del acople del nuevo tramo, se despejará de herramientas la zona de conexión y se regará la zona y la tubería de fibrocemento con abundante agua
- Se prohíbe utilizar máquinas radiales
- Una vez finalizada la reparación, y sin sacarse los equipos de protección, limpiar con agua las herramientas utilizadas y recoger los trozos de tubo retirados, metiéndolos en sacos exclusivos para el transporte de este residuo
- Antes de quitarse los equipos de protección no desechables, limpiarlos con agua, mediante una esponja o manguera. Quitarse el buzo utilizado y echarlo en el mismo saco que los residuos de fibrocemento. Finalmente, sacarse la mascarilla y lavarla, eliminando el filtro como residuo o la mascarilla completa si ésta es desechable. En caso de corte y al finalizar la jornada, el personal deberá ducharse
- Finalmente quitar la señalización y las balizas.

La norma UNE 88-411-87 "*Productos de amianto cemento. Directrices para su corte y mecanizado en obra*" proporciona las directrices a aplicar en el instrumental y los métodos a emplear en obra para mantener las emisiones de polvo al nivel más bajo posible.

### **8.3.4.- LEGISLACIÓN VIGENTE**

La legislación vigente de aplicación referente a la manipulación y disposición de materiales que contienen amianto es la siguiente:

- 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 (segunda Directiva particular con arreglo al artículo 8 de la Directiva 80/1107/CEE)

- Convenio 162 de la OIT (Organización Internacional del Trabajo), sobre utilización del asbesto en condiciones de seguridad
- Directiva 87/217/CEE del Consejo de 19 de marzo de 1987 sobre la prevención y la reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto
- Real Decreto 108/1991 de 1 de febrero de 1991 sobre Prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto. BOE núm. 32 de 6 de febrero de 1991
- 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
- 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 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al amianto durante el trabajo
- 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

## 8.4.- SISTEMAS DE REPARACIÓN DE TUBERÍAS DE "FUNDICIÓN"



## 8.4.1.- CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS DE FUNDICIÓN

### 8.4.1.1.- Generalidades

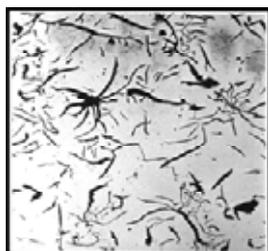
El término "fundición" abarca una gran variedad de aleaciones Fe-C-Si. Puede establecerse una clasificación de los productos féreos en función del contenido en carbono en el metal de base:

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

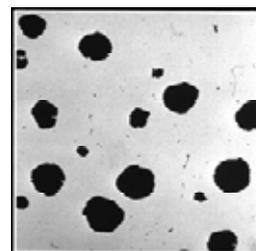
Es común la clasificación en familias según el estado del grafito, con una diferenciación añadida debida a la estructura de la matriz metálica (ferrita, perlita,...).

En las fundiciones grises, el grafito se presenta bajo forma de láminas - grafito laminar. Cada una de estas láminas de grafito puede, bajo una concentración de esfuerzos en ciertos puntos, entrañar un inicio de fisura. Caso que evita la cristalización del grafito bajo forma de esferas.

La fundición dúctil se distingue de las fundiciones grises tradicionales por sus importantes propiedades mecánicas (elasticidad, resistencia a los choques, alargamiento, etc.). Estas se deben a la forma esferoidal de las partículas de grafito.



**Fig.18** Fundición gris



**Fig. 19** 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.



**Fig.20** Fundición a partir de material reciclado

Las canalizaciones de fundición dúctil son un sistema completo de elementos. La conformidad de éstos a la normativa correspondiente garantiza la calidad y seguridad de la red en su conjunto.



*Fig.21 Aspecto de una red de fundición*

#### **8.4.1.2.- Características mecánicas de la Fundición**

La fundición gris, resultado de su alto contenido en carbono, tienen las siguientes propiedades:

- resistencia a la compresión
- resistencia a la abrasión
- resistencia a la fatiga
- aptitud al moldeo
- fácilmente mecanizable

La fundición dúctil se distingue de las fundiciones grises tradicionales en que se amplían las propiedades mecánicas. Éstas se deben a la forma esferoidal de las partículas de grafito.

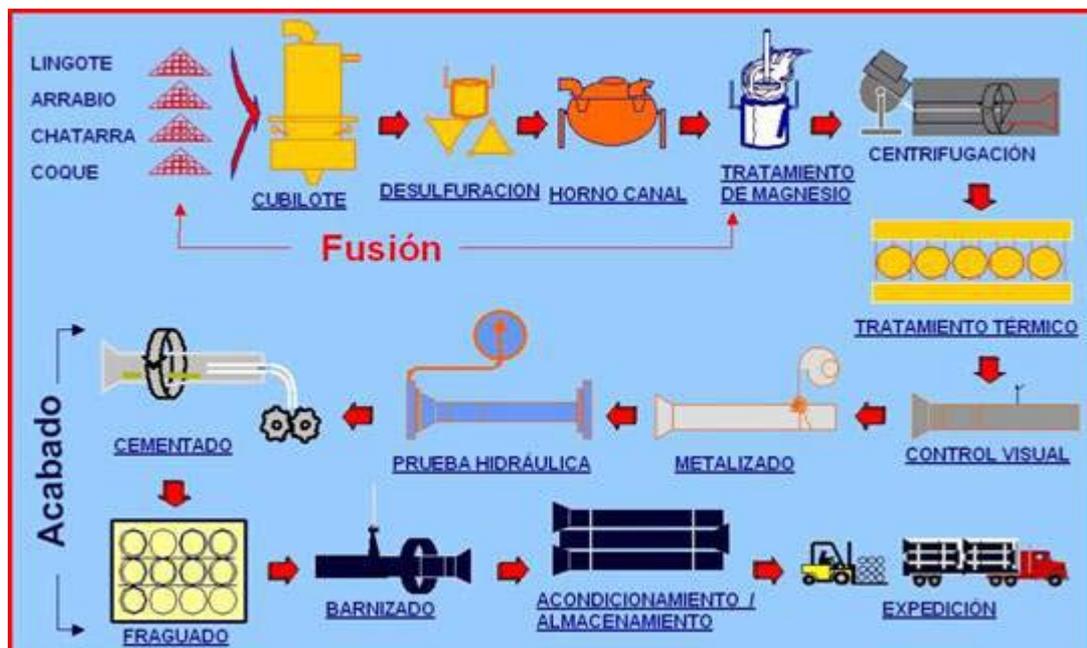
- resistencia a la tracción
- resistencia a los choques
- alto límite elástico
- importante alargamiento
- Mayor resistencia a la corrosión

Estas características pueden mejorarse más mediante un análisis químico y tratamiento térmico de la matriz metálica adecuado. En el documento de AEAS “Manual de corrosión y protección de tuberías” se explicita el comportamiento de la corrosión selectiva de la fundición gris.

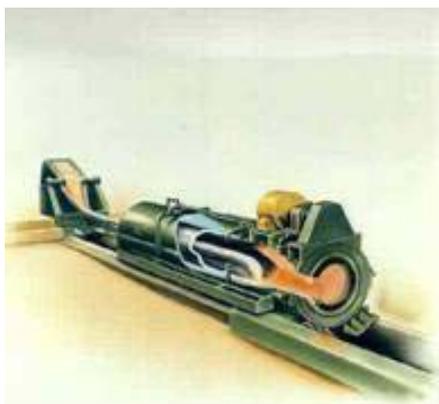
### 8.4.1.3.- EL PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN

En la figura 22 pueden observarse las fases de uno de los posibles procesos de fabricación. La figura 23 ilustra cómo se conforma el tubo en la máquina centrífuga y la figura 24 su extracción.

El adecuado control de proceso en todas y cada una de las fases descritas definirá la calidad final del producto y su idoneidad.



*Fig. 22* Proceso general



*Fig.23* Centrifugadora



*Fig.24* Extracción del tubo

## 8.4.2.- LAS TUBERÍAS DE FUNDICIÓN

Los tubos, accesorios y piezas especiales para las canalizaciones de abastecimiento de agua se fabrican con fundición de grafito esferoidal conformes a la norma UNE-EN 545. Componen una gama completa de tubos y accesorios compatible y homogénea, con un coeficiente de seguridad muy alto. La Resistencia mínima a tracción  $R_m$  es de 420 Mpa, y la rigidez diametral puede calcularse mediante:

$$S = 1\,000 \frac{E \cdot I}{D^3} = 1\,000 \frac{E}{12} \left( \frac{e}{D} \right)^3$$

### 8.4.2.1.- Características geométricas

A continuación se detallan las características geométricas de un tubo de fundición según la norma UNE-EN 545:1994. Para el proceso de reparación de la tubería hay que tener en cuenta especialmente el calibre exterior del tubo. En todo caso, queremos insistir que antes de proceder al montaje de las piezas de reparación es necesario que se mida el diámetro exterior del tubo averiado, para confirmar así que se encuentra dentro del rango de uso de las piezas que se van a utilizar.



DN mm	L m	DE mm
60	6	77
80	6	98
100	6	118
125	6	144
150	6	170
200	6	222
250	6	274
300	6	326
350	6	378
400	6	429
450	6	480
500	6	532
600	6	635

DN mm	L (m)	DE mm
700	7	738
800	7	842
900	7	945
1000	7	1048
1000	8,27	1048
1100	7	1151
1200	8,26	1255
1400	8,19	1462
1500	8,18	1565
1600	8,18	1668
1800	8,17	1875
2000	8,13	2082

**Tabla 5** Diámetros de tubo de fundición dúctil

A continuación se detalla la evolución aproximada de la fabricación de tuberías de fundición en España.

Es importante saber que el paso de la fundición gris a la dúctil se produjo en los años 70. Este dato puede servir de referencia a un explotador para tomar decisiones en cuanto a la reparación o cambio de la tubería de fundición.

Conociendo la fecha de instalación de una tubería de fundición, podrá saberse si es gris o dúctil. Por ejemplo, una tubería de fundición instalada en los años 50 será con seguridad gris. Si se instaló en los años 70 podremos tener dudas de si es gris o dúctil y deberemos buscar más información sobre la misma. Y si se instaló en los años 90 será dúctil probablemente.

Histórico de fabricación de tuberías en España.	
•	Anterior a 1967 Tubos DN-60/300 y 350/600 L = 5 m. Fundición gris con revestimiento interior barniz. Juntas de Plomo.
•	Año 1967 ueva línea DN-60/300 L = 6 m. Fundición gris con revestimiento interior barniz (aprox.. 70% producción) Fundición gris y cementados interiormente (aprox.. 30% producción). Juntas de goma y Juntas de Plomo según cliente. Tubos DN-350/600 L = 5 m. Fundición gris con revestimiento interior barniz. Juntas de Plomo.
•	Año 1970 Se inicia la fabricación de la fundición dúctil en la línea DN-60/300. Entre 1970 a 1975 la fabricación en la línea DN-60/300 es un mix de gris-dúctil, cementado-pintado a petición cliente. Juntas normalizadas de goma.
•	Año 1975 Nueva línea DN-350/600 L = 6 m. Fundición dúctil y cementado interiormente. Junta de Goma. Se estandariza la línea de Tubo DN-60/300 L = 6 m. Fundición dúctil y cementado interiormente. Junta de Goma
•	Año 1982 Línea DN-60/300 L = 6 m. Cincado 130 gramos/m2.
•	Año 1988 Línea DN-350/600 L = 6 m. Cincado 130 gramos/m2.
•	Año 1989 Líneas DN-60/300 y DN-350/600 Cincado 200 gramos/m2.
•	Año 2003 Línea DN-60/350 L = 6 m. Gama Natural, C40, ZnAL 400 gramos/m2.
•	Año 2006 Gama Urbital para aguas reutilizadas.
•	Año 2008 Previstas clases de presión PFA 30 a PFA 100.

**Tabla 6** Histórico de fabricación de tuberías de fundición en España.

### 8.4.2.2.- Las Uniones. Tipos de Juntas.

Los diferentes tipos de juntas pueden clasificarse en:

- Juntas de enchufe y extremo liso
- Juntas mediante bridas

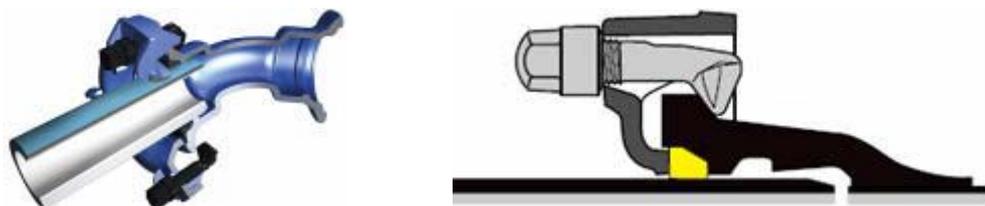
Las juntas de enchufe y extremo liso son las más utilizadas en la práctica. A su vez, y en función de cómo se comprima el anillo elastomérico, se pueden clasificar en juntas automáticas o mecánicas:

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



**Fig. 25** Junta automática flexible tipo tipoStandard.

- En las juntas mecánicas de enchufe y extremo liso el anillo elastomérico 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.



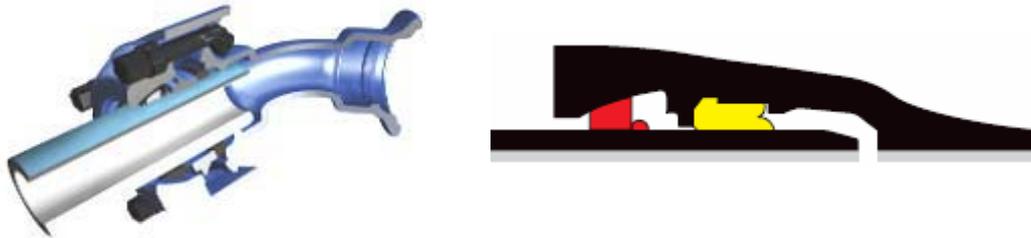
**Fig. 26** Junta mecánica de enchufe (tipo Express)

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 acerrojadas y no acerrojadas:

- Las juntas acerrojadas 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 acerrojado diseñadas específicamente para las canalizaciones que vayan a ser instaladas mediante perforación horizontal dirigida.

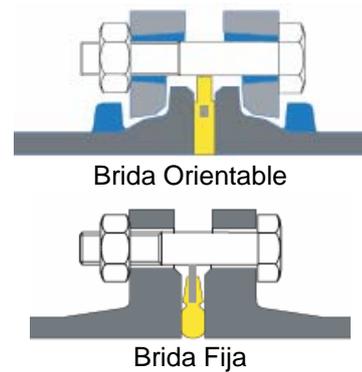


**Fig.27** Juntas acerrojada interior



**Fig.28** Junta acerrojada exterior.

Las juntas de bridas se utilizan cuando es necesario soportar esfuerzos de tracción muy elevados y para la conexión con otros accesorios, válvulas, etc.



**Fig. 29** Junta de bridas.

### 8.4.3.- SISTEMAS DE REPARACIÓN DE TUBERÍAS DE FUNDICIÓN

Es importante medir siempre el perímetro de la tubería una vez descubierta (por ejemplo, con un circómetro para disponer de la lectura directa del diámetro exterior o con una cinta métrica calculando el mismo), para seleccionar el accesorio que mejor se adapte, que normalmente suelen abarcar un rango de diámetros, como son los llamados acoplamientos multidímetro.

Se prestará especial atención, una vez realizada la reparación, en proteger los tubos con los mismos o similares recubrimientos exteriores a fin es evitar ataques por el exterior de las tuberías. Igualmente se deberá realizar el adecuado acondicionamiento y tapado del tramo reparado para evitar posteriores averías por una inadecuada obra civil.



*Fig. 30 Picotazo en tubería de fundición dúctil.*

A continuación se detallan los sistemas de reparación en tuberías de fundición, de acuerdo a lo definido anteriormente.

Existe una gran cantidad de elementos para la reparación e interconexión entre elementos, que pueden resumirse en:

- Sin corte de tubería. Abrazaderas
- Con corte de tubería. Manguitos, conexión a mismo material o distinto (gran tolerancia).

### 8.4.3.1.- SISTEMAS DE REPARACIÓN SIN CORTE DE TUBERÍA

En el caso de que el daño ocasionado a la tubería sea pequeño se puede reparar con una abrazadera mecánica de dos o tres sectores apropiada para la dimensión de la avería y la presión nominal de la tubería instalada.

Estas abrazaderas están provistas de una junta interior que garantiza una estanqueidad total al realizar el apriete de los tornillos. El exterior está fabricado generalmente en acero inoxidable o fundición con pintura de protección para evitar problemas de corrosión.



**Fig. 31** Ejemplos de piezas para reparación sin corte de tubería

En el Anexo 1 se detalla el uso de cada una de las piezas de reparación descritas anteriormente.

### 8.4.3.2.- SISTEMAS DE REPARACIÓN CON CORTE DE TUBERÍA

Debido a causas externas se pueden dar casos de averías puntuales. El modo de proceder estará en función de la magnitud de la avería.

En el caso en que sea necesario sustituir un tramo de tubo o todo él y que, por tanto, sea necesario introducir en la canalización de fundición un trozo de tubo este deberá ser también de fundición. En caso de que no se disponga de tubo de fundición y tenga que ser de otro material, se recomienda que dicho material sea rígido, por ejemplo, acero, y del mismo diámetro y presión nominal. Los accesorios a utilizar serían acoplamientos multidiámetro y la metodología de montaje se detalla en el Anexo 1.

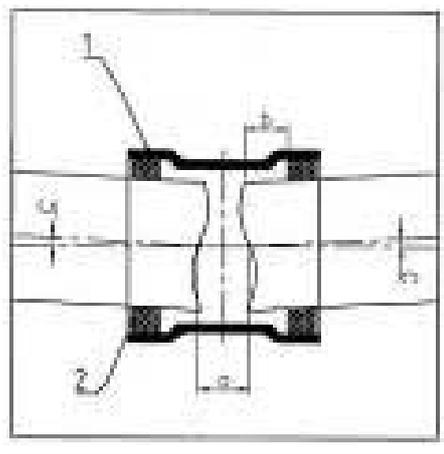
Se recomienda que estos acoplamientos cumplan la norma UNE-EN 14525:2005, ya que asegura el servicio en las condiciones más desfavorables de la conexión; como máxima tolerancia de diámetros, desviación angular, presiones

cíclicas, flexión. Así como la durabilidad de los elastómeros (UNE-EN 681), funcionamiento con distintos materiales (ver tabla diámetros) garantías sanitarias y calidad de los revestimientos y elementos de apriete.

Datos importantes que deben conocerse de estos productos son:

a Separación en la unión,  
c Desviación angular  
e Rango de presión PFA.

b Profundidad de enchufado  
d Rango de diámetros.  
f Elementos de sujeción

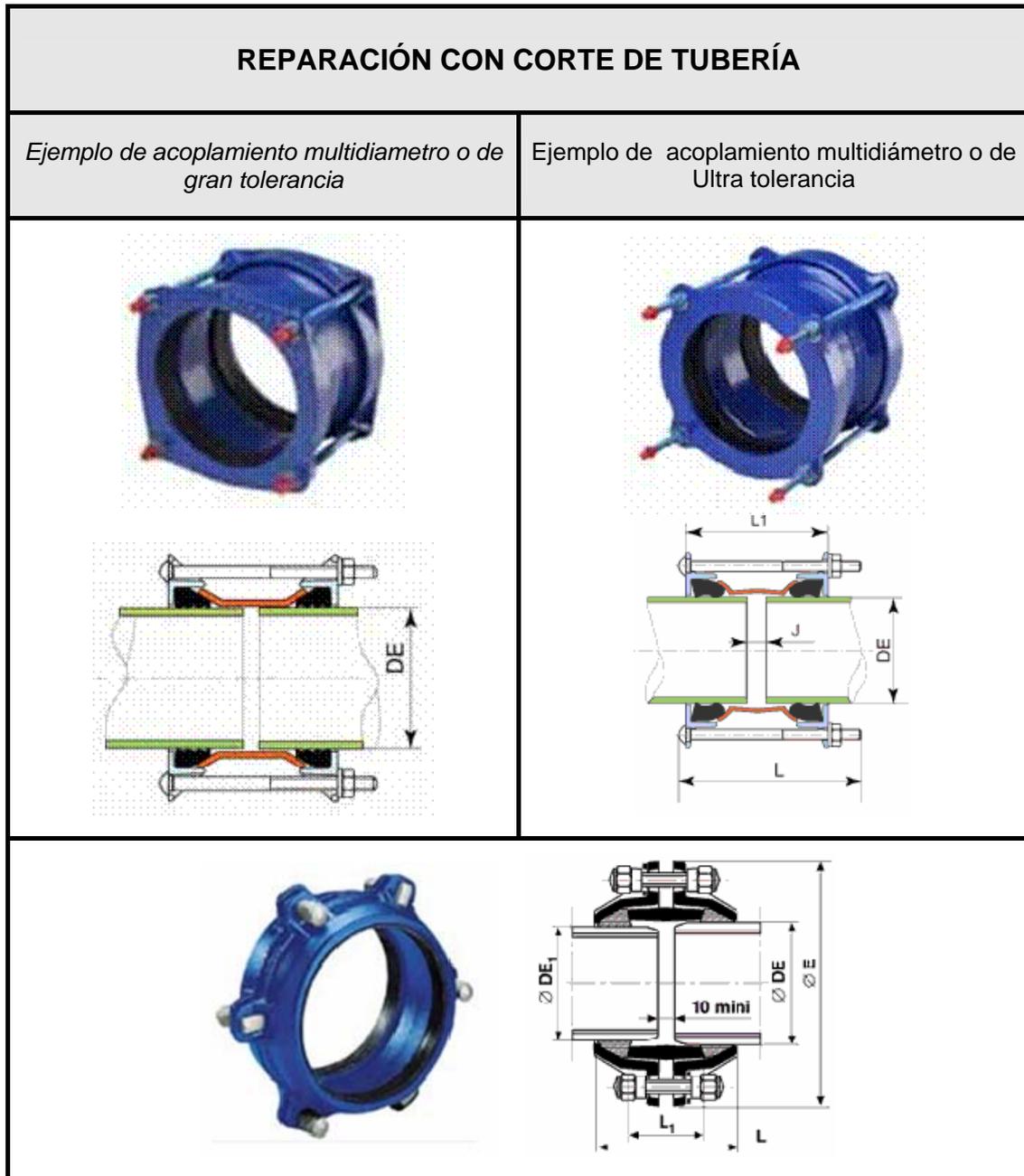


**Tabla 7** Datos necesarios para la conexión.

A continuación, a título de ejemplo, se detalla una tabla con las distancias máximas permitidas de separación entre tubos, para la instalación de la pieza de reparación.

DE o DN Máximo de las tuberías a conectar		Separación máxima (depende del fabricante) en la unión
DE (mm)	DN	(mm)
DE ? 110	DN ? 100	20
110 < DE ? 225	100 < DN ? 200	25
225 < DE ? 315	200 < DN ? 300	35
315 < DE ? 400	300 < DN ? 400	55
400 < DE ? 630	400 < DN ? 600	70

**Tabla 8** Relación entre separación en la unión con el diámetro



**Fig. 32** Ejemplos de piezas para reparación con corte de tubería

También pueden utilizarse las piezas de reparación especificadas en el punto anterior de sin corte de tubería, si bien debe tenerse muy en cuenta que, en este caso, tanto el tubo averiado como el trozo de tubo utilizado para la reparación deben tener el mismo diámetro exterior.

#### 8.4.3.2.1.- Proceso de reparación

Si la avería producida es de una dimensión importante, la reparación de ésta se realizará mediante la sustitución del tramo afectado.

Se seccionará el trozo de canalización afectada y se sustituye por un trozo nuevo. En función de la longitud afectada y según las posibilidades de maniobrabilidad, se procederá a la unión del nuevo tramo de tubería con la canalización existente utilizando las diversas técnicas habituales.

Es importante medir el perímetro de la tubería una vez descubierta (por ejemplo, con un circómetro para disponer de la lectura del diámetro exterior), para seleccionar el accesorio que mejor se adapte, que normalmente suelen abarcar un rango de diámetros, son los llamados accesorios multidiámetro.

### **Acoplamiento multidiámetro o de gran tolerancia**

Es el método más práctico y fácil de utilizar. Se seguirán los siguientes pasos:

- Cortar perpendicularmente la tubería dañada.
- Deslizar la pieza de reparación sobre los extremos de la tubería.
- Colocar el trozo de tubería nuevo
- Desplazar las piezas hasta la zona de unión
- Realizar la unión según indicaciones del fabricante

En el mercado existen manguitos incluso para diámetros superiores a 1200 mm.

Material necesario para la ejecución:

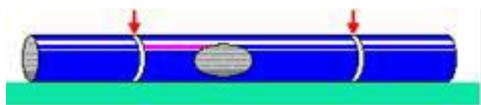
- Material de limpieza
- Herramientas de corte
- Rascador
- Herramientas de apriete
- Elementos a unir (piezas de reparación y tubo)

## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE UNIÓN - ESQUEMA DE REPARACIÓN

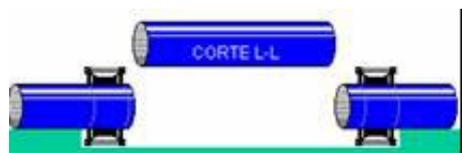
Tras la excavación y desenterrado de la canalización, limpiar la superficie exterior de la tubería y medir su diámetro exterior

Sanear la zona dañada con un margen de al menos 2 mm a cada lado (longitud cortada = C). Los extremos de los tubos de fundición deben estar limpios y libres de rebabas o aristas. Los diámetros exteriores deben estar dentro del rango del adaptador (ver tablas de diámetros de tuberías y tolerancias de los adaptadores).

Realizar los cortes sobre la conducción existente (ver Corte de tubos). La longitud de la parte de la canalización a cortar debe ser superior a las dimensiones de las uniones a montar. Colocar el corte de tubo. Verificar la longitud antes de realizar el corte con el margen admisible. Longitud del corte =  $C - 2 \times a$  ('a' es la separación entre tubo y tubo permitida por la el manguito).



1. Cortar perpendicularmente el tubo a los dos extremos de la zona afectada. El corte debe ser lo más perfecto posible ya que en caso contrario dificultaría el proceso de inserción del tubo nuevo. Para realizar el corte del tramo nuevo se debe medir el hueco donde se va a colocar. El hueco se mide desde diferentes puntos para realizar el corte lo más exacto posible para no tener que repetir la maniobra. Después de realizar las medidas, la separación mínima entre tubo será igual a la mínima medida menos dos veces la holgura.



2. Aflojar las tuercas (no es necesario soltarlas) e introducir los acoplamientos en el tubo que se esta reparando. En caso de que no fuera posible, se puede introducir en el tramo de tubo nuevo pero teniendo en cuenta que aumentará de peso y puede dificultar su manipulación.

**Nota:** El manguito puede introducirse montado o desmontado.



3. Colocar el tramo de tubo nuevo centrado, manteniendo las distancias (a) suficiente para su introducción y sin superar las distancias máximas permitidas dadas por el fabricante de la pieza de reparación.

No forzar la introducción del adaptador, pues se podría dañar la junta y con ello la estanqueidad de la instalación. Asegurar la posición relativa de las tuberías. Existe un "ángulo de desviación" que viene indicado por el fabricante del que no se debe superar.



4. Marcar la longitud del adaptador en ambos tubos de tal forma que sirvan de referencia para que quede centrado. Apretar las tuercas de manera progresiva y ordenada, cambiando a la tuerca diametralmente opuesta hasta obtener un par comprendido entre 53 a 67 Nm.



5. Verificar la estanqueidad en presión.

Instalar sin que existan diferencias de asentamiento o de reparto de carga que pudieran ejercer esfuerzos flectores superiores a los admisibles. En el caso de tubos de gran diámetro, el reparto de no homogéneo, produce concentración de esfuerzos.

## **8.5.- SISTEMAS DE REPARACIÓN DE JUNTAS EMPLOMADAS (ENCHUFE – CORDÓN).**

### **8.5.1.- Introducción**

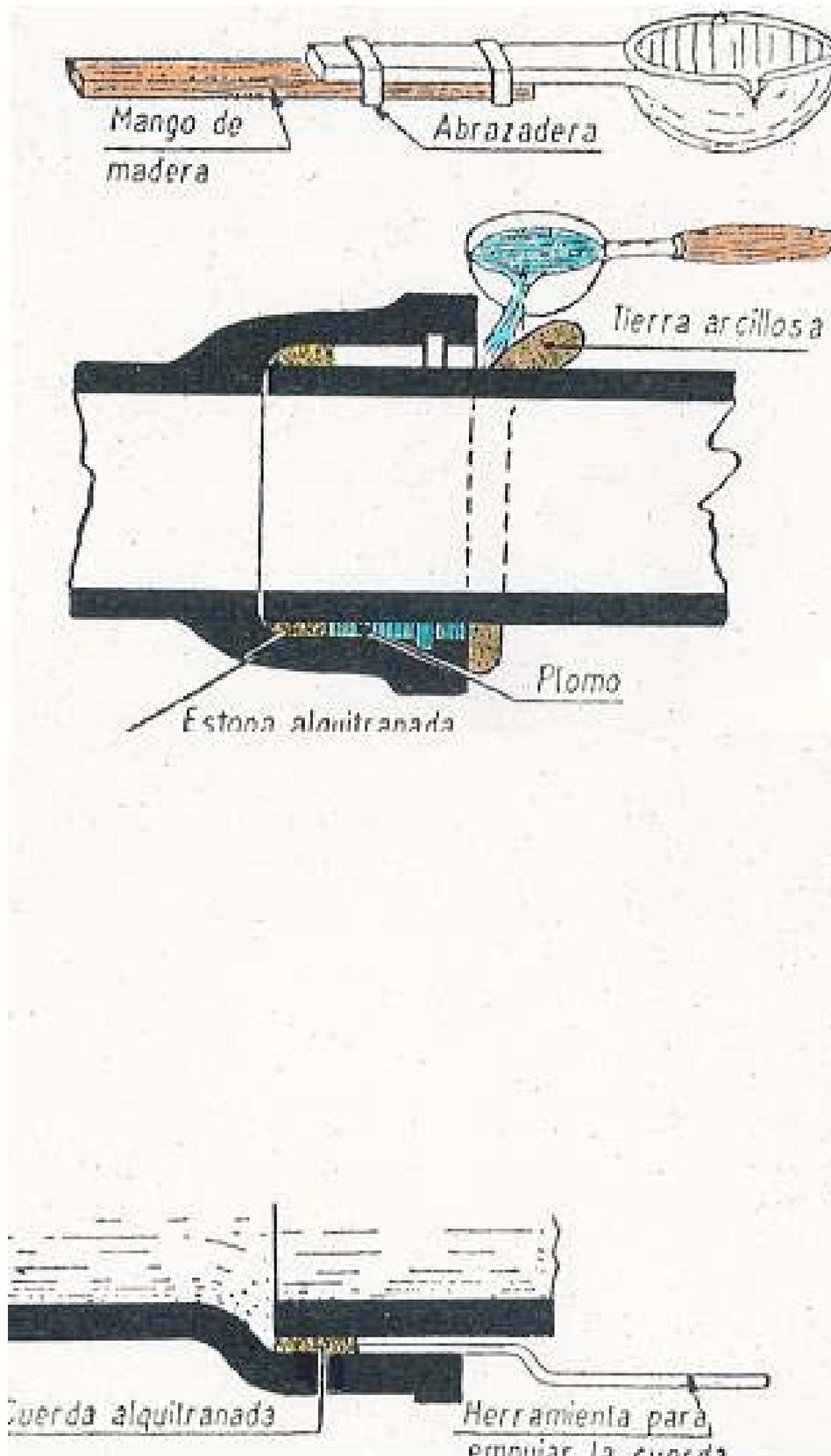
Las juntas de plomo en conducciones de fundición es un sistema que no se utiliza actualmente quedando por tanto pocos profesionales capaces de ejecutarlas. No obstante lo anterior y como aún existen conducciones de fundición y hormigón con junta de plomo en servicio, procederemos a explicar brevemente su montaje para comprender mejor los sistemas de reparación cuando tengamos fugas en este tipo de juntas.

### **8.5.2- Montaje**

La unión se realiza enchufando la extremidad macho del tubo en la parte ensanchada del tubo contiguo. Este enchufe deja entre las dos partes un vacío en donde se coloca el material que asegure la estanqueidad. Este se compone de una cuerda alquitranada, que se calafatea durante largo tiempo enérgicamente contra el fondo del enchufe, y de manera que se utilice la cantidad de material indicado en el catálogo del fabricante. Se procede seguidamente al colado y retacado del plomo que bloqueará la junta apoyándose sobre la cuerda y en la garganta interior de la conducción. La confección de la junta debe hacerse únicamente con los enchufes limpios. En caso de necesidad se han de secar las extremidades con un trapo para quitar el alquitrán en exceso.

A fin de permitir la dilatación eventual, es conveniente dejar, entre el extremo macho y el enchufe, una holgura de un centímetro aproximadamente. Una vez realizado esto, se ajusta cuidadosamente el extremo macho de manera que aseguremos a la junta un espesor constante. Se arrolla entonces, sobre el extremo macho, la cuerda de cáñamo alquitranado que se introduce con la ayuda de una herramienta especial, de manera que ocupe un espacio de 4 cm. Aproximadamente. Esta estopa es calafateada y luego se rellena la extremidad del enchufe con un rodete de arcilla. En la parte superior se deja un respiradero en forma de embudo destinado a recibir el plomo fundido por el respiradero con la ayuda de un cucharón. Cuando el plomo fluye en la parte superior significa que el espacio anular está lleno. Se retira el cordón y se corta el sobrante (plomo que desborda del enchufe en el lugar de emplazamiento del embudo).

La última operación es el retacado del plomo que consiste en empujar éste hacia el interior con la ayuda de unas herramientas llamada cortafrío y retacador. De esta operación depende en gran medida la estanqueidad de la junta. Es necesario que esta operación se lleve a cabo por personal con experiencia en esta práctica.



**Fig. 33** Procedimiento de montaje de junta emplomada

### 8.5.3.- Reparación

Cuando fuga una junta de plomo suele deberse a la pérdida de material con el tiempo, la conducción “ha escupido” el plomo, siendo el proceso de reparación el siguiente:

Con la ayuda de un cortafríos, previo corte del polígono (ver figura y fotos adjuntas), se irán dando golpes, no muy fuertes, al plomo a lo largo del perímetro de la junta para intentar rellenar el hueco entre la campana y el cordón de la junta previa limpieza de la misma. (Quitar material en mal estado).

Después de la operación anterior suele ser necesario aportar material, para lo que se cortarán trozos de plomo, por ejemplo de acometidas antiguas retiradas, y se alojarán en el hueco anteriormente mencionado dando golpes con el retacador. (Cortafríos con extremo romo).

Este sistema es eficaz para pequeñas fugas, en otros casos puede ser necesario proceder a cortar la conducción y repararla como se ha expuesto en el caso general.

Se ha utilizado con buenos resultados para garantizar la estanqueidad de conducciones de fundición gris con junta de plomo de gran diámetro alojadas en galerías, unas bridas ajustables cuyas características y montaje se indican a continuación:

Las bridas se utilizan para conseguir estanqueidad y al mismo tiempo reforzar las emplomaduras existentes en las uniones de tubería del tipo enchufe-cordón. Como mínimo consta de dos aros, uno de presión y otro de sujeción. Cada aro consta de un número de sectores que depende del diámetro, así para diámetros de 800, 850 y 900 mm cada aro consta de 6 sectores.

El aro de presión, es el que se coloca en la zona de la emplomadura. Se distingue por ser el que tiene los sectores más anchos (sectores de brida) y posee una ranura a todo lo largo de su perímetro que es donde se aloja la junta de goma que presionará la emplomadura.

El aro de sujeción es el que se coloca situado en el resalte de la unión. Se distingue por ser el que tiene los sectores más estrechos (sectores de contrabrida). Mediante doce tornillos situados a todo lo largo de su perímetro se une al aro de presión.

La junta de goma se suministra en tiras. Esta tiene que quedar perfectamente ajustada al perímetro de la tubería, por lo que para su instalación se deben cortar en inglete sus extremos para facilitar su posterior pegado.

Antes de la instalación de cada una de las partes de la pieza, aro de presión, aro de sujeción y junta de goma, se deben limpiar de cascarilla y suciedad la parte de la tubería donde se va a instalar la pieza, así como retacar la emplomadura. Esta operación es muy importante, ya que la no realización de la misma puede

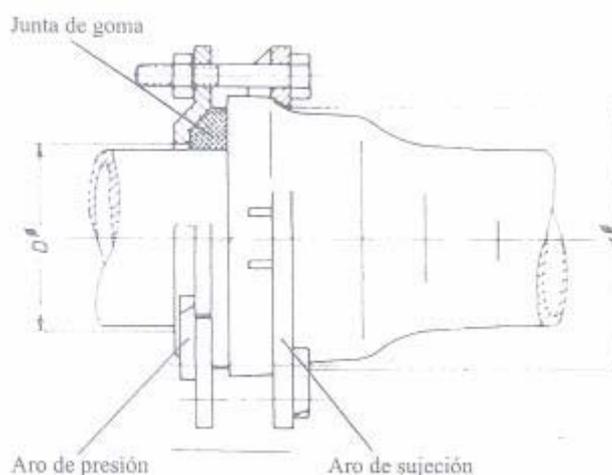
provocar que la junta de goma no ajuste bien en la emplomadura y pierda su funcionalidad.

La junta de goma se suministra en forma de perfil de longitud superior a la necesaria, teóricamente, con el fin de que a la hora del montaje la persona encargada del mismo corte dicha junta a la longitud correspondiente, dependiendo del diámetro del conducto.

El perfil de la junta de goma es de forma pentagonal y se recomienda colocarla según se describe en la Figura siguiente, es decir de tal manera que los lados del ángulo recto se apoyen por un lado sobre la tubería macho y por el otro cubra el hueco existente entre macho y hembra.

La tornillería que se utiliza, para los diámetros antes indicados, son doce tornillos de métrica 16 x 60 y calidad 8.8, para la unión de los distintos sectores de la brida y contrabrida, siendo además necesarios 12 tornillos de métrica 20 x 140 y calidad 8.8 para la unión de la brida y contrabrida. Todos los tornillos son necesarios ya que presionan el conjunto de forma uniforme por todas sus partes.

El apriete de los tornillos que unen ambos aros, hace que el aro de presión apriete la junta de goma contra la emplomadura. Para poder garantizar que la junta de goma cumple su misión, el apriete de los tornillos debe realizarse de manera uniforme, de forma que una vez terminada la colocación de la pieza, la distancia entre ambos aros sea la misma a lo largo de toda la circunferencia.

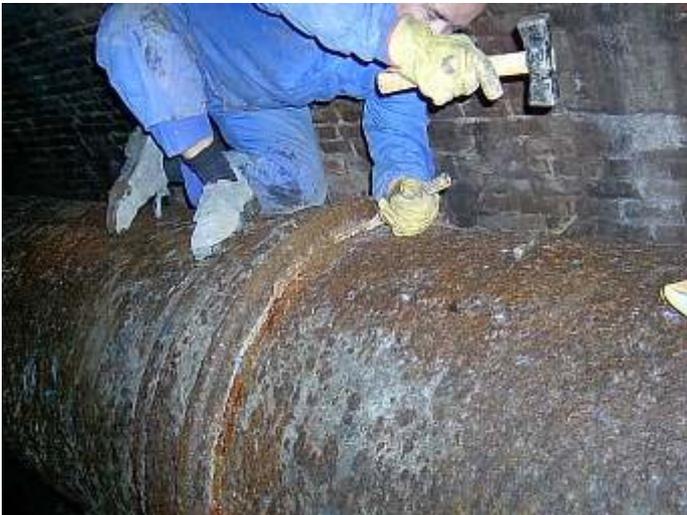


**Fig. 34** Reparación con bridas ajustables

Estas piezas permiten una cierta tolerancia ya que la unión de los seis sectores, tanto en el caso del aro de presión como en el de sujeción, está diseñada de manera que permite que dichos sectores se puedan separar (mayor diámetro) o acercar (menor diámetro).

## RETACADO DE JUNTAS







*Fig. 35* Diversas fotografías del procedimiento de retacado con plomo en frío

## REPARACIÓN CON BRIDA



*Fig. 36 Reparaciones con bridas ajustables*

## **8.6.- SISTEMAS DE REPARACION EN TUBERÍAS DE HORMIGÓN.**

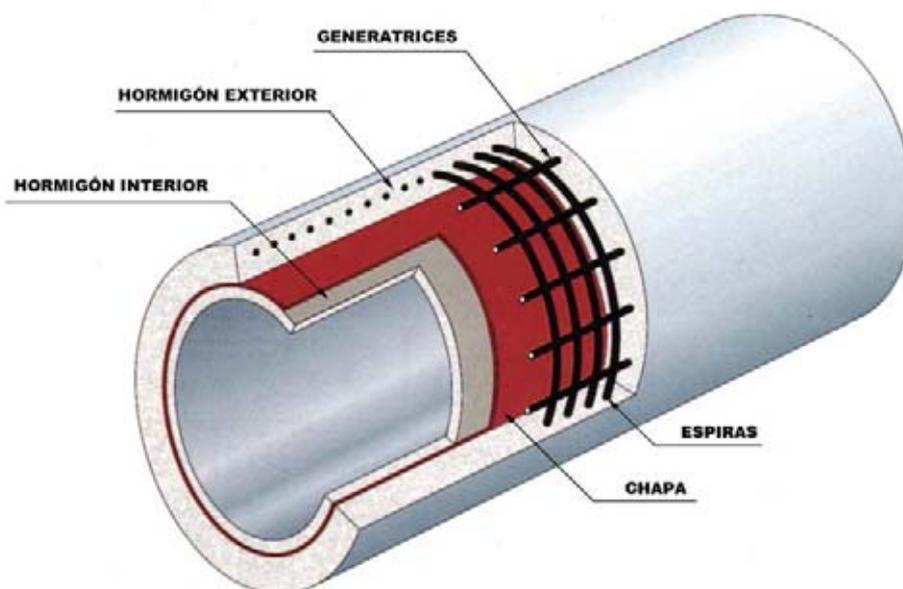
**Reparaciones en hormigón armado y postesado con camisa de chapa**



### 8.6.1.- INTRODUCCIÓN

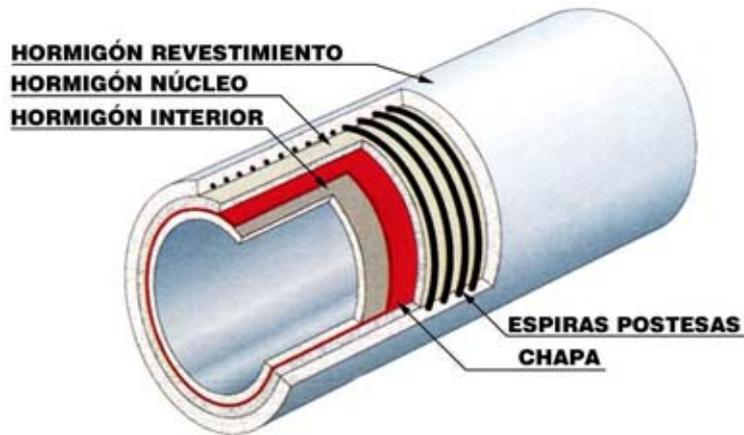
**Tubo de hormigón armado, sin camisa de chapa** es el formado por una pared de hormigón que contiene dos armaduras transversales, una interior y otra exterior, calculadas para soportar los esfuerzos de cálculo de la tubería. Es un tubo obsoleto para el empleo en tuberías que han de soportar presión interior, si bien lo encontramos en redes antiguas.

**Tubo de hormigón armado, con camisa de chapa** es el formado por una pared de hormigón que contiene una camisa cilíndrica de chapa, que le confiere estanquidad, siendo parte de la armadura resistente, normalmente situada más próxima al paramento interior, y una armadura transversal, dispuesta en una o varias capas, bien enrollada sobre la camisa o rigidizada mediante soldadura con otra longitudinal.

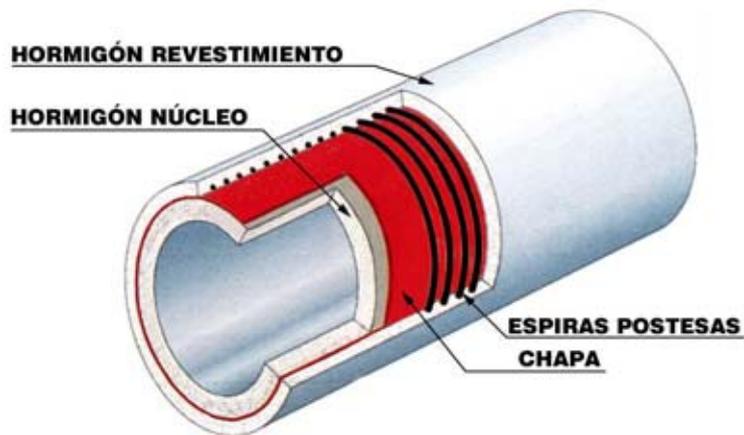


*Fig. 37 Esquema de tubo de hormigón armado con camisa de chapa*

**Tubo de hormigón, postesado transversalmente, con camisa de chapa** es el formado por un núcleo de hormigón que contiene una camisa cilíndrica de chapa, que le confiere estanquidad, un alambre de acero de alta resistencia que se enrolla helicoidalmente alrededor del núcleo, a una tensión previamente fijada, que se designa "tensión de zunchado", y una capa exterior, de espesor y naturaleza variables, cuya misión principal es la protección del alambre. El núcleo zunchado, sin el revestimiento exterior, se denomina primario.



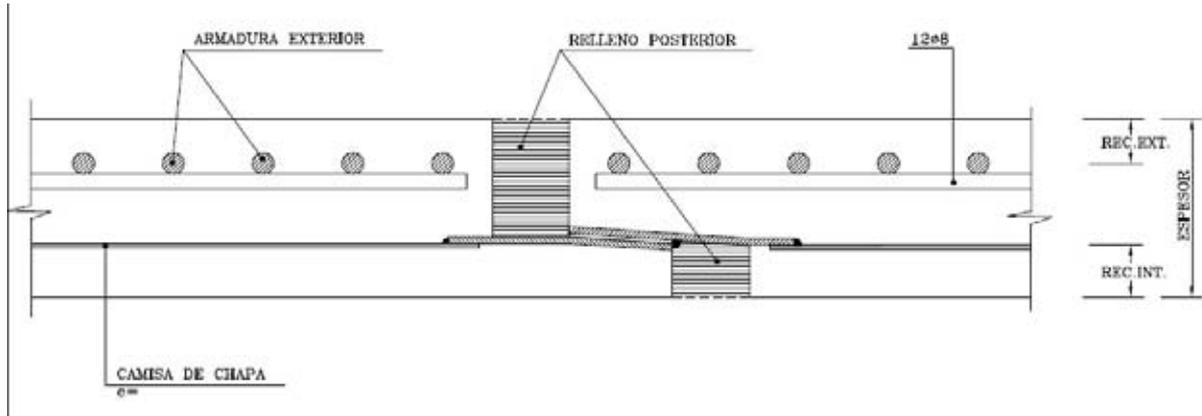
*Fig. 38 Hormigón postesado con camisa embebida*



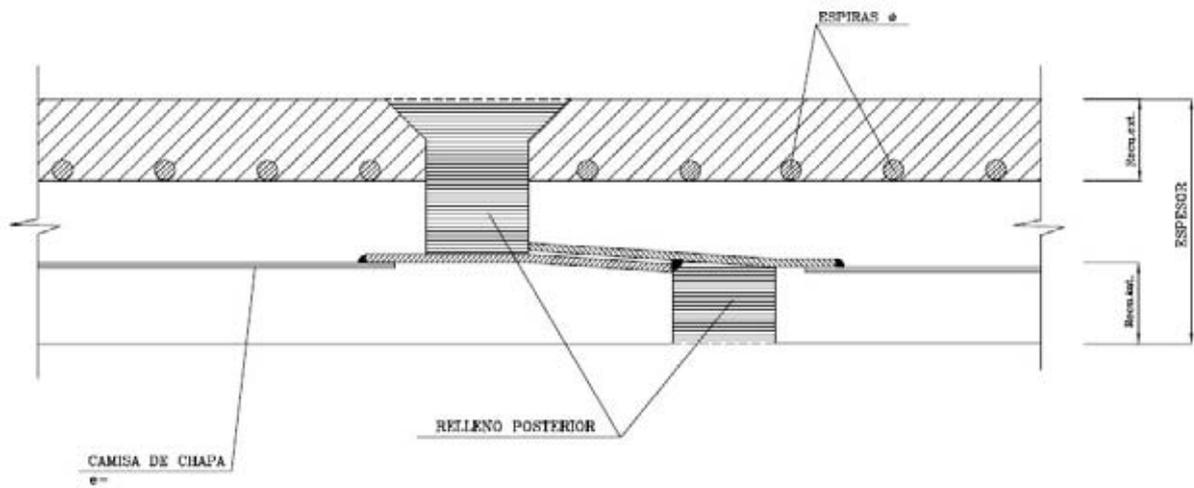
*Fig. 39 Hormigón postesado con camisa revestida*

**Piezas especiales** son los elementos de tubería que permiten cambios de dirección, empalmes, uniones con otros elementos, derivaciones, etc.

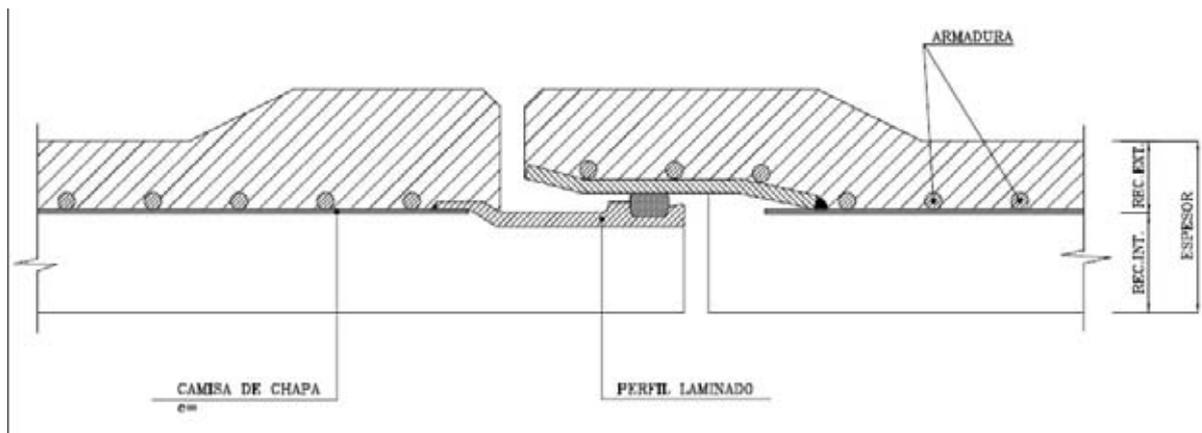
**Junta** es el elemento de unión entre dos unidades consecutivas de la tubería. Hay dos tipos de juntas: flexibles y rígidas, según permitan pequeños movimientos de la tubería o prácticamente los impidan. Las juntas flexibles están formadas por anillos de caucho sintético, y las juntas rígidas, realizadas mediante soldadura de las camisas o boquillas de chapa, previamente enchufadas.



**Fig. 40** Junta soldada en tubo armado con camisa



**Fig. 41** Junta soldada tubo postesado con camisa



**Fig. 42** Junta elástica tubo postesado con camisa revestida

### **8.6.2.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS**

Los tubos se caracterizan por su diámetro interior (nominal), fabricándose desde 500 milímetros hasta más de 3000, la longitud habitual es entre 6 y 7 m aunque en casos especiales, o diámetros muy grandes, pueden fabricarse tubos de longitudes diferentes, bien por necesidades de colocación o de transporte y manipulación.

La serie tipificada de diámetros según norma UNE EN 639 es:

200 - 250 - 300 - 400 - 500 - 600 - 700 - 800 - 900 - 1000 - 1100 - 1200 - 1250 - 1300 - 1400 - 1500 - 1600 - 1800 - 2000 - 2100 - 2200 - 2400 - 2500 - 2600 - 2800 - 3000 - 3200 - 3500 - 4000

No obstante esta serie de diámetros es solo normativa desde el año 2000, de hecho los diámetros inferiores a 500 son muy raros en este material, y en cambio pueden existir tubos colocados de diámetros que no aparecen en esta tabla, como puede ser el 1700

Las armaduras se determinan en cada caso dependiendo de las condiciones de utilización, definiéndose un nuevo parámetro que puede ser distinto en cada proyecto, referido a presión de cálculo o clase resistente. En cualquier caso, cada clase o presión será válida para una determinada franja de combinaciones de presión, cargas exteriores.

### **8.6.3.- REPARACIÓN O MODIFICACIÓN DE TUBOS DE HORMIGÓN ARMADO Y ARMADO O POSTENSADO CON CAMISA DE PLANCHA**

Es poco frecuente el caso de tener que reparar un tubo o una zona del mismo, no obstante puede suceder, así como presentarse la necesidad de realizar un injerto de nueva tubería.

#### **8.6.3.1.- Sistemas de reparación sin corte de tubería**

##### **8.6.3.1.1.- Mediante piezas mecánicas**

Este método es aplicable a tubos de hormigón armado o postesado con o sin camisa de chapa.

- En primer lugar se debe limpiar la zona dañada para retirar todas las impurezas que puedan impedir un buen agarre del producto sellante y un buen ajuste de la pieza de reparación.
- En segundo lugar aplicar el producto impermeabilizante para que según las especificaciones del fabricante de tiempo a que se realice el secado.
- A continuación se desmontará la pieza mecánica para su posterior colocación. Estas abrazaderas están provistas de una junta interior que garantiza una estanqueidad total al realizar el apriete de los tornillos. El exterior está fabricado generalmente en acero inoxidable o fundición con pintura de protección para evitar problemas de corrosión.



*Fig. 43 Ejemplos de abrazaderas de reparación*

#### **8.6.3.1.2.- Hormigón armado con camisa de chapa de espesor suficiente para admitir la derivación sin refuerzo, derivación pequeña o pequeña rotura.**

Si la camisa es suficientemente gruesa para poder soldar y la derivación mucho menor que la tubería principal es posible practicar la perforación, soldar la derivación a la camisa y dejar una derivación con brida.

Para determinar la suficiencia del espesor de la camisa o la necesidad del refuerzo se empleará el cálculo de piezas especiales de norma AWWA C-208

En el caso de rotura en lugar de derivación, se soldaría un parche a la camisa, previamente saneada esta, preferiblemente por el interior si es posible, o bien por el exterior, se dará continuidad a la armadura circunferencial cortada, en cuanto a la longitudinal no es necesario darle continuidad resistente y solo es necesaria como apoyo de la circunferencial. El mallazo interior, si existe, no requiere ser reemplazado puesto que no tiene función resistente. Si la rotura es en zona de boquillas no hay armadura circunferencial cortada.

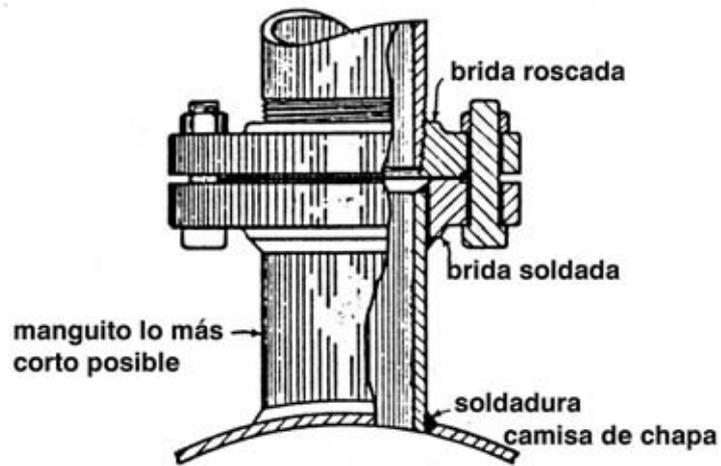
La zona de corte debe protegerse posteriormente con revestimiento de mortero.

Para emplear este método es preciso cortar el suministro y vaciar el tramo de tubería.

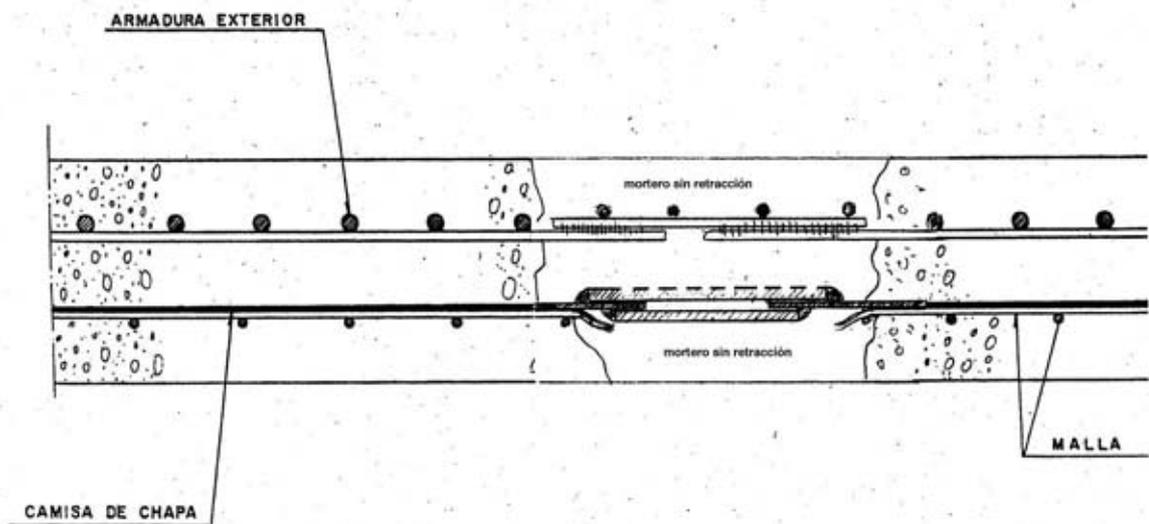
Para la reparación mediante soldadura es imprescindible conseguir una zona de trabajo con la menor presencia de agua posible, manteniendo absolutamente seca la zona donde han de realizarse las soldaduras.

Si, una vez aislada la zona afectada y vaciada la conducción mediante los desagües de red o con bombas de agotamiento, existe flujo de agua, lo cual es posible si no funcionan bien las válvulas de corte empleadas en el aislamiento del tramo, pueden darse las dos situaciones siguientes.

- Que el flujo de agua no impida la soldadura, por ser pequeño y no afectar a la zona a soldar. En este caso solo deben tomarse las medidas necesarias para garantizar la seguridad de los operarios.
- Que el flujo de agua afecte a la zona a soldar y por tanto imposibilite esta operación (por ejemplo soldadura en cuna). En este caso para poder dejar en seco la zona de soldadura pueden adoptarse medidas que difieren según la disposición del tubo y de la red, por ejemplo
  - Si es posible ampliaremos la zona de corte para reducir el flujo de agua y disponer de más desagües que puedan desviarlos.
  - Realizar una ataguía aguas arriba de la rotura en la cual se recibirá un tubo de la sección adecuada para canalizar el caudal hasta aguas debajo de la zona en la cual se deba soldar
  - Realizar una ataguía aguas arriba y en ella agotar mediante bomba para que el agua no llegue a la zona de soldadura. Si la extracción no fuera posible a través de la zona de trabajo de la rotura se realizará una ventana en la parte superior del tubo.



*Fig. 44 Derivación soldada*



*Fig. 45 Rotura en hormigón armado con camisa de chapa*

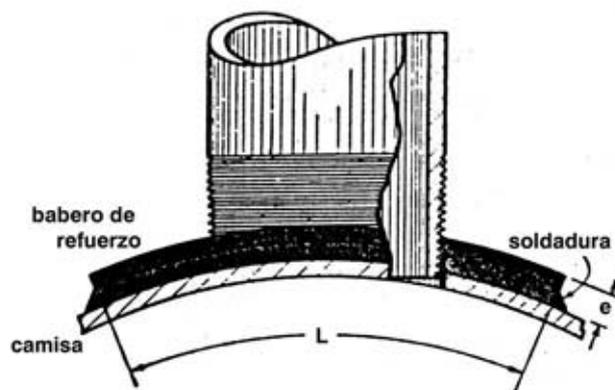
### 8.6.3.1.3.- Hormigón armado con camisa de espesor suficiente para soldar o injerto sin corte, derivación de diámetro suficientemente pequeño frente al ramal principal para permitir refuerzo en faja o babero.

La condición de refuerzo de faja o babero y dimensiones de este se determinan con la norma AWWA C-208

Se demuele el tubo hasta dejar libre la camisa en la zona necesaria para colocar el babero o faja de refuerzo.

Una vez colocado este puede realizarse un injerto roscado, con maquinaria especializada en realizar el corte en presión como en una tubería de fundición.

La zona de babero o faja debe protegerse con hormigón una vez terminada la operación.



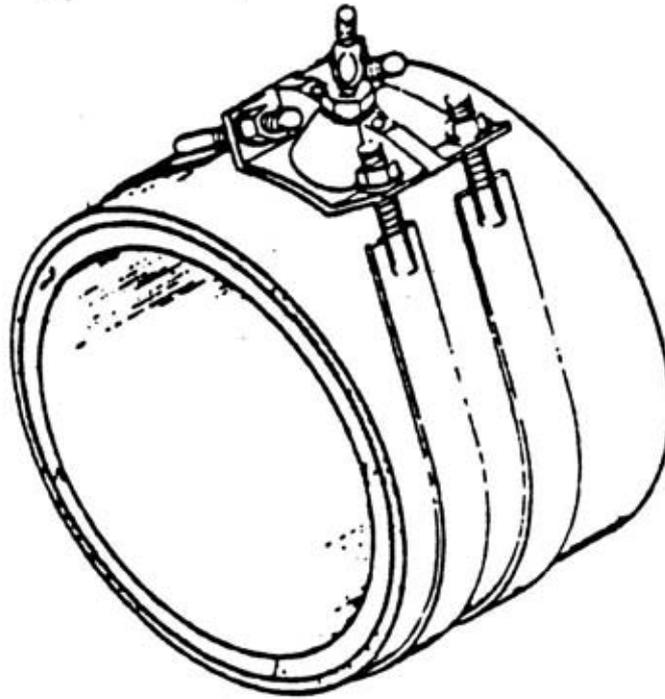
*Fig. 46 Derivación roscada*

### 8.6.3.1.4. Hormigón postesado, derivación de pequeño diámetro

Se dispone un refuerzo con flejes capaces de producir una compresión equivalente a las espiras a cortar, deberá justificarse mediante el cálculo correspondiente que esa condición se cumple.

Una vez asegurada la estanquidad del refuerzo puede procederse a perforar con maquinaria de injertos y establecer la derivación, roscada al refuerzo.

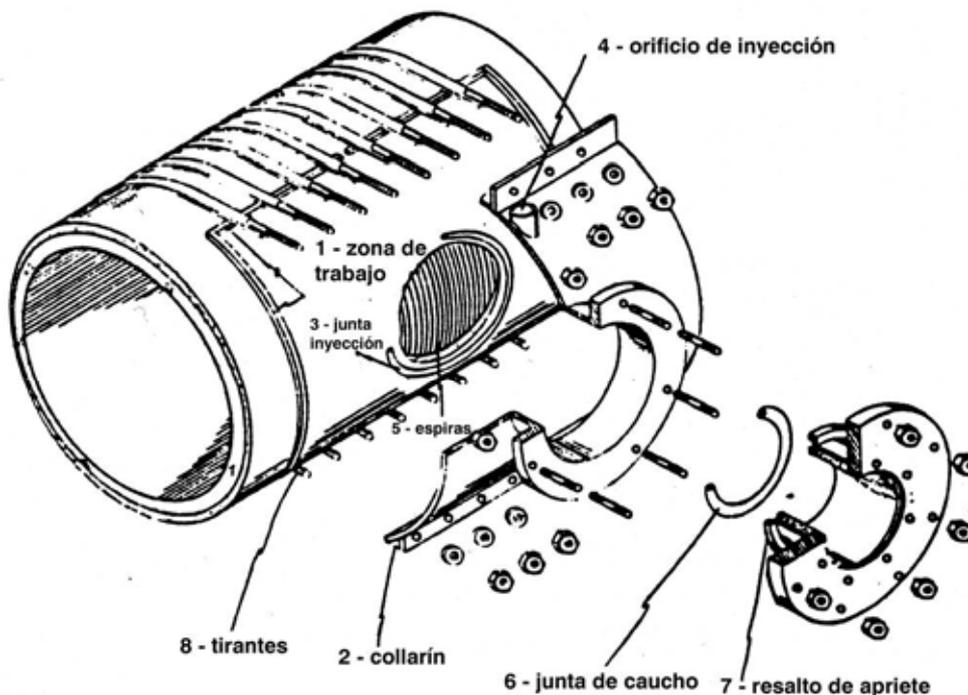
Existen refuerzos comerciales de acero inoxidable tipificados y que son válidos igualmente para el hormigón postesado, la única condición es que los flejes sean capaces de proveer la tensión equivalente a las espiras cortadas.



*Fig. 47 Derivación o rotura de pequeño diámetro*

### 8.6.3.1.5. Hormigón postesado, derivación diámetro medio o grande

Es preciso seguir las siguientes fases (ver figura)



1.-

**Fig. 48** Derivación en hormigón postesado

#### 1.- Demolición de revestimiento

Demoler el revestimiento en la zona de trabajo 1 donde va a hacerse el injerto

#### 2.- Inyección del collarín

Colocar las juntas de inyección en los bordes y alrededor del hueco del collarín 2 y colocar este en posición apretando todos los tirantes que rodean al tubo, estos deben ser suficientes para proporcionar una compresión equivalente a la que producían las espiras a cortar.

Realizar la inyección con mortero epoxi a través del orificio 4 rellenando el espacio entre el collarín y el tubo. Después de que la inyección ha endurecido cortar las espiras 5, dejando la holgura necesaria para el alojamiento del resalto de apriete 7

En tubos de camisa embebida es preciso demoler la porción correspondiente de núcleo bajo las espiras cortadas para llegar a la camisa.

### 3.- Precolocación de la brida de apriete

Colocar la brida de apriete 7 con la junta de caucho 6, cerrar con una brida ciega, apretar los tornillos y comprobar la estanquidad.

### 4.- Relleno entre brida y collarín

Retirar la brida de apriete, si la derivación es mayor de 300 será necesario reducir presión o emplear maquinaria especial para sujetar el hormigón del hueco durante el proceso de corte.

Rellenar con mortero epoxi el espacio entre la brida de apriete 7 y el collarín 2 y esperar a que endurezca.

### 5.- Injerto

A la brida de apriete se le acopla una válvula que abierta permita el paso de la máquina de corte.

Sujetando la máquina de injertos a la brida de apriete realizar la perforación, debe cuidarse esta puesto que las resistencias son variables durante el corte de la camisa cilíndrica de acero.

Una vez retirados los residuos de la perforación se cierra la válvula y se retira la máquina de corte.

Posteriormente se protege con hormigón toda la zona exterior de la derivación.

### 8.6.3.2.- Sistemas de reparación con corte de tubería.

#### 8.6.3.2.1.- Tubería de hormigón sin camisa de chapa.

Para este tipo de tubería de debe realizar con piezas mecánicas de reparación por su ausencia de camisa para soldar. El tubo a instalar deberá ser de características similares, recomendando el uso de tubería de hormigón, acero o fundición.

Aplicar el producto impermeabilizante cumpliendo las especificaciones del fabricante para su secado.

En el caso en que sea necesario sustituir un tramo de tubo o todo él es aconsejable la utilización de tubería de hormigón. En caso de que no se disponga de tubo de hormigón y tenga que ser de otro material, se recomienda que dicho material sea suficientemente rígido, por ejemplo, acero de espesor suficiente o fundición, y del mismo diámetro y presión nominal. Los accesorios a utilizar serían **acoplamientos multidímetro** y la metodología de montaje se detalla al final del documento en el Anexo 1.



**Fig. 49** Ejemplos de acoplamientos multidiametro

También pueden utilizarse las piezas de reparación especificadas en el punto anterior de sin corte de tubería:



**Fig. 50** Ejemplos de piezas de reparación

si bien, debe tenerse muy en cuenta que en este caso tanto el tubo averiado como

el tramo de tubo utilizado para la reparación deben tener el **mismo diámetro exterior**.

#### 8.6.4. Retirada de un tubo completo armado o postesado con camisa de chapa.

En caso de que no puedan emplearse ninguno de los métodos sin corte, o que por daños deba retirarse un tubo completo entonces el proceso a seguir es el siguiente:

Se prepara previamente una pieza especial metálica de la longitud y diámetro del tubo, con entrada de hombre si el diámetro lo permite, y las piezas o derivaciones que sean necesarias.

Se descubre la tubería, se quita presión y se vacía.

Se demuelen los manguitos exteriores dejando libres exteriormente las boquillas de los tubos adyacentes.



*Fig. 50 Demolición de juntas exteriores*

Si no hay un acceso cercano, se realiza una entrada de hombre cortando el tubo.



**Fig. 51** Entrada de hombre

Se demuelen los manguitos interiores y las boquillas del tubo a retirar, dejando libres las boquillas de los tubos adyacentes.



**Fig. 52** Boquilla libre 1



**Fig. 53** Boquilla libre 2

Se retira el tubo colocando en su lugar la pieza de acero preparada al efecto.



**Fig. 54** Pieza a medida



**Fig. 55** Carrete extensible

Se suelda la pieza a las boquillas de los tubos adyacentes.

Se protege el conjunto con hormigón.



**Fig. 56** Soldadura a las boquillas

## 8.7.- SISTEMAS DE REPARACIÓN DE TUBERÍAS DE ACERO



### 8.7.1.- CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS DE ACERO

Se puede definir el acero como toda aleación de hierro y carbono, cuyo contenido en este último elemento se halla por debajo del 1,7%. El acero puede contener aleados otra serie de elementos, como se indicará posteriormente.

El porcentaje de carbono es el elemento definitorio que permite establecer la diferencia entre un acero y una fundición. Así, las fundiciones son también aleaciones de hierro y carbono, además de otros elementos como silicio, manganeso, fósforo... Su contenido en carbono, oscilante entre el 2 y el 4,5%, es superior al contenido en el acero, y se caracterizan principalmente porque adquieren su forma y características directamente por colada, no siendo sometidas a ningún proceso de deformación en frío ni tratamiento térmico posterior.

#### 8.7.1.1.- Clasificación de los aceros

Para clasificar los aceros se pueden tomar diversos criterios. A este respecto, y según preconiza la norma UNE, los aceros se pueden clasificar atendiendo a dos premisas: su composición y su utilización.

Atendiendo a su **composición**, los aceros se clasifican en aleados y no aleados. Según su **utilización**, los aceros se clasifican en aceros de base, aceros de calidad y aceros especiales.



*Fig. 57 Acero para tuberías. Bobina laminada en caliente*

#### Clasificación según la composición:

- **Aceros no aleados:** Se consideran como aceros no aleados aquellos en que ninguno de sus elementos se encuentra en porcentajes iguales ó superiores a los indicados en la tabla 1.1.
- **Aceros aleados:** Se consideran como aceros aleados aquellos que contienen uno o varios elementos en porcentajes iguales ó superiores a los valores indicados en la tabla 1.1.

<i>Elementos</i>	<i>Contenido %</i>
<i>Aluminio</i>	<i>0.10</i>
<i>Bismuto</i>	<i>0.10</i>
<i>Boro</i>	<i>0.0008</i>
<i>Circonio (2)</i>	<i>0.10</i>
<i>Cobalto</i>	<i>0.10</i>
<i>Cobre (1)</i>	<i>0.40</i>
<i>Cromo (1)</i>	<i>0.30</i>
<i>Lantánidos</i>	<i>0.05</i>
<i>Manganeso</i>	<i>1.60</i>
<i>Molibdeno (1)</i>	<i>0.08</i>
<i>Niobio (2)</i>	<i>0.05</i>
<i>Níquel (1)</i>	<i>0.30</i>
<i>Plomo</i>	<i>0.40</i>
<i>Selenio</i>	<i>0.10</i>
<i>Silicio</i>	<i>0.50</i>
<i>Telurio</i>	<i>0.10</i>
<i>Titanio (2)</i>	<i>0.05</i>
<i>Vanadio (2)</i>	<i>0.10</i>
<i>Wolframio</i>	<i>0.10</i>
<i>Otros (excepto C, P, S, N y O)</i>	<i>0.05</i>
<p><i>(1) Cuando dos, tres o los cuatro de estos elementos se encuentran en combinación en un acero deben considerarse simultáneamente:</i></p> <p><i>a) los porcentajes límites individuales de cada uno de ellos.</i></p> <p><i>b) un contenido límite conjunto que será el 70% de la suma de los valores límites individuales de cada uno de los elementos</i></p> <p><i>(2) Cuando dos ó tres de estos elementos se encuentran en combinación se aplica la misma regla que para los elementos marcados con (1).</i></p>	

**TABLA 9** *Contenidos límites para la clasificación de los aceros*

### 8.7.1.2.- Acero en tuberías

- 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.
- Si el acero empleado en la fabricación de los tubos y las piezas especiales se somete a un tratamiento térmico, el fabricante garantizará 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 10025.

Se indica a continuación, la correspondencia de aceros entre las normas API, UNE y DIN, y EN/10208 de más común utilización.

<i>API – 5L</i>	<i>UNE 36080</i>	<i>UNE 10025</i>	<i>DIN 17100</i>	<i>UNE- EN 10208-2</i>
<i>A</i>	<i>A-33</i>		<i>ST/33</i>	-
<i>B</i>	<i>A-37</i>	<i>S 235 JR</i>	<i>ST/37</i>	<i>L-245 MB</i>
<i>X-42</i>	<i>A-42</i>	<i>S 275 JR</i>	<i>ST/44</i>	<i>L-290 MB</i>
<i>X-46</i>	-		-	-
<i>X-52</i>	<i>A-52</i>	<i>S 355 J2</i>	<i>ST/52</i>	<i>L-360 MB</i>
<i>X-56</i>	<i>A-70</i>		-	-
<i>X-60</i>	-		-	<i>L-415 MB</i>
<i>X-65</i>	-		-	<i>L-450 MB</i>
<i>X-70</i>	-		-	<i>L-485 MB</i>
<i>X-80</i>	-		-	<i>L-555 MB</i>

**Tabla 10**

### 8.7.1.3.- Tipos de tubería

#### 1) Tubería soldada

- Soldada automáticamente por arco sumergido, tanto helicoidal como longitudinalmente.
- Soldada por inducción o resistencia eléctrica.



**Fig. 58** Tubería de acero soldada helicoidalmente por arco sumergido. Soldadura exterior.

#### 2) Tubería sin soldadura

Fabricada por extrusión de un producto macizo (lingote, palanquilla o barra) y posteriormente laminado o estirado en caliente o en frío.

Dimensiones de los tubos

- Los diámetros exteriores varían desde 26,9 mm a 2.743 mm y los espesores de los tubos desde 2 a 25 mm, según UNE-EN 10224.
- Al mismo tiempo se debe indicar que otros diámetros y/o espesores, pueden ser fabricados por acuerdo entre el Fabricante y el Comprador como la propia norma indica, y conforme al propio proceso de fabricación.

#### 8.7.1.4.- Revestimiento de tuberías

El revestimiento se efectúa normalmente en fábrica, una vez conformada la tubería, en un ambiente propicio, generalmente para una correcta aplicación y un exhaustivo control de calidad.

Todos los tubos se protegerán tanto exterior como interiormente y en ambos casos las fases a seguir en la ejecución serán las siguientes:

- Preparación de las superficies
- Aplicación del revestimiento

En este capítulo se consideran los tubos de acero fabricados en conformidad a las recomendaciones del Pliego de Prescripciones del MOPU, principalmente, y teniendo en cuenta al mismo tiempo, las normas más utilizadas para los revestimientos y recubrimientos de estas tuberías.

#### Tipos de revestimientos

Las grandes familias de productos que aparecen hoy en el mercado, se pueden resumir en:

a) Cintas adhesivas:

Son recubrimientos en frío de cintas de PE o bien de PVC. Constan de una imprimación y posteriormente de una aplicación de cinta para protección mecánica.



**Fig. 59** Aplicación de cinta autoadhesiva.

b) Polietileno:

El sistema de recubrimiento se compone de (sistema tres capas):

- *Primer*: aplicación de un epoxy polvo electrostático.
- Adhesivo: aplicación de una fina capa de PE extruído (copolímero de etileno).
- Polietileno: aplicación de una capa de PE extruído.



**Fig. 60** Granza de PE.

c) Polipropileno:

El Polipropileno (PP), aunque de mayor densidad que el PE tiene el mismo sistema de aplicación que el PE.

d) Sistemas de Pinturas:

Dependiendo de las características de la aplicación requerida, Aplicación Sistema *Airless*.

En este apartado se pueden considerar también las Breas Epoxis y los (PUR) Poliuretanos.

e) Resinas Epoxis:

*Fusión Bonded Epoxy*: Aplicación de una pintura en polvo por el sistema electrostático.

## Otros revestimientos

Para zonas localizadas se pueden también emplear manguitos o bandas autoadhesivas y termorretráctiles.



**Fig. 61** Recubrimiento de piezas especiales (codos).

Los sistemas de aplicación de los revestimientos varían según el tipo de protección empleada.

### 8.7.2.- SISTEMAS DE REPARACIÓN DE TUBERÍAS DE ACERO

Entre los sistemas de reparación de tuberías de acero, es común la utilización de soldadura para realizar la reparación o sustitución de la tubería, si bien es necesario que no exista presencia de agua. En caso de que esto no sea posible, el sistema de reparación se debe realizar necesariamente con piezas mecánicas.



**Fig. 62** Punteado de tubería

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.



**Fig. 63** Soldadura exterior

En el caso de que se vaya a realizar la reparación mediante soldadura, se deberá tener en cuenta que:

- No debe existir presencia de agua.
- Todas las soldaduras deberán realizarse por soldadores cualificados y con experiencia demostrada.

En caso de que exista presencia de agua y la reparación se encuentre en la parte superior del tubo, se puede realizar normalmente el tapado del picotazo con un trozo de acero (“teja”) soldado ya que no supone ningún impedimento el agua que se encuentra a un nivel inferior al de la zona de trabajo.

En el caso de que la zona a reparar se encuentre en la zona baja del tubo y haya presencia de agua, se tendrán que realizar algunas intervenciones especiales como puede ser la de hacer una ventana por el lado superior del tubo y frenar el agua con un pequeño dique o ataguía, sacando el agua con una bomba. Después de soldar la zona afectada se retira la ataguía y se suelda la pequeña ventana como en el caso anterior.



**Fig. 64** Rotura de una soldadura circular en la unión de tuberías.

Cuando se deba realizar la soldadura de una plancha de reparación con un trozo de acero (“teja”) o un aro (“virola”), se comprobará el espesor y calidad de acero de la pieza y de la tubería, tanto para verificar que no es insuficiente ni excesivo y no se produzca un exceso de soldadura al tener que realizar una gran soldadura sobre un espesor pequeño de plancha en el tubo.



**Fig. 65** Preparación de piezas a unir. Soldadura de un carrete.

Es importante medir siempre el perímetro de la tubería una vez descubierta (por ejemplo, con un circómetro) para disponer de la lectura directa del diámetro exterior o con una cinta métrica calculando el mismo, para seleccionar la virola o el accesorio de reparación que mejor se adapte al tubo.

Una vez realizada la reparación se protegerán los tubos con los mismos o similares recubrimientos exteriores, con el fin de evitar ataques por el exterior de las tuberías. Igualmente se realizará el adecuado acondicionamiento y tapado del tramo reparado para evitar posteriores averías por una inadecuada obra civil.

A continuación se detallan los sistemas de reparación en tuberías de acero, de acuerdo a lo definido anteriormente:

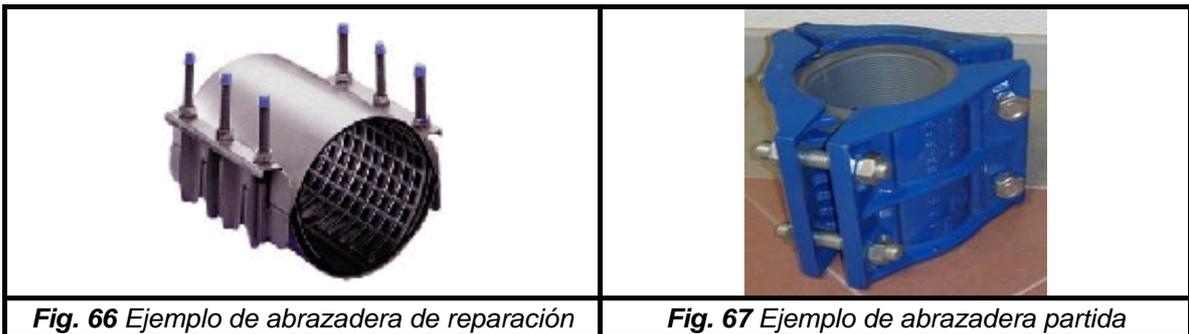
- SISTEMAS DE REPARACIÓN SIN CORTE DE TUBERÍA
- SISTEMAS DE REPARACIÓN CON CORTE DE TUBERÍA

### 8.7.2.1.- Sistemas de reparación sin corte de tubería

#### A) Con piezas mecánicas

En el caso de que el daño ocasionado en la tubería sea pequeño y no se pueda reparar mediante soldadura (en algunas normas no se admite reparar con soldadura el material base) se puede reparar con una abrazadera mecánica apropiada para la dimensión de la avería y la presión nominal de la tubería instalada.

Estas abrazaderas están provistas de una junta interior que garantiza una estanqueidad total al realizar el apriete de los tornillos. El exterior está fabricado generalmente en acero inoxidable o fundición con pintura de protección para evitar problemas de corrosión.



En el Anexo 1 se detalla el uso de cada uno de las piezas de reparación descritas anteriormente.

#### B) Mediante soldadura

En caso de que exista un picotazo o agujero en una tubería de acero y no exista presencia de agua, se puede tomar la decisión de repararla mediante la soldadura de

un trozo de plancha de acero (“teja”) o un aro de acero (“virola”), siendo su procedimiento el siguiente:



**Fig. 69** Rotura de una soldadura circular.

- En caso de que tenga algún tipo de recubrimiento externo, se eliminará con especial cuidado alrededor de la zona afectada sin dañar la chapa hasta dejar descubierta la plancha que debe quedar perfectamente saneada y limpia.
- Se preparará un trozo de plancha (“teja” o “virola”) de acero calidad adecuada y grosor suficiente para soportar la soldadura y la presión a la cual va a trabajar, que se acoplará sobre la zona dañada, siendo a continuación soldada convenientemente por un soldador especializado.



**Fig. 70** Piezas especiales

- A continuación se realizará la comprobación de la soldadura con diferentes sistemas como son los líquidos penetrantes, partículas magnéticas, radiografiado, ultrasonidos, 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 fuga por la soldadura, se descargará la tubería y se reparará la misma.

- Una vez comprobada la estanqueidad de la tubería se protegerá nuevamente con el mismo tipo de recubrimiento que la tubería original o similar recubrimiento exterior, compatible con el original. Posteriormente se realizará el control del recubrimiento por los procedimientos habituales (chispómetro) y a continuación se realizará el adecuado tapado.

Si la reparación se realiza en un lateral y especialmente en la zona inferior del tubo, no es nada raro que tengamos un pequeño caudal de agua, debido normalmente a un mal ajuste de las válvulas que se han maniobrado para aislar la avería, que impida la reparación con soldadura, se deberá parar dicho aporte. Para ello hay que comprobar el estado y disponibilidad de los elementos existentes en la tubería (desagües, válvulas, bocas de hombre, etc.). La experiencia de los operarios y la ejecución de la soldadura por soldadores experimentados es crítica para que la reparación se pueda realizar correctamente. Para parar el aporte de agua que llega al punto de soldadura se puede:

- Revisar las válvulas cerradas 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 los desagües existentes 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 y si fuese necesario instalando una bomba para extraer el agua. En ocasiones es necesario hacer una ventana por la parte superior del tubo que posteriormente debe ser sellado también por soldadura.
- etc.



**Fig. 71** Unión mediante bridas.

Una vez solucionado el aporte de agua a la zona donde se debe hacer la soldadura, se realizará la reparación. En caso de que no pueda eliminarse el aporte de agua no se podrá reparar mediante este procedimiento y se deberá utilizar alguno de los sistemas de reparación con piezas mecánicas.

### 8.7.2.2.- Sistemas de reparación con corte de tubería

#### A) Con piezas mecánicas

En el caso en que sea necesario sustituir un tramo de tubo o todo él y que, por tanto, se deba introducir en la canalización de acero un trozo de tubo (carrete) compatible con el original, pero cumpliendo las exigencias reclamadas en el proyecto, los accesorios a utilizar serían acoplamientos multidímetro y la metodología de montaje se detalla en el Anexo 1.

#### Acoplamientos multidímetro



**Fig. 72** Ejemplo de acoplamiento multidímetro o de gran tolerancia



**Fig.73** Ejemplo de acoplamiento multidímetro o de gran tolerancia

También pueden utilizarse las piezas de reparación especificadas en el punto anterior de sin corte de tubería, si bien, debe tenerse muy en cuenta que en este caso tanto el tubo averiado, como el tramo de tubo utilizado para la reparación, deben tener el mismo diámetro exterior.



**Fig. 74** Ejemplo de abrazadera de reparación



**Fig. 75** Ejemplo de abrazadera partida



**Fig. 76** Ejemplo de abrazadera de reparación flexible de acero inoxidable



*Fig. 77 Unión mediante juntas*

## **B) Mediante soldadura**

La reparación con soldadura exige que no haya presencia de agua. En caso de que esto no ocurra deberá pararse dicho aporte. Si no fuera posible, no hay más remedio que reparar utilizando otro sistema con piezas mecánicas.

En caso de que sea factible realizar la soldadura, se reparará con tubería de acero según el siguiente proceso:

- Se descubre la zona afectada.
- 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 al eje de la tubería.
- La dimensión de la zona de chapa descubierta y limpia debe ser la adecuada para posteriormente colocar el aro de acero (“carrete”) que se va a soldar.
- Después de cortar y retirar el tramo de tubería afectada, se sustituye con un tramo nuevo de tubería de características similares al tubo existente. En cualquiera de los casos se realiza el mismo sistema de colocación del aro de acero de reparación (virola).
- A ser posible, el responsable de la reparación dispondrá de los planos detallados del tubo y de los accesorios, de acuerdo a las condiciones del montaje realizado en su día, además de otras condiciones suplementarias que se consideren necesarias para la buena reparación, como pueden ser:
  - a) Planos acotados de tubos
  - b) Detalles de construcciones
  - c) Lista que incluya y describa los materiales utilizados
  - d) Normas de ejecución
  - e) Etc.

- El acero a utilizar para la fabricación del tubo o carrete a sustituir, deberá ser compatible con el tipo de acero de la conducción.
- Para la colocación de la virola y para asegurar un perfecto ajuste al tubo y una buena soldadura, se sueldan dos escuadras o dos medias lunas en los extremos del carrete, para después unirlos con un tornillo y ajustar el carrete a los tubos. Posteriormente se realizan varios puntos de soldadura del carrete con las chapas y se suelda. Al finalizar la soldadura se retiran las escuadras.



*Fig. 78 Pieza especial: Codo soldado.*

- Todos los materiales usados en la reparación, y la reparación en conjunto, deberán controlarse de acuerdo con las normas de referencia que sean de aplicación.
- Requisitos de soldadura. Todos los procedimientos de soldadura utilizados deberán ser precalificados conforme a la norma utilizada, especificando los procedimientos de soldadura, tanto para soldadura longitudinal como circunferencial.
- Todas las soldaduras deberán realizarse por soldadores cualificados y que tengan experiencia en los métodos y materiales a utilizar.
- El procedimiento de soldadura será por arco con electrodos revestidos. El responsable definirá la secuencia de ejecución de la soldadura, el número de pasadas y el diámetro de los electrodos. El número de pasadas no será inferior a dos. El espesor de garganta suele ser de 0,7 x espesor chapa.
- No se soldará cuando la temperatura ambiente sea inferior a (-18°C) o cuando las superficies a soldar estén mojadas o húmedas, en este caso será preciso un secado previo. Así mismo será necesario un precalentado previo cuando la temperatura de las chapas a unir esté por debajo de los 10°C.
- A menos que se indique lo contrario o las circunstancias así lo exijan, las soldaduras "in situ" se harán por el exterior del tubo.
- Tanto cuando la conducción principal esté realizada con tubería soldada

abocardada como con tubería soldada a tope, el “carrete” se soldará a tope. Se deberá realizar el bisel de soldadura para soldar a tope exteriormente, tanto en las dos bocas de la conducción principal (por medio de amoladora) como en el carrete que puede venir preparado de fábrica.



*Fig. 79 Soldadura exterior.*

### Procedimiento de soldadura

- Se debe tener en cuenta la calidad del material base (para el material de aportación) así como el diámetro y el espesor del tubo.
- El diámetro de los electrodos, la velocidad de soldadura y la intensidad se deberán adaptar al espesor de los tubos. El aporte de calor (intensidad de soldadura) también dependerá de la calidad del acero.
- Respecto al tipo de electrodos se debe tener en cuenta la posibilidad de utilizar un solo tipo de electrodo celulósico ó básico para todas las pasadas, o bien utilizar la primera pasada con un electrodo suave celulósico y el resto con uno más resistente (básico) obteniendo más tenacidad en la raíz.
- Para las soldaduras circulares (aparte de la homologación del procedimiento) se deberá utilizar la soldadura vertical ascendente en la primera pasada y en las demás es conveniente.
- Es conveniente precalentar entre 80 y 100° C para evitar tensiones elevadas, pero nunca con soplete oxiacetilénico, pudiendo ser con antorcha de propano, y la utilización de un electrodo celulósico. Para el resto de pasadas se podría utilizar también un electrodo básico y los mismos también deberían ser ascendentes; entre la 1ª y 2ª pasada no deberían transcurrir más de 5 minutos.
- No se deberá soldar sobre zonas con pintura, otros tipos de protección o suciedad.
- Al comprobar el corte de tubería (para sustituir por “carrete”) se debe verificar sobre mármol o escuadra que todos los puntos del chaflán están en un mismo plano.
- La separación de bordes entre tubo de línea y tubo sustitutivo o “carrete” deberá estar entre 1,5 y 2 mm comprobándose mediante galgas.
- Tras realizar la soldadura, se debe comprobar que la misma es correcta y no existen fisuras o poros. El control de las soldaduras deberá ser total mediante líquidos penetrantes en todas ellas y en función del tipo de

conducción, podrán realizarse radiografías en las soldaduras de reparación.



*Fig. 80 Uniones soldadas mediante virolas.*

- Si se decide trabajar dentro de la tubería se deberán garantizar todas las medidas de seguridad necesarias (detector de oxígeno, ventilador, botella de oxígeno personal,...). 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  $\geq$ 600mm). Posteriormente se saneará la ventana.



**Fig. 81** Soldadura interior.

- A continuación se realizará la comprobación de la soldadura con diferentes sistemas como son los líquidos penetrantes, partículas magnéticas, radiografiado o ultrasonidos. 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 misma.
- Posteriormente se deberá reponer el revestimiento conforme a las siguientes indicaciones, según producto, debiendo controlar el espesor de dicho revestimiento.
- No se deberá poner la tubería en funcionamiento hasta no estar comprobada la reparación.



**Fig. 82** Control dimensional de la soldadura

### 8.7.2.3.- Reposición del revestimiento

La reposición del revestimiento debe tener al menos la misma garantía que la ejecutada en fábrica.

#### A) PINTURAS EPOXIS: PINTADO EXTERIOR Y/O INTERIOR

Se deben seguir las indicaciones del cliente o las cláusulas del contrato o bien la normativa aplicada en el pintado de la tubería, pero fundamentalmente debe consistir en lo siguiente:

- a) Comprobar que toda la zona de reparación y adyacente esté limpia y uniforme.
- b) Granallar (lijar, pulir, etc...), limpiar la zona y disponerla para un nuevo revestimiento/recubrimiento (pintura).
- c) El retoque de la pintura se realizará con el sistema más adecuado (rodillo, etc) procurando tener un espesor húmedo adecuado al tipo de protección inicial, cubriendo la zona completamente.
- d) La pintura deberá secar adecuadamente, según ficha técnica.
- e) El tubo reparado deberá ser nuevamente controlado en las mismas condiciones que el pintado inicial.

#### B) POLIETILENO

- El método de reposición depende del tipo de daño ocasionado al tubo.
- Las irregularidades y los daños de revestimiento que se pueden producir en el proceso de reparación o bien durante la manipulación, montaje, soldadura, etc..., pueden ser:
  - Porosidades o agujeros pasantes.
  - Incisiones o grabados en el revestimiento (pasantes o no), derivados de errores en la manipulación y choque.
  - Cortes.
  - Desprendimientos.
  - Etc...
- Dependiendo del tipo de daño, magnitud o número de defectos, la recuperación del tubo consistirá en un pelado total y posterior revestimiento.
- La reposición puede hacerse de las siguientes formas:
  - con aportación de PE.
  - con parche.
  - con manguito termorretráctil.
  - combinación de las soluciones anteriores.

##### B.1) Reposición con aportación de PE:

- Limpieza de la zona a reponer y eliminación total de cuerpos extraños.
- Preparación de la superficie (por medio de cuchillas afiladas, muelas de esmeril, etc...) para facilitar el aporte de material.
- Calentamiento de la zona afectada hasta el punto de fusión del PE.

- Posteriormente, mediante calentamiento, se realiza la fusión de una varilla de la misma composición del PE y con la ayuda de una espátula se rellena la cavidad.
- Posteriormente, se deja enfriar la zona tratada.
- Finalmente, se comprobará con un detector de poros a 25 kV.

### B.2) Reposición con parche:

El sistema consiste en dos componentes: masilla (mastic) de relleno aplicado en caliente y un parche de PE.

- Limpieza de la zona a reponer y eliminación total de cuerpos extraños.
- Preparación de la superficie (por medio de cuchillas afiladas, muelas de esmeril, etc...)
- Biselado de las extremidades de la zona a reparar.
- Calentamiento del revestimiento hasta el reblandecimiento.
- Rellenar con mastic la parte dañada.
- Aplicar el mastic de reposición y calentarlo.
- Aplicar el parche, calentar y expulsar las burbujas de aire presentes debajo del parche.
- Dejar enfriar la zona y controlar la reposición con un detector de poros a 25 kV.

### B.3) Reposición con manguito y manguito termorretráctil:

El método consiste en lo siguiente (pudiendo tratarse de manguitos cerrados o manguitos abiertos):

- Limpieza de la zona a reponer y eliminación total de cuerpos extraños.
- Preparación de la superficie (por medio de cuchillas afiladas, muelas de esmeril, etc...) c)
- Biselado de las extremidades de la zona a tratar.
- Llenar la cavidad con masilla-mastic.
- Aplicación del manguito (cerrado para diámetros menores de 10" (273 mm) y abierto con una longitud igual a la circunferencia del tubo más una longitud de 80 a 100 mm de solape de cierre sobre sí mismo y perfectamente centrado).
- Fijar el manguito haciéndolo adherir con un rodillo o un guante y extraer las eventuales burbujas de aire.
- Calentar el manguito con la antorcha de gas alrededor del mismo y uniformemente.  
Una buena aplicación se evidencia por la salida del mastic alrededor del borde del manguito.
- Por último, aplicación del detector de poros a 25 kV.

## C) CINTAS PLÁSTICAS APLICADAS EN FRÍO: REPARACIÓN CON CINTAS (PE y PVC)

- Las cintas son bandas plásticas compuestas por un soporte de PE o PVC estabilizado, de media densidad y recubiertas por una o ambas caras de elastómeros (resinas sintéticas o caucho butílicos).
- Las cintas no contienen plastificantes, son resistentes al envejecimiento, se aplican en frío y están compuestas de dos o tres capas, siendo la primera un soporte de PE estabilizado de media densidad y la otra u otras dos son de protección mecánica.

- Estas cintas tienen las mismas exigencias frente a su aplicación que las exigidas al recubrimiento aplicado en fábrica.



**Fig. 83** Aplicación de cintas de polietileno por procedimientos mecánicos

Su aplicación consiste en:

- 1) Limpieza de la superficie a proteger.
- 2) Aplicación de una capa de imprimación sobre la superficie limpiada del tubo (acero).
- 3) Una vez seca la imprimación, aplicar la cinta mediante enrollamiento helicoidal con  $\cong$  un 50% de solape, con tensión uniforme y evitando la formación de arrugas.
- 4) Posteriormente, controlar la reposición con detector de poros a 25 kV.

Se añade a continuación el esquema de reposición del revestimiento:



**Fig. 84** Revestimiento de la unión de tuberías mediante encintado en frío.



**Fig. 85** Recubrimiento de la unión entre tuberías mediante manguito termorretráctil.



**Fig. 86** Calentamiento inicial en la colocación del manguito termorretráctil.



**Fig. 87** Calentamiento final en la colocación del manguito termorretráctil.



1  
Calentar la superficie del tubo hasta que tenga el calor de la mano. De este modo la superficie está lo suficientemente seca para proseguir con el tratamiento.



2  
Limpiar la superficie del tubo con un cepillo de acero manual, eliminando el óxido, la suciedad y otros restos. Los restos aceitosos o grasientos deberán eliminarse con un disolvente apropiado.



5  
En la posición de las 10 horas o las 2 horas, colocar la banda termorretráctil en dirección axial de tal forma que el revestimiento industrial quede solapado homogéneamente a ambos lados.



8  
Calentar regularmente la zona de solapado y presionar la banda con los guantes.



11  
Calentar el lado exterior del parche de cierre colocada y presionar con el guante hasta que el pegamento derretido salga por los lados. Eventualmente pasar con un rodillo sobre toda la superficie del parche de cierre.



14  
Dirigir la llama, en el centro y en la dirección del perímetro, hasta el parche de cierre. Seguidamente, realizar la retracción de la banda hacia uno de los extremos en dirección radial.



3  
Incluir en la limpieza unas zonas de solapado de 100 mm a ambos lados. Seguidamente, darle a la superficie cierta rugosidad mediante un cepillo de acero manual.



6  
Presionar con la mano sobre la banda termorretráctil montada, calentar con una llama azul-amarilla y volver a presionar el manguito con las manos.



9  
Calentar el lado que lleva el pegamento del parche de cierre con la llama de gas. Colocar el lado calentado sobre la zona de solapado de la banda termorretráctil.



12  
Antes de la retracción de la banda termorretráctil, dejar enfriar el parche de cierre hasta que tenga la temperatura de la mano.



15  
Empezando otra vez por abajo, retraer la banda en sentido radial hacia el otro extremo.



4  
Retirar la película de protección de la banda en toda la anchura y en una longitud de aprox. 150 mm.



7  
Alinear la banda termorretráctil retráctil. Retirar completamente la película protectora. La banda termorretráctil debe apoyarse sobre la superficie del tubo.



10  
Seguir calentando el lado que lleva el pegamento y colocarlo sobre la totalidad de la banda termorretráctil en la zona del solape.



13  
Empezando por la parte inferior del tubo, calentar la banda termorretráctil con una llama azul-amarilla a lo largo del cordón de soldadura hasta que la banda se retraiga.



16  
El proceso de retracción ha finalizado cuando el caucho empieza a salir por los lados.

#### 8.7.2.4.- Sistema de reparación por unión mediante bridas

En el caso de que no se disponga de la posibilidad de reparar mediante soldadura de calibre adecuado sobre las que hacer la soldadura, se puede reparar uniendo los tubos mediante bridas.

Cuando la sustitución del “carrete” deba realizarse mediante “carrete” con bridas, o bien se trate de la sustitución del tubo en conducciones realizadas por uniones con bridas (tubería autoportante, principalmente), las caras de las bridas se deben limpiar completamente de todo material extraño. La goma deberá estar centrada y las bridas de ambos lados deberán garantizar la unión. Todos los pernos se deberán apretar en sucesión progresiva y diametralmente en situación opuesta.



*Fig. 88 Unión mediante bridas.*



*Fig. 89 Piezas especiales*

## ***8.8.- SISTEMAS DE REPARACIÓN DE TUBERÍAS DE POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (PRFV)***



## 8.8.1.- CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS DE POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO (PRFV)

### 8.8.1.1.- Generalidades

Las tuberías de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) están formadas por una resina de poliéster, fibras de vidrio o sintéticas, cargas estructurales (áridos, carbonato cálcico...) y aditivos.

Respecto a la fabricación, lo usual es que sea o bien por arrollamiento continuo o bien por centrifugación.



**Fig. 90** Arrollamiento continuo



**Fig.91** Centrifugación

El espesor del tubo está dividido en tres partes diferenciadas entre sí:

- a) Revestimiento interior: Debe garantizar las características hidráulicas, químicas y la resistencia a la abrasión del tubo. Puede estar constituido bien por una resina termoestable o bien por una resina termoplástica.
- b) Parte estructural: Consiste, básicamente, en una resina termoestable, fibra de vidrio y, en su caso, carga estructural de arena silíceo u otro material inerte. Todo ello en las proporciones adecuadas para poder soportar los esfuerzos mecánicos a los que la conducción vaya a estar sometida. Además la composición puede ser variable según la sección.
- c) Revestimiento exterior: Debe garantizar la protección exterior del tubo. Está constituido básicamente por resina termoestable y, en su caso, por cargas, aditivos que garanticen sus propiedades o áridos y con o sin un refuerzo de vidrio o de filamentos sintéticos.

### 8.8.1.2.- Características Técnicas

Los tubos de PRFV se clasifican, de acuerdo a las normas UNE-EN 1796 y UNE-EN 14364, según su diámetro nominal y serie, rigidez nominal, presión nominal y el tipo de unión.

Estas normas de producto han sustituido y anulado recientemente a la norma UNE 53323 EX. Por lo tanto, en los sistemas de redes de conducción de agua a presión podemos encontrarnos con tubos marcados con esta norma UNE cuyo contenido es similar al de las nuevas UNE-EN.

Las dimensiones normalizadas van desde 100 mm hasta 3000 mm de diámetro nominal y las presiones recogidas en norma van desde 1 a 32 bar.

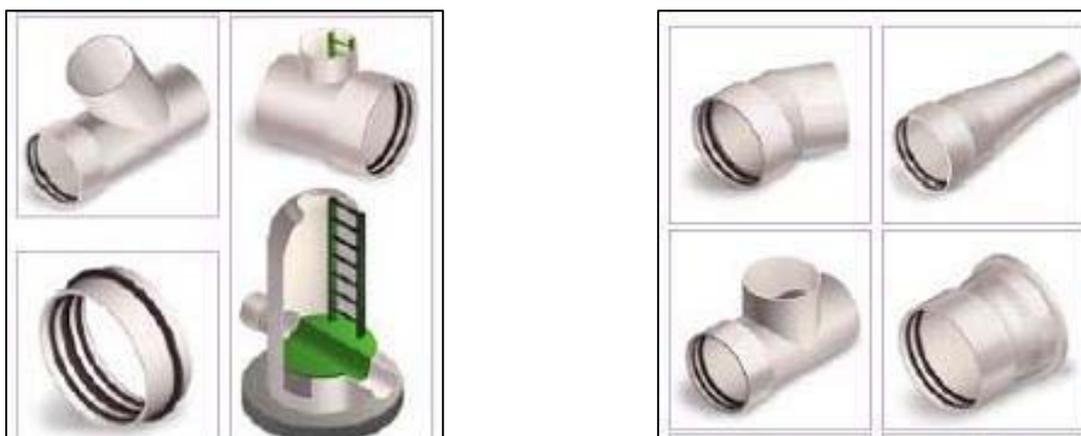
Los tubos tienen una longitud normalmente de 6 ó 12 metros, aunque también pueden suministrarse longitudes superiores.

### 8.8.1.3.- Sistemas de unión y accesorios

Los tubos PRFV por lo general se unen por medio de una junta elástica que se puede suministrar en la copa del tubo o en un manguito (separado o montado en un extremo del tubo).

Los tubos PRFV también permiten el uso de otros sistemas de conexión tales como bridas, acoplamientos mecánicos y uniones por laminación (unión química).

Existe una gama completa de accesorios en PRFV: codos, tes, racores, ampliaciones, pozos de registro, bridas...



*Fig.92 Diferentes accesorios en PRFV*

### 8.8.2.- SISTEMA DE REPARACIÓN

Los casos en los que se precisa la reparación de un tubo de PRFV son los que se derivan de las siguientes anomalías:

- Rotura de la pared estructural del tubo
- Fuga en las uniones

Si una tubería presenta un rayado en la superficie exterior del tubo, se considera daño no estructural y no es necesaria su reparación, salvo que se trate de una instalación aérea exterior, en cuyo caso habrá que tratar la superficie pintándola con resina.

## Rotura de la pared estructural

Se considera daño estructural aquél que afecta a la estructura de la pared del tubo produciendo: grietas, oquedades, cortes, separación de capas, agujeros, desprendimiento de fibras, etc.

Por la naturaleza propia de material compuesto, cuando se produce este tipo de incidencia la única forma de proceder a la reparación es la eliminación de la zona dañada. Por lo tanto la primera operación a realizar en una reparación de tubería de PRFV será el corte y eliminación de dicha zona (carrete de tubería dañada).

**Nunca debe realizarse una reparación directamente sobre una zona dañada estructuralmente. Se procederá siempre a la sustitución de dicha zona.**

Saneando correctamente la zona dañada, el resto de la tubería no sufre alteración alguna en sus características.

Cuando se elimina la zona dañada se generará un tramo sin tubo que deberá volver a cerrarse mediante la incorporación de un carrete de tubo nuevo.

La operación puede realizarse mediante varios sistemas:

1. Primeramente debe identificarse la zona donde se ha producido el daño y medirse los diámetros de los componentes a unir.
2. Posteriormente se corta el segmento de tubo en donde se aprecia el daño dejando una zona de seguridad de aproximadamente medio metro a cada lado para asegurar que la zona dañada ha sido completamente eliminada. Para realizar el corte deberá utilizarse un disco diamantado adecuado. Asegurar que el corte se realiza perpendicularmente al eje del tubo.
3. A continuación se procede a insertar un nuevo segmento de tubo de igual o superiores características (PN), el cual puede unirse a los adyacentes mediante varios sistemas (manguitos estándares de PRFV o manguitos mecánicos).

Es una buena práctica biselar de nuevo la boca del tubo con un disco de carburo para poder proceder al montaje mediante la utilización de la junta estándar de PRFV, y pintar con resina todo el espesor del tubo cortado para sellar toda la zona. En esta operación no deberá ningún caso rebajarse el diámetro del tubo.

### 8.8.2.1.- Reparación sin corte de tubería

En el caso de que exista un daño pequeño en la tubería es recomendable el corte y sustitución de la tubería, aunque también podría repararse sin necesidad de corte de tubería, utilizando una abrazadera flexible de reparación y las indicaciones de uso indicadas al final del documento en el Anexo 1.

### 8.8.2.2.- Reparación con corte de tubería

#### A) Con abrazadera flexible de acero inoxidable

Este modo de reparación puede hacerse mediante el uso de abrazaderas flexibles de acero inoxidable, que se componen de uno o más sectores para facilitar la reparación.

Estos acoplamientos no deben desmontarse antes de su uso, aunque puede ser necesario aflojar la tensión de las tuercas para introducirlas en el tubo. El empleo de lubricante de juntas ayudará a esta operación.



*Fig. 93 Ejemplo de abrazadera de reparación flexible de acero inoxidable*

#### B) Reparación con manguito mecánico rígido

El uso de otro tipo de acoplamientos mecánicos tipo Gibault,... debe realizarse con sumo cuidado y siempre respetando las condiciones de uso del fabricante de tuberías para evitar que un exceso en el par de apriete conduzca a la rotura del material o a una deformación circunferencial.



*Fig. 94 Acoplamiento sin tolerancia (tipo Gibault)*

### C) Reparación con manguito estándar de PRFV

Para proceder al cierre de la línea mediante el uso de manguitos estándar de PRFV debe seguirse el siguiente proceso.

Esta reparación se realizará utilizando un tubo idéntico al existente. Cuando esto no sea posible podrá emplearse otro tubo siempre que sus características resistentes sean iguales o superiores y su diámetro compatible con el existente.



*Fig. 95 Ejemplo de manguito estándar de PRFV*

1. Debe identificarse y eliminar toda la zona dañada mediante el corte de la sección de tubo estropeada. El corte de los extremos del tubo debe ser perpendicular, y deberá realizarse, en ambos extremos, un chaflán como el que presenta el tubo fabricado.
2. Medir el espacio que va a ocupar el carrete de cierre de la instalación. La longitud del carrete no será más corta de 40mm que la del espacio medido.
3. Una vez saneada la zona, preparar una cama central para que apoye allí el nuevo segmento del tubo y dejar sobre excavado en la zona de las uniones.
4. Usar dos acoplamientos de manguito sin tope central de montaje. Medir la profundidad del manguito y a partir del extremo de los tubos instalados o del carrete a unir, hacer una marca a una distancia equivalente a la mitad de la anchura del manguito.



5. Antes de montar los manguitos, limpiar y lubricar abundantemente los extremos y las juntas del acoplamiento. El lubricante deberá ser adecuado para el montaje de estas tuberías.

6. Introducir los manguitos bien en el carrete, bien en el extremo del tubo.



7. El carrete debe colocarse de forma centrada con objeto de que quede el mismo espacio libre entre el tubo insertado y los tubos adyacentes.

8. Lubricar bien los extremos de los tubos adyacentes tras haberlos limpiado a fondo.

9. Colocar el carrete en su posición final y deslizar los manguitos sobre los tubos adyacentes hasta alcanzar la marca que indica el límite. En el caso sea necesario se puede utilizar un tráctel para manguitos.



10. La compactación del material de relleno alrededor del carrete es muy importante. A menudo el área del tubo de cierre es sometida a una sobre excavación para facilitar el acceso.

Se seguirán siempre las normas de instalación a este respecto.

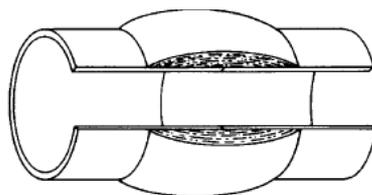
No debe rellenarse con materiales arcillosos ni con hormigón ya que pueden producirse asentamientos posteriores para los cuales habrá que tomar medidas adicionales.



### 8.8.2.3.- Reparación con junta laminada / reconstrucción

Los tubos de PRFV brindan la posibilidad de otras formas de reparación. Éstas consisten básicamente en la realización de juntas laminadas.

Si bien esta forma de reparación es factible en algunos casos, no se debe realizar nunca sin la supervisión del fabricante del tubo. Los tubos de PRFV pueden estar fabricados mediante distintas técnicas de elaboración y de ello puede depender que la solución mediante laminación sea factible o no. Por ello puede ser altamente peligroso realizar este tipo de reparación sin los conocimientos adecuados de fabricación.



**Fig. 96** Unión por laminación.

Nunca debe emplearse este tipo de reparación en presencia de agua. Deben respetarse los tiempos de endurecimiento de la resina, lo cual debe tenerse en cuenta al estudiar la afección al servicio.

#### **8.8.2.4.- Fugas en las uniones**

Este tipo de fuga, si aparece, se detecta en la fase de ensayo hidráulico de la línea después de su instalación. Puede producirse por oclusión de gravilla, piedras u otro elemento extraño en las uniones con junta elástica o por un desplazamiento de la propia junta durante la fase de ensamblado (arrollado o pellizcado de la junta) o por un movimiento excesivo del terreno.

En el caso de que se produzca este tipo de avería, la forma más fácil de proceder es cortando el manguito estándar de PRFV donde se aloja la junta de unión entre los dos tubos y sustituyéndola por un manguito mecánico flexible con dos o más cierres. Según el diámetro de la tubería existen juntas con un número distinto de sectores que permiten adaptarse perfectamente a los tubos ya instalados.

El corte del manguito de unión se realizará con una radial con disco diamantado tomando las medidas oportunas para evitar dañar el tubo de base con el propio disco. El manguito se cortará en dos o tres segmentos para facilitar el desmontado del mismo. Una vez fuera, se procederá a limpiar los extremos de los tubos para eliminar todo tipo de suciedad y se procederá al montaje de la nueva pieza de unión que debe abrirse para abrazar el tubo.

## 8.9.- SISTEMAS DE REPARACIÓN DE TUBERÍAS DE POLIETILENO (PE)



## **8.9.1.- CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS DE POLIETILENO (PE)**

### **8.9.1.1.- Características de las Tuberías de PE**

El Polietileno (PE) forma parte de la familia de plásticos conocida genéricamente como "Poliiolefinas". 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.

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.

### **8.9.1.2.- Proceso de fabricación de la tubería**

La fabricación de la tubería se realiza a partir del polietileno granulado, que es transformado tras un proceso de extrusión. El proceso en forma resumida es el siguiente:

- El polietileno granulado es secado previamente a una temperatura de 105-110°C previamente a la alimentación de la máquina extrusora. El granulado se mantiene a una temperatura constante en el momento de entrada a la extrusora para evitar oscilaciones en el rendimiento.
- En el interior de la extrusora un husillo empuja al material fundido a un temperatura entorno a los 210°C, alcanzando presiones muy elevadas y a una velocidad de fabricación que depende del tipo de extrusora utilizada (convencional o de alimentación forzada).
- El material fundido y extrusionado se introduce en el cabezal a través de orificios que distribuyen la masa hasta llegar al mandril y la boquilla donde la tubería adopta el diámetro y espesor deseado.
- La tubería resultante es conformada y calibrada en sus dimensiones definitivas en un tanque de vacío. En este tanque se disipa rápidamente el calor haciendo llegar una película de agua a la zona de admisión. La superficie del material se enfría rápidamente por debajo del punto de fusión. El enfriado se produce unilateralmente y exteriormente, provocando tensiones internas en las paredes.
- La tubería resultante es traccionada a una determinada velocidad de proceso.
- Una vez conformada y enfriada la tubería, se marca según establece la Norma, y dependiendo del diámetro y necesidades del cliente se corta en tubos o se enrolla en bobinas.

Según norma, todos los tubos deben ir marcados, de forma fácilmente legible y durable, con las siguientes identificaciones como mínimo:

- Nombre del suministrador, fabricante o nombre comercial
- Fecha de fabricación (mes y año y número de lote)
- Tipo de material (PE 40, PE 80 ó PE 100)

- Diámetro nominal, DN (en mm)
- Presión nominal, PN (en bar)
- Espesor nominal, e (en mm)
- Referencia a la norma correspondiente en cada aplicación
- Marca de calidad de Producto, en su caso

Marca Comercial PE 100 DN 110 x 10 SDR 11 PN 16 bar UNE-EN 12201 AENOR 001/XXX  lote YYY

**Tabla 11** Marcado en los tubos de PE

<b>Aspectos</b>	<b>Marca o Símbolo</b>
Número de la norma	UNE-EN 12201
Identificación del fabricante	Nombre, símbolo o marca comercial
Dimensiones (DN x e)	p.ej. 110x10
Serie SDR	p.ej. SDR11
Material y designación	p.ej. PE 100
Presión en bar	p.ej. PN 16 bar
Periodo de producción (fecha o código)	p.ej. YYY
<i>En el caso de productos con Marca de Calidad:</i>	
- AENOR 001/Número de contrato	p.ej. AENOR 001/XXX
- Logotipo de la Marca de Calidad de AENOR	<input checked="" type="checkbox"/>

### 8.9.1.3.- Tipos de Polietileno (PE)

Los tipos de PE usados en la fabricación de tubos y accesorios están recogidos en la norma UNE-EN 12201.

	<b>PE40</b>	<b>PE63</b>	<b>PE80</b>	<b>PE100</b>	<b>Unidades</b>
<b>MRS</b> Tensión mínima requerida	4	6,3	8	10	MPa

**Tabla 12** Clasificación Tubos Polietileno

En Julio de 2003 se publicó la Norma UNE-EN 12201, que engloba las tuberías de PE para agua a presión para consumo humano, así como la materia prima. En esa misma fecha también se publicó la Norma UNE-EN 13244 para abastecimiento de agua a presión para consumo no humano.

La entrada en vigor de esta Normas Europeas incide directamente en la clasificación y terminología de los tubos existentes en el mercado, pues mientras que la antigua Norma UNE 53131 clasificaba los Polietilenos por su densidad en tres grupos:

- PE 32 Polietileno de Baja Densidad (PEBD)
- PE 50 B Polietileno de Media Densidad (PEMD)
- PE 50 A Polietileno de Alta Densidad (PEAD)

La nueva normativa (UNE-EN 12201) los clasifica en función de su MRS (tensión mínima requerida), incluyendo 4 tipos:

- **PE 40** (MRS 4 MPa)
- **PE 63** (MRS 6,3 MPa)
- **PE 80** (MRS 8 MPa)
- **PE 100** (MRS 10 MPa)

Con la publicación de las normas UNE-EN 12201 y UNE-EN 13244, el 1 de Junio 2004 quedaron anuladas las Normas UNE 53131, UNE 53490, UNE 53965 EX y UNE 53966 EX; coexistiendo hasta ese día, tuberías fabricadas por las normas anteriormente citadas.

La Norma UNE-EN 12201 contempla únicamente para conducciones de **agua de consumo humano, los tubos de color azul o de color negro con bandas azules**; contemplándose en la norma UNE-EN 13244 **para agua de consumo no humano los tubos negros o negros con banda marrón**.

La gama de producto contemplada en ambas normas:

Diámetro nominal: desde 20mm hasta 1600mm

Presión nominal (comúnmente utilizadas en España): desde 4 bar hasta 25 bar

Longitud tubos: En rollos (de 50m o 100m) o en barras (de 6m o 12m)

En cuanto al mantenimiento de las tuberías de polietileno podemos resaltar de sus características las siguientes:

#### **8.9.1.4.- Coeficiente de dilatación**

El polietileno tiene un alto coeficiente de dilatación. El coeficiente de dilatación térmica lineal del polietileno es del orden de 0,2 mm por metro de longitud y °C de variación de temperatura. En los montajes de tubería nueva o en reparaciones donde se cambien una importante longitud de tubería, se instalará en zanja con un ligero serpenteo y se recomienda que el tapado se realice a primeras horas de la mañana antes de que el sol lo haya calentado o en días fríos o nublados. Esta característica de dilatación y posible contracción del tubo hay que tenerla muy en cuenta cuando se realicen reparaciones con corte de tubo, siendo por ello recomendable el empleo de manguitos electrosoldables o el uso de piezas de reparación con elementos resistentes a la tracción (AUTOBLOCANTES).

#### **8.9.1.5.- Pinzamiento de tubos de polietileno**

La elevada flexibilidad de los tubos de polietileno posibilita que en ciertas circunstancias pueda realizarse el cierre del suministro de agua realizando un pinzamiento sobre la tubería de polietileno. Este pinzamiento produce un

debilitamiento del tubo especialmente en los dos extremos de la sección pinzada por lo que debe evitarse en la medida de lo posible y utilizar siempre que se puedan las llaves de cierre y válvulas de maniobra de la red. No se recomienda por tanto el pinzamiento de las tuberías de polietileno y especialmente se desaconseja en tubos de polietileno de alta densidad PE100 y en calibres mayores a 160 mm.

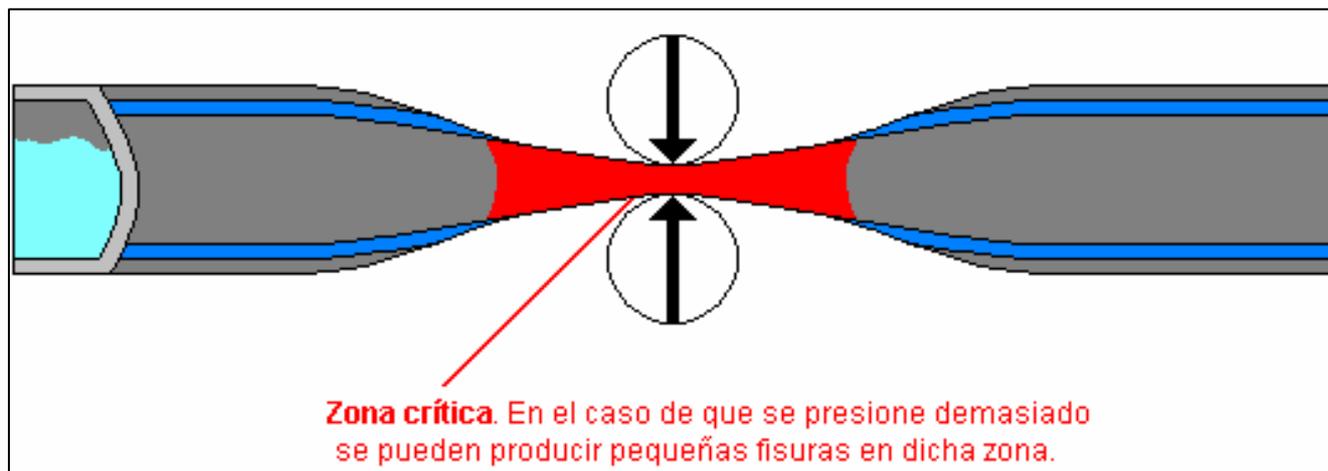
En todo caso, si motivado por la urgencia de la avería, se tuviese que actuar sobre el tubo realizando el pinzamiento del mismo, se dan a continuación unas recomendaciones para el pinzamiento de tubos de polietileno de baja y media densidad PE40, PE63 y PE80 hasta calibre 160 mm:

- Se realizará con una herramienta pinzadora específica para este uso, presionando el tubo lo suficiente para que no exista paso del agua. El aplastamiento se regulará conociendo el espesor de las paredes del tubo. El pinzador se calibrará de forma que produzca un aplastamiento un poco superior a “2 x e” sin alcanzar el 90% de “2 x e”. En caso de que se produzca un aplastamiento mayor puede provocar fisuras y deformaciones del tubo, especialmente en los dos extremos de la sección pinzada.
- Una vez retirado el pinzador se colocará un recuperador que permita que el tubo recupere su curvatura inicial. El recuperador se apretará hasta alcanzar el diámetro nominal exterior del tubo y podrá retirarse posteriormente. En caso de que el tubo no recupere su curvatura se deberá instalar de forma permanente una pieza de reparación tipo abrazadera de reparación, con el fin de que de forma y resistencia al tubo.
- No se recomienda realizar más de un pinzamiento en el mismo punto del tubo. Por ello una vez restablecido el servicio se marcará el punto exacto del pinzamiento para tenerlo identificado. Puede marcarse con una pintura indeleble o con algún tipo de cinta adhesiva de larga duración. En caso de ser necesario realizar posteriormente un nuevo pinzamiento, éste se deberá hacer a una distancia no menor de 5xDn.



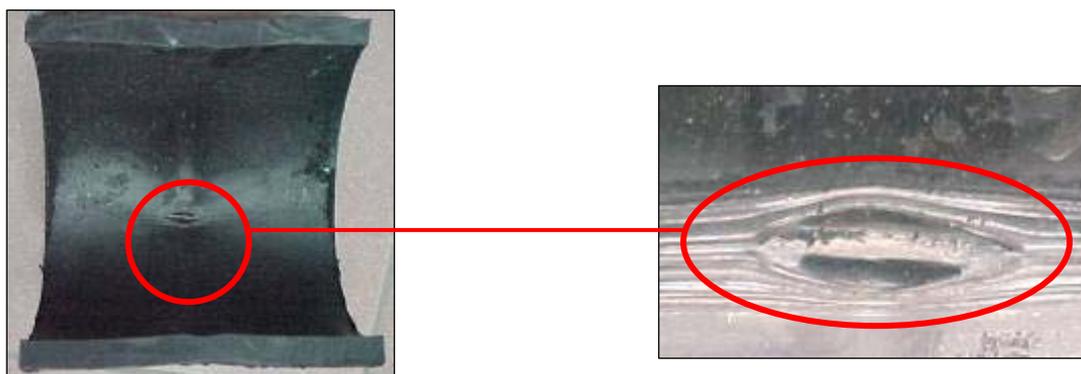
**Fig. 97** Pinzamiento de un tubo

### Zona crítica durante y después del pinzamiento



*Fig. 98 Zona crítica del pinzamiento*

En las fotografías que a continuación se muestran se observa un ejemplo de pinzamiento de tubería de 250mm de PE. Tras el pinzamiento se seccionó la tubería para visualizar la zona crítica anteriormente especificada, observando que se ha producido una fisuración.



*Fig. 99 Detalle de la zona crítica tras el pinzamiento*

## 8.9.2.- SISTEMAS DE REPARACION

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 acoplamientos flexibles autoblocantes de acero inoxidable. No obstante pueden utilizarse también abrazaderas de reparación o acoplamientos 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 acoplamientos autoblocantes o acoplamientos 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 acoplamientos autoblocantes reducción que permiten realizar la reparación utilizando un tubo de polietileno de calibre distinto al existente.

A continuación se detallan los sistemas de reparación en tuberías de polietileno, de acuerdo a lo definido anteriormente:

- *SISTEMAS DE REPARACIÓN SIN CORTE DE TUBERÍA*
- *SISTEMAS DE REPARACIÓN CON CORTE DE TUBERÍA*

### 8.9.2.1.- SISTEMAS DE REPARACION SIN CORTE DE TUBERÍA

En el caso de que el daño ocasionado en la tubería sea pequeño (un picotazo de un compresor o máquina, un agujero o una pequeña fisura) se puede reparar con una pieza de reparación mecánica apropiada para la dimensión de la avería y la presión nominal de la tubería instalada. Dado que no se realiza el corte del tubo, la pieza debe estar partida o debe permitir su desmontaje con el fin de que pueda ser acoplada a la tubería. Dependiendo del tipo de pieza, dimensiones de la misma y tipo de avería se pueden utilizar para reparar tramos de tubería de hasta 30 cm de longitud de tubo. Estos sistemas de reparación son relativamente rápidos ya que tras descubrir la tubería se puede instalar la pieza de reparación cerrando el servicio un pequeño instante

e incluso en ocasiones sin tener que realizar un corte total del suministro. Con ello se evita el corte y vaciado de la tubería consiguiendo tiempos de restablecimiento del servicio muy reducidos.

En estos casos hay que comprobar que la fisura o agujero no va a extenderse longitudinalmente a lo largo del tubo. Si se observase que puede ocurrir lo anterior se deberá cortar el tubo eliminando la parte afectada, utilizando en este caso uno de los sistemas de reparación con corte de tubería.

Estas piezas están provistas de una junta interior (elastómero) que garantiza una estanqueidad total al realizar el apriete de los tornillos. Los elastómeros deberán reunir las características de dureza y durabilidad necesarias. El cuerpo de la pieza está fabricado generalmente en acero inoxidable o fundición con recubrimientos de protección para evitar problemas de corrosión.

La pieza detallada a continuación es la recomendable para este tipo de reparación, al llevar elementos autoblocantes que impiden el desplazamiento de la pieza.

- **Abrazadera autoblocante partida**



*Fig. 100 Ejemplo de abrazadera autoblocante partida*

Las piezas siguientes pueden utilizarse como reparación de carácter provisional, ya que no son autoblocantes.

- **Abrazadera de reparación, abrazadera flexible de acero inoxidable y abrazadera partida.**



*Fig. 101 Ejemplos de abrazaderas de reparación*

### **8.9.2.2.- SISTEMAS DE REPARACIÓN CON CORTE DE TUBERÍA**

Si la avería producida es de una dimensión importante, la reparación de ésta se realizará mediante la sustitución del tramo de tubería afectado. Se seccionará el trozo de canalización dañado y se sustituirá por un trozo nuevo de tubo o cilindro. En función de la longitud afectada y según las posibilidades de maniobrabilidad, se procederá a la unión del nuevo tramo de tubería con la canalización existente utilizando diversas técnicas.

Tal y como se ha comentado antes, en caso de que sea necesario sustituir el tramo de tubería dañado se recomienda utilizar sistemas que eliminen las juntas mecánicas. El más recomendable para este tipo de reparaciones es utilizar manguitos electrosoldables. El problema que presenta este sistema es que no es posible utilizarlo si hay presencia de agua en el punto de soldadura. Además se requiere de la maquinaria específica para que se produzca la soldadura.

El sistema de soldadura a tope, utilizado habitualmente para el montaje de tubería nueva, también evita las juntas mecánicas pero no suele ser utilizado en reparaciones ya que los tramos de reparación son normalmente de pequeña longitud, lo que imposibilita utilizar este sistema. No se va a desarrollar por tanto este método como sistema de reparación, aunque en ocasiones, cuando se sustituyan tramos de mayor longitud se podría utilizar esta metodología.

En caso de que el agua llegue al punto de avería o no se disponga de maquinaria de soldadura de tubos de polietileno no se podrá utilizar ninguno de los sistemas de soldadura. El sistema de reparación con dos acoplamientos autoblocantes o dos acoplamientos flexibles de acero inoxidable autoblocantes suele ser el más rápido y fiable ya que las piezas quedan perfectamente ancladas al tubo sin posibilidad de desplazamiento por la fijación que realizan dos anillos o garras autoblocantes que muerden el exterior del tubo de polietileno. Al tener que cortar el tubo no es necesario que las piezas de reparación sean partidas, pero si no se dispone de dichas piezas pueden también utilizarse las piezas de reparación definidas en el apartado anterior (dos manguitos autoblocantes partidos).

En caso de corte de tubería no se recomienda el uso de piezas de reparación no autoblocantes (abrazadera de reparación o abrazadera o acoplamiento flexible de acero inoxidable) ya que las características de contracción-dilatación de la tubería de polietileno podría producir en algunos casos el desenchufado del tubo.

Existen acoplamientos autoblocantes multidiámetro que permiten utilizar cilindros de distinto calibre y material al del tubo averiado (por un extremo se enchufa al tubo averiado y por el otro extremo al cilindro de material y/o calibre diferente). Hay que comprobar en este caso que los diámetros exteriores de los tubos están incluidos en el rango permitido de la pieza y que la misma está garantizada por el fabricante para ambos materiales.

Pueden hacerse reparaciones utilizando piezas con bridas. Este sistema facilita la utilización de cilindros con materiales diferentes al del tubo averiado si bien precisan del uso de cuatro piezas con brida, teniendo en cuenta que las que se acoplen a la tubería de polietileno deben ser electrosoldables o en caso de que existe presencia de agua serán con junta mecánica autoblocantes.

En tuberías de polietileno de pequeño calibre (hasta 90 mm) pueden realizarse reparaciones utilizando accesorios mecánicos de compresión (manguitos de reparación de latón autoblocantes).

- **Sistema de reparación con manguitos electrosoldables**

Este tipo de unión es el más recomendable para realizar una reparación de tuberías de polietileno con corte de tubería si bien exige que no llegue nada de agua al punto de unión, lo que puede ser complicado en muchas ocasiones. Es un método que solo se puede utilizar en tuberías de PE80 y PE100. No se puede realizar en los otros tipos de polietileno.

El procedimiento de soldadura con manguitos electrosoldables o por electrofusión se detalla al final del documento en el Anexo 1.



**Fig. 102** Ejemplo de manguito electrosoldable

En caso de que exista presencia de agua y/o no se disponga de equipos de soldadura o manguitos electrosoldables la reparación se realizará utilizando las piezas mecánicas detalladas a continuación.

- **Sistema de reparación con acoplamiento autoblocantes o flexibles de acero inoxidable autoblocantes.**



**Fig. 103** Acoplamiento flexible de acero inoxidable autoblocante



**Fig. 104** Acoplamiento autoblocante

- **Sistema de reparación con abrazadera autoblocante partida**



*Fig. 105 Ejemplo de abrazadera autoblocante partida*

Al tener que cortar el tubo no es necesario que las piezas de reparación sean partidas, pero si se dispone de dichas piezas pueden también utilizarse piezas de reparación definidas en el apartado de reparación sin corte de tubería (dos manguitos autoblocantes partidos). El sistema de reparación es similar al caso anterior. La diferencia radica en que no es necesario introducir los manguitos en la tubería una vez cortada. Al ser piezas partidas se pueden montar una vez colocado el cilindro entre los extremos de la tubería cortada.

- **Sistema de reparación por unión mediante bridas**

Es un sistema similar a los anteriores pero con salida brida. Esto obliga a instalar en cada corte dos piezas con brida, lo que duplica el número de piezas y por tanto su coste. Se necesitan por tanto 4 bridas universales, siendo necesario que los dos cabos extremos de unión con la tubería de polietileno se unan con manguitos electrosoldables o soldadura a tope, y en caso de que exista presencia de agua se utilizaran cabos extremos con junta mecánica autoblocantes. La unión de ambas partes se realiza mediante el apriete con tornillos de las dos partes embridadas. Este sistema facilita que el cilindro instalado pueda ser de otro material diferente ya que el condicionante es que la otra pieza brida sea adecuada para dicho material.

➤ *Manguito tope brida polietileno y brida loca*

La unión más generalizada para obtener el embridado es mediante manguito tope brida de PE y brida loca. El manguito tope brida se une al tubo mediante soldadura a tope o electrosoldadura. Tiene inconveniente de que no se puede hacer con presencia de agua.



**Fig. 106** Manguito tope brida PE + Brida loca metálica

➤ *Cabo extremo universal autoblocante*

Es similar al acoplamiento autoblocante (antitracción) pero con salida en brida.



**Fig. 107** Cabo extremo universal autoblocante

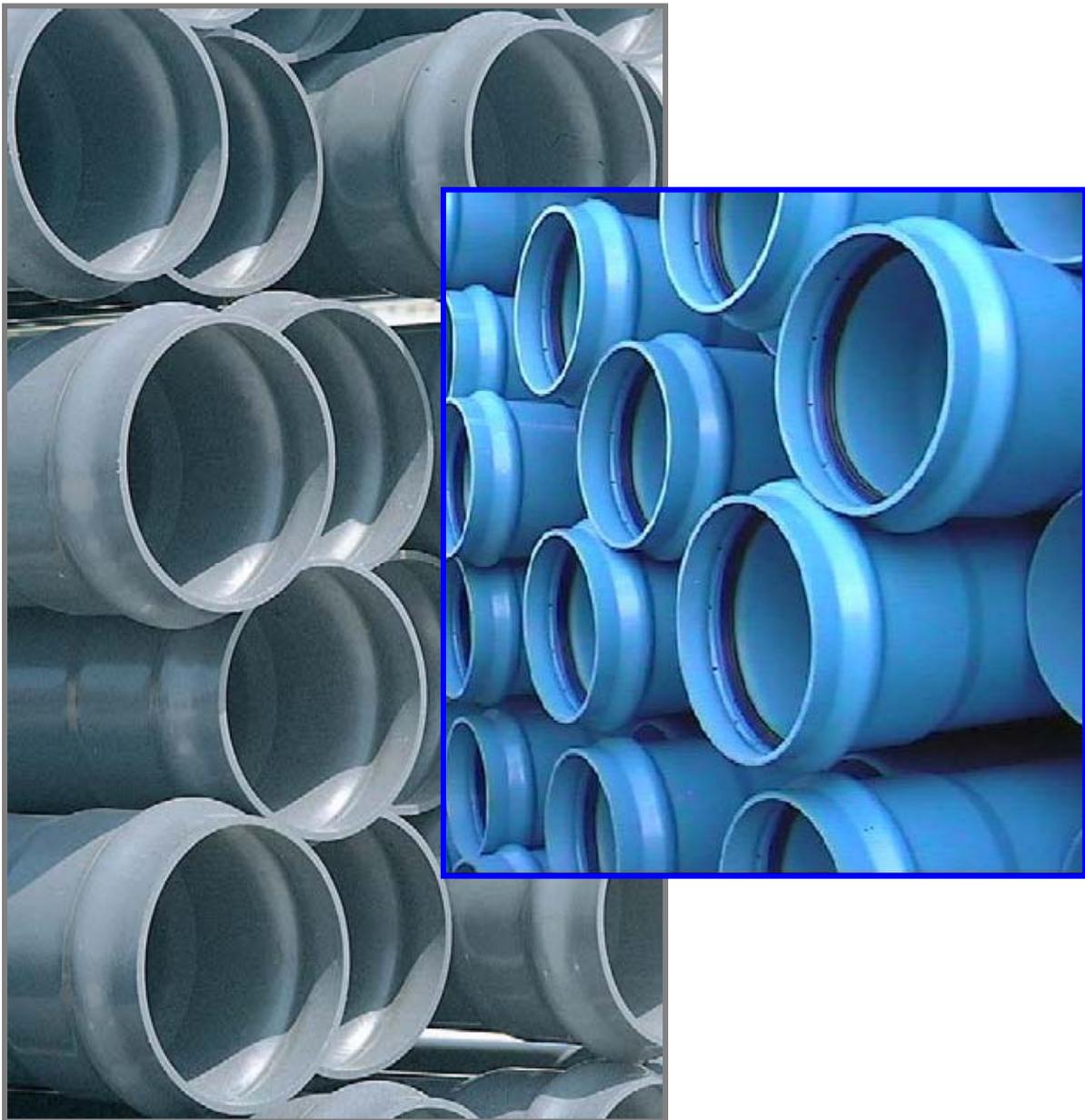
- **Sistema de reparación mediante manguito de reparación autoblocante (enlaces mecánicos)**



*Fig. 108 Manguito de reparación autoblocante (enlace mecánico)*

Este tipo de uniones están principalmente indicados para tuberías de hasta calibre D90 mm aproximadamente. Estas piezas pueden ser plásticas, si bien dan mejor resultado las metálicas. El elemento de agarre de la pieza debe ser de una alta dureza para que quede perfectamente anclado sobre la superficie del tubo de PE, recomendando que siempre sea metálico.

## 8.10.- SISTEMAS DE REPARACIÓN DE TUBERÍAS DE POLI-CLORURO DE VINILO (PVC)



### 8.10.1.- CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS DE PVC

Existen dos tipos de tuberías de PVC (PVC-U y PVC-O), lo que les diferencia es su proceso de fabricación y el coeficiente de dilatación, por lo que puede existir diferencia a la hora de realizar la reparación de cada una de ellas.

#### Diferentes tipos de tuberías de PVC

##### • Tuberías de PVC-U

El PVC-U, *Poli-Cloruro de Vinilo no plastificado*, es un producto ampliamente empleado en la fabricación de tuberías de abastecimiento y saneamiento. Los tubos de PVC-U, están fabricados por extrusión a partir de compuestos de PVC y los accesorios por moldeo por inyección también de compuestos de PVC.

El PVC está formado por la polimerización en macro-cadenas del cloruro de vinilo, que a su vez procede del petróleo y de la sal común (53%).

Los tubos de PVC-U son ligeros, fácilmente transportables y presentan un grado de flexibilidad que permite deformaciones sin colapso de la tubería.

Los tubos fabricados con PVC-U se han instalado con buenos resultados desde los años 40 del siglo pasado, tanto en redes de agua como de saneamiento.

##### Tipos de Tuberías de PVC-U

En la actualidad se fabrica habitualmente una amplia gama de tuberías de PVC-U para cada una de sus aplicaciones (redes de abastecimiento, riego, saneamiento, evacuación,....).

Las tuberías para redes de conducción de agua a presión están fabricadas con PVC-U y su sección está formada por una única capa de material homogéneo. Las características de las tuberías de PVC utilizadas para la conducción de agua potable a presión están recogidas en la Norma UNE-EN 1452 y las de las tuberías para saneamiento con presión en la Norma UNE-EN 1456.

Gama de producto contemplada en la Norma UNE-EN 1452:

Diámetro nominal: desde 12mm hasta 1000mm

Presión nominal (comúnmente utilizadas en España): desde 6 bar hasta 25 bar

Longitud tubos: barras de 6m

### Sistemas de unión

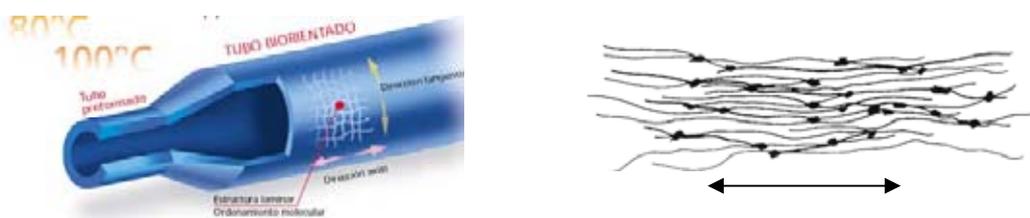
Los sistemas de unión de tuberías más empleados son los siguientes:

- Unión por encolado: Este sistema se emplea en tubos de diámetro inferior a 110 mm. Consistiendo en la encoladura e inserción del extremo macho del tubo en la copa conformada en el proceso de fabricación. También existe una amplia gama de accesorios encolables.
- Unión por junta elástica: Es el sistema más empleado, consistiendo en la inserción de una junta elástica en la copa del tubo, en el proceso de fabricación, e insertando el extremo macho en la copa con junta. También existe una amplia gama de accesorios con junta elástica.

### • Tuberías de PVC-O

Los tubos de Policloruro de vinilo orientado (PVC-O) se obtienen mediante un proceso de orientación molecular a partir de tubos de Policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U) que se introducen en un molde y se someten a determinadas condiciones de presión y temperatura.

La reorientación molecular se produce en sentido circunferencial y a veces transversal (tubo biorientado), de forma que se crea una estructura laminar en la pared del tubo gracias a la cual se mejoran notablemente ciertas características físicas y mecánicas.



**Fig. 109** Orientación molecular tubos PVC-O

La orientación molecular permite aumentar la resistencia a la presión interna y mejorar las propiedades mecánicas del tubo.

Las características de las tuberías de PVC con orientación molecular (PVC-O) para la conducción de agua a presión están recogidas en la norma UNE-ISO 16422 que clasifica además los tubos y accesorios en función del valor de MRS.

Clasificación del PVC-O	PVC-O 315	PVC-O 355	PVC-O 400	PVC-O 450	PVC-O 500
MRS (MPa)	31,5	35,5	40,0	45,0	50,0

**Tabla 13**

Los tipos de PVC-O más habituales en España son: PVC-O 355, PVC-O 450 y PVC-O 500.

Gama de producto contemplada en la Norma UNE-ISO 16422:

Diámetro nominal: desde 63mm hasta 630mm

Presión nominal (comúnmente utilizadas en España): desde 10bar hasta 25bar

Longitud tubos: barras de 6m

### Sistema de unión

Los tubos y accesorios de PVC-O se unen mediante embocaduras con junta elástica. Los accesorios utilizados son normalmente de fundición con junta elástica. También son compatibles con este tipo de tuberías los accesorios con junta elástica de PVC-U.

### Marcado de tubos y accesorios

Según las normas de producto, todos los tubos deben ir marcados, de forma fácilmente legible y durable, con las siguientes identificaciones como mínimo:

- Nombre del suministrador, fabricante o nombre comercial
- Fecha de fabricación (mes y año y número de lote)
- Tipo de material (PVC-U o PVC-O 355, PVC-O 400,...)
- Diámetro nominal, DN (en mm) x Espesor de pared, e (en mm)
- Presión nominal, PN (en bar)
- Referencia a la norma correspondiente en cada aplicación
- Marca de calidad de Producto, en su caso



**Tabla 14** Marcado en los tubos de PVC

<b>Aspectos</b>	<b>Marca o Símbolo</b>
Número de la norma	UNE-EN 1452
Identificación del fabricante	Nombre, símbolo o marca comercial
Dimensiones (DN x e)	p.ej. 110x10
Serie SDR	p.ej. SDR11
Material y designación	p.ej. PVC-U
Presión en bar	p.ej. PN 16 bar
Periodo de producción (fecha o código)	p.ej. YYY
<i>En el caso de productos con Marca de Calidad:</i>	
- AENOR 001/Número de contrato	p.ej. AENOR 001/XXX
- Logotipo de la Marca de Calidad de AENOR	<input checked="" type="checkbox"/>

### **8.10.2.- SISTEMAS DE REPARACIÓN**

Las reparaciones en tuberías de PVC-O presentan la misma sistemática que las tuberías de PVC-U.

El tipo de reparación a realizar sobre la tubería de PVC dependerá del daño que se haya producido sobre la misma.

El PVC pese a ser una tubería plástica tiene un coeficiente de dilatación bastante inferior al de las tuberías de PE, por lo que las contracciones y dilataciones del tubo puede ser absorbidas por la pieza de reparación y en las uniones entre los tubos cuando la tubería sea enchufada. Por ello se plantean sistemas de reparación similares a los utilizados en tuberías rígidas con bajo coeficiente de dilatación utilizando piezas no autoblocantes, si bien en el caso de que el montaje sea de unión pegada se puede plantear el uso de piezas autoblocantes.

A continuación se detallan los sistemas de reparación en tuberías de PVC, de acuerdo a lo definido anteriormente:

- *SISTEMAS DE REPARACIÓN SIN CORTE DE TUBERÍA*
- *SISTEMAS DE REPARACIÓN CON CORTE DE TUBERÍA*

#### **8.10.2.1.- Sistemas de reparación sin corte de tubería**

Es el caso menos frecuente, ya que habrá que comprobar muy fielmente que la fisura o agujero no va a extenderse posteriormente longitudinalmente. En todo caso, ante cualquier duda se procederá como indica el siguiente apartado mediante el corte de la zona afectada.

Si hemos comprobado que el daño sobre la tubería es pequeño y está muy localizado, se puede reparar mediante una abrazadera mecánica apropiada para la dimensión de la avería y la presión nominal de la tubería instalada. La abrazadera a utilizar estará partida o permitirá su desmontaje con el fin de que pueda ser acoplada a la tubería sin necesidad de cortar la tubería.

Estas abrazaderas están provistas de una junta interior que garantiza una estanqueidad total al realizar el apriete de los tornillos. El exterior está fabricado generalmente en acero inoxidable o fundición con pintura de protección para evitar problemas de corrosión.



**Fig. 110** Ejemplos de piezas de reparación

Al final del documento en el Anexo 1 se detalla el uso de cada uno de las piezas de reparación descritas anteriormente.

### 8.10.2.2.- Sistemas de reparación con corte de tubería

Debido a causas externas se pueden dar casos de averías puntuales. El modo de proceder estará en función de la magnitud de la avería.

En el caso en que sea necesario sustituir un tramo de tubo o todo él y que, por tanto, sea necesario introducir en la canalización de PVC un trozo de tubo, éste deberá ser también de PVC.

En el caso de que se tenga que utilizar otro tipo de material, los accesorios a utilizar serán acoplamiento multidiámetro y la metodología de montaje a seguir se detalla en el Anexo 1.

Los elementos que se pueden utilizar en la reparación de tuberías de PVC son los siguientes:

### Manguito doble copa de PVC

Este elemento de reparación se puede utilizar tanto en tuberías de PVC-U como de PVC-O, siempre que cumpla con las exigencias de la instalación (DN, PN,...) La utilización de este sistema de reparación requiere que el tubo de sustitución sea también de PVC.

Los manguitos doble copa de PVC serán sin tope central para permitir el deslizamiento sobre el tubo instalado o el tubo de sustitución.



*Fig. 111 Manguito de doble copa*

### Acoplamientos multidímetro



**Fig. 112** Ejemplos de acoplamientos multidímetro

El procedimiento de utilización de estos tipos de elementos se detalla en el Anexo 1.

También pueden utilizarse las piezas de reparación especificadas en el punto anterior de sin corte de tubería:



**Fig. 113** Ejemplo de piezas de reparación

El procedimiento de utilización de estos tipos de elementos se detalla al final del documento en el Anexo 1.

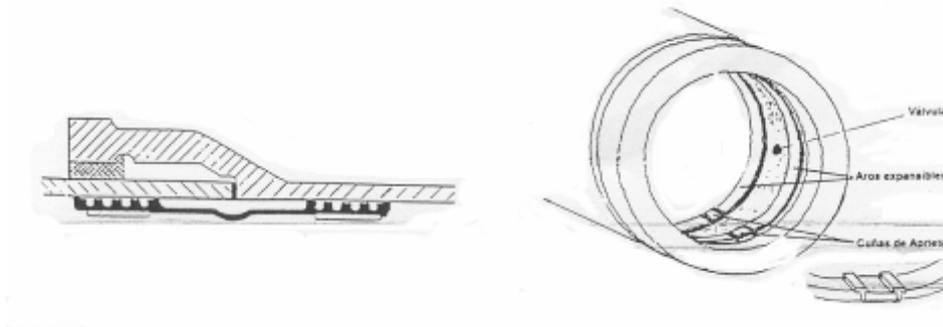
## **8.11.- REPARACIÓN DE TUBERÍAS DESDE SU INTERIOR**

### **8.11.1.- Introducción**

Las reparaciones puntuales de la tubería se ejecutarán normalmente abriendo una cata en el punto dañado y reparando el tubo desde el exterior. En determinadas circunstancias no puede accederse al punto en cuestión por la razón que sea, porque está debajo de una vía de ferrocarril, de una carretera importante, de un edificio, etc. entonces habrá que repararlo sin la apertura de la citada cata, es decir desde el interior del propio tubo que hay que reparar. En los colectores de residuales ésta es una operación sencilla, se ataca desde los pozos de registro, pero las redes de presión no suelen estar diseñadas para estas eventualidades, con lo que habrá que abrir la cata en una zona accesible, lo más próxima posible a la avería, introducir allá los equipos de reparación y desplazarlos por el interior del tubo hasta el punto dañado.

### **8.11.2.- Técnicas de reparación desde el interior del propio tubo.**

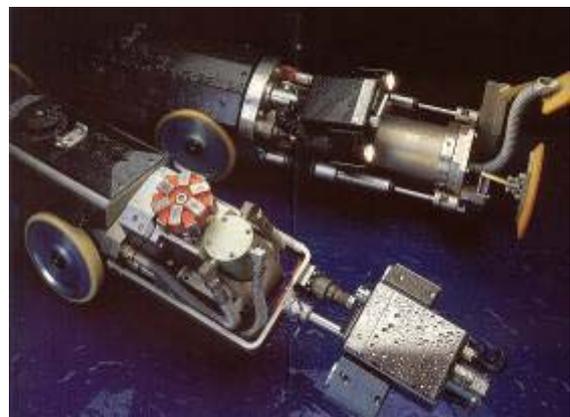
**Reparación mediante bandas de estanqueidad y anillos extensibles.** Es el sistema más utilizado para reparar uniones defectuosas cuando el tubo es visitable, se sella la junta o zona afectada mediante un elastómero que se sujeta a la canalización mediante dos anillos de acero inoxidable extensibles que presionan al tubo mediante una cuña impulsada hidráulicamente. El mercado ofrece manguitos de diversas marcas y variadas dimensiones, hasta una anchura de 0,5m. Si es posible solapar dos puede impermeabilizarse una zona de mayor longitud. Los manguitos estándar soportan bien hasta los 20 bar de presión interna. Para presiones superiores, caso poco frecuente, habría que pedirlos especiales. Es un sistema muy utilizado y relativamente barato pues los accesorios de montaje son sencillos y bastan un par de operarios especializados.



**Fig. 114** bandas de estanqueidad y anillos extensibles

Se describen ahora tres métodos de reparación de tuberías muy usuales en colectores de residuales, pero generalmente de poca aplicación en tuberías de presión por su mal comportamiento cuando la presión de servicio es superior a 2 o 3 bar. Sólo si la fuga del agua es consecuencia de un conjunto de microfisuras debería considerarse alguna de estas soluciones:

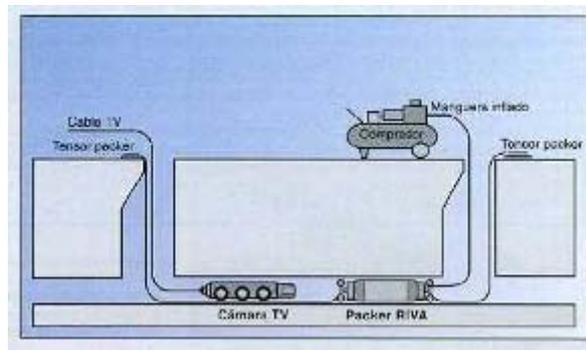
Un **robot multifunción** operará en pequeños diámetros, inyectando diversos tipos de resinas en pequeñas fisuras, amén de ser útil en la limpieza previa de la zona afectada. Si la fisura es importante y/o la presión alta hay tomar muchas precauciones antes de aplicar este sistema, que sería poco aconsejable. Si es factible, su coste es muy razonable.



**Fig. 115** Robot multifunción

Mediante un **packer** acoplado a una cámara TV se **inyectarán resinas** para impermeabilizar juntas defectuosas o fisuras en el conducto. O bien se las reparará **encamisándolas con una chapa de acero o una manga de polietileno** previamente tratadas con resina epoxi que las pegará a su interior. Son métodos adecuados para fisuras más importantes, aunque, como ya se ha dicho, para poca

presión de servicio.



**Fig. 116** packer

Más adecuado para reparaciones puntuales en zonas no accesibles son los métodos que se utilizan en la **rehabilitación total de tramos de tubería** de presión. Se trata de definir el tramo en cuestión entre dos puntos accesibles y abrir una cata en cada extremo desde donde se operará. Son procedimientos que reparan el problema puntual y mejoran todo el tramo afectado, lo cual en principio no suele ser malo pero si caro. Si es una reparación de urgencia, no programada, habrá, en buena lógica, dificultades en la disponibilidad de los equipos. Siempre hay que ejecutar una limpieza previa de la pared interior del tubo a reparar, bien rascando con procedimientos mecánicos bien con agua a alta presión (de 200 a 1.000 bar en función del tipo de tubo y del nivel de incrustaciones). Todos los procedimientos que se citan son operativos en el mercado español.

**Revestimiento interno por proyección de mortero.** Se le proyecta por centrifugado con un cabezal que se mueve a lo largo de la tubería. Es un procedimiento con muchos años auestas, que sella pequeñas fisuras y protege la superficie interior. Es imprescindible una limpieza previa. Si el tubo es de dimensiones suficientes puede mejorarse su resistencia estructural colocando en su interior un mallazo antes de la aplicación del mortero. La reducción del diámetro se estima entre 2 y 10 mm según los casos. Si los equipos están a tiro es un método barato. Para fisuras importantes o grandes presiones hay que hacer un estudio

previo, no constan datos objetivos. Entre aplicación y fraguado hay que contar por lo menos un par de días antes de poner de nuevo en servicio el tubo reparado.



*Fig. 117 proyección de mortero*

**Revestimiento interno por proyección resinas.** Es análogo al anterior, proyectando resinas en vez de mortero. Digamos que es más moderno. La resina epoxi lleva muchos años de utilización con total garantía, su polimerización es más lenta que otras resinas de la familia de las poliureas que hay en el mercado. El polimerizado es siempre más rápido que el fraguado del mortero, la utilización de este último producto permite una reparación con una corte de ocho horas de agua al abonado. La pérdida de diámetro está entre 1 mm y 3 mm en función de si se exige un refuerzo estructural al tubo o basta con garantizar la estanqueidad. Hay que asegurarse previamente que la resina tenga la total homologación y garantías de no interferir con el agua. Es sabido que, por el momento, la legislación es ambigua en estos temas. Es también preceptiva una limpieza previa de la zona a reparar y también válida la limitación para grandes fisuras.



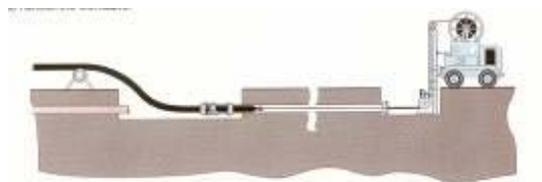
*Fig. 118 proyección de resinas*

**Entubado.** Se trata de colocar un nuevo tubo en el interior del deteriorado. Es el sistema menos exigente en cuanto a la calidad de la limpieza previa.

Para una reparación de emergencia podrá utilizarse el **entubado simple**. Se trata simplemente de introducir en el interior del tubo a reparar un tramo de tubo nuevo de diámetro exterior ligeramente inferior al diámetro interior del primero. Esto se conseguirá mediante unas mordazas y un elemento de tracción. El desplazamiento interior exigirá una holgura anular entre ambos tubos. Es muy importante rellenar este espacio mediante una lechada de mortero mezclada con bentonita, u otro elemento líquido que al fraguar impida el movimiento vibratorio del tubo nuevo, lo que le perjudicaría a medio plazo. Es el método con el que se pierde mayor sección útil, pero que permite actuar sin la ayuda de equipos especiales.

En tuberías a presión es preferible la reparación mediante el **entubado ajustado**. Se le llama así cuando la superficie exterior del nuevo tubo está en estrecho contacto con la interior del viejo.

Para un **entubado ajustado (close fit)** hace falta reducir provisionalmente la sección de nuevo tubo a fin de que pueda deslizarse con facilidad por el interior del viejo.



**Fig. 119** entubado

Esto se consigue **in situ** mediante un cabezal que por presión reduce su diámetro justo en el punto y momento de penetrar en un extremo del tramo de tubo

a reparar. Mediante una mordaza, un tráctel y una protección en los puntos de giro se le arrastra hasta el otro extremo. Entonces, generalmente ayudado por presión de aire, se le hace recuperar el diámetro inicial.

La disminución de la sección puede provocarse **en fábrica**. Tras la fabricación del tubo standard se deforma su sección hasta dejarla en forma de U, y así llega a la obra en bobina. Como en el sistema anterior se le arrastrará por el interior del tubo a reparar hasta cubrir el tramo pre-establecido y mediante una combinación de presión de aire y vapor de agua se le hace recuperar la sección inicial. Este procedimiento es operativo hasta diámetros de unos 400 mm.

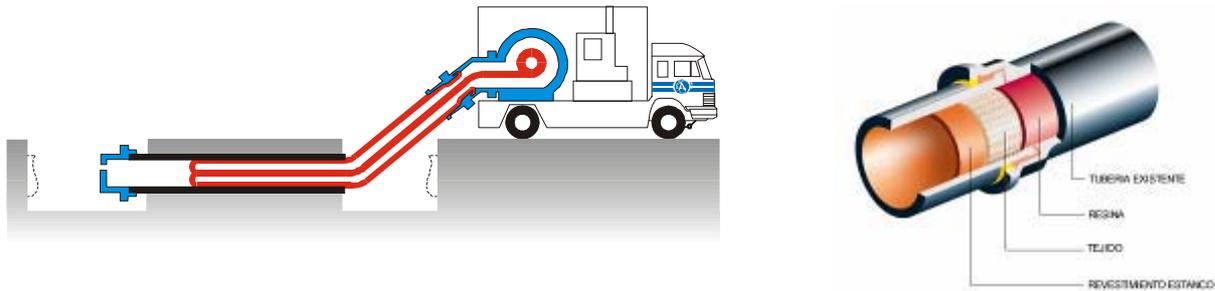


*Fig. 120 Tubo en U*



*Fig. 121 Tubo recuperado*

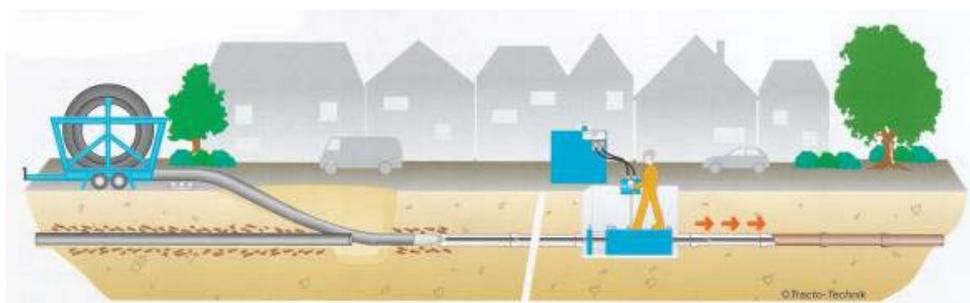
**Encamisado curado en obra.** Se trata de forrar la superficie interior del conducto deteriorado con una camisa o manga elástica, estanca y resistente a la presión, impregnada con resina. Tras una adecuada limpieza se la introduce por un extremo del tramo a reparar y a presión avanza por reversión hasta el otro extremo. Una vez colocada, y siempre manteniendo el estrecho contacto entre manga y conducto, se provoca la polimerización de la resina (**cured in place**). El resultado es un nuevo tubo adaptado y encolado al antiguo. Un robot permitirá recuperar desde el interior acometidas y conexiones intermedias. Hay que tener garantías de que la manga es compatible con el agua potable y soporta la presión correspondiente.



*Fig. 122 Encamisado curado en obra*

Otro sistema de reparación de un tubo o de un tramo de tubería es su sustitución por reventamiento o **bursting**. Se trata de reventar el tubo en mal estado al tiempo que se coloca en su lugar un tubo nuevo. Mediante un motor hidráulico se introducen por un costado del tramo de tubo a sustituir una serie de barras ligadas unas a otras por una unión elástica. En el otro extremo se las sujeta a un cono rompedor de diámetro algo superior al tubo en cuestión, al que se fija también el nuevo tubo. Se invierte el sentido de tiro del motor hidráulico y se arrastra todo el conjunto. Al ir avanzando el cono rompe el tubo, empotra los tramos en el terreno circundante y arrastra al tiempo el nuevo, que generalmente será de polietileno en bobina o, si el diámetro lo impide, de tubos soldados.

Se considera que el terreno queda afectado hasta una distancia de 1,5 veces el diámetro del nuevo tubo colocado.



*Fig. 123 Reventamiento o bursting*

## 9.- APERTURA DEL SERVICIO. LAVADO Y DESINFECCIÓN.

Después de la reparación y previamente al restablecimiento del servicio, es necesario volver a llenar la tubería, realizando un lavado del tramo de tubería afectado, con el propósito de eliminar sustancias que hayan entrado dentro de las conducciones. En el caso de que la red transporte agua potable y si el responsable de la explotación lo considera necesario, ante cualquier supuesto que pudiera suponer riesgo de contaminación, se procederá también a la desinfección de la tubería para garantizar la perfecta salubridad del agua.

El RD 140/2003 (calidad agua de consumo) supone un avance importante para dar pautas de buenas prácticas de gestión y mantenimiento desde el punto de vista sanitario, en particular, el contenido de los artículos 8 (conducción de agua), 12 (distribución) y 14 (materiales). También debe considerarse desde el punto de vista sanitario el documento de AEAS 3.12 Problemas asociados a los materiales de las conducciones.

Citar por último varios documentos de AEAS relacionados con este capítulo y que son los siguientes:

- ◆ Problemas originados por sifonamiento en la red o acciones de efecto similar.
- ◆ Problemática por la rotura de tuberías.
- ◆ Problemas originados por la maniobra de válvulas en la red.
- ◆ Problemas originados por la presencia de color en el agua
- ◆ Incidencias causadas por la presencia de sustancias extrañas en el agua motivadas por accidentes.
- ◆ Problemas originados por la entrada de objetos extraños en las redes de distribución.

### 9.1.- Apertura del servicio y puesta en carga

La puesta en carga de una tubería tras un vaciado parcial consiste en el proceso de llenado de la misma hasta que se hayan restituido las condiciones de presión y velocidad con las que funcionaba antes del vaciado.

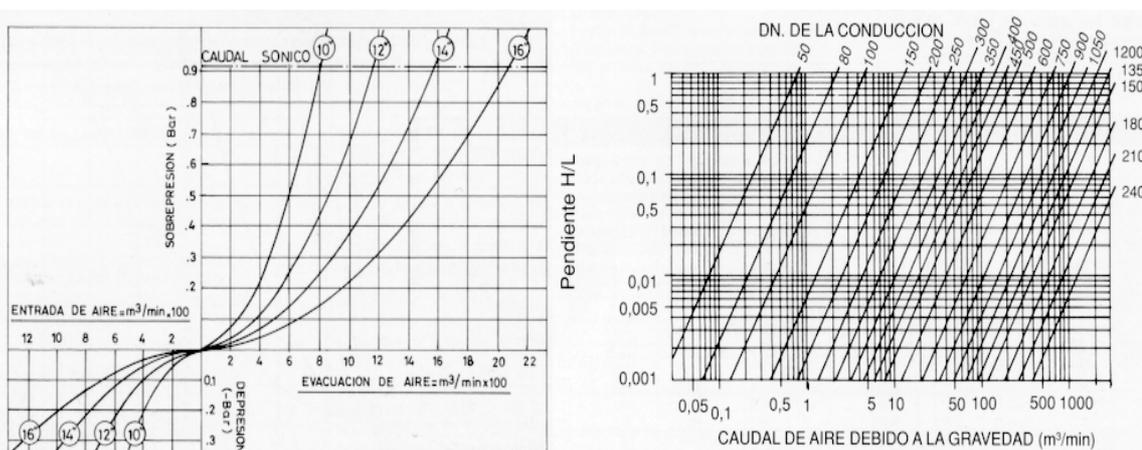
La operación de llenado de una conducción supone la expulsión del aire y su sustitución por agua. Esta operación es crítica ya que si no se realiza en las condiciones adecuadas puede provocar nuevas roturas. La expulsión del aire se realiza a través de las conexiones permanentes que la conducción tiene con la atmósfera (por ejemplo, chimeneas de equilibrio, extremos aguas abajo,

Apertura del servicio. Lavado y desinfección.

etc.), pero fundamentalmente se debe producir a través de las ventosas distribuidas a lo largo de su trazado.

Así pues, la primera y principal operación es la de determinar la velocidad de llenado en función de la capacidad de venteo de la conducción.

Esta velocidad de llenado inicial o de referencia se define en función de los datos facilitados por el suministrador de las ventosas instaladas e irá ajustándose conforme se proceda al llenado y se compruebe tramo a tramo la capacidad de venteo real. Los datos son proporcionados en gráficas similares a la mostrada en la figura siguiente.



**Fig. 124** Ejemplo de tablas de velocidad de llenado

Para este proceso, se ubicará al personal en los puntos donde estén instaladas las ventosas siguiendo el sentido de llenado de la conducción. Todo el personal estará comunicado permanentemente entre sí y con el responsable de control de llenado. De esta manera, irán informando durante el proceso de la existencia o no de uniformidad en la expulsión del aire para que, desde el puesto de control se aumente o disminuya (según convenga) la velocidad de llenado y se garantice de este modo la seguridad integral del proceso. Como recomendación general debe hacerse el llenado abriendo poco a poco una válvula.

Si el vaciado parcial en la conducción ha sido provocado por una avería y se han realizado los trabajos necesarios para proceder a su reparación, será preceptivo (según RD 140/2003) realizar una serie de tareas previas encaminadas a conseguir la limpieza y, en su caso, desinfección antes de

iniciar el proceso de puesta en carga definido anteriormente. En el caso de redes de menor calibre como son las redes de distribución en las que puede no existir ventosas el llenado se realizará de forma controlada abriendo poco a poco y lentamente una válvula de la red, realizando la función de ventosa los ramales de los propios abonados, hidrantes o bocas de riego. Cargada la tubería se comprobará que la reparación es correcta y no sigue fugando o tiene goteos, en cuyo caso se revisará la reparación realizada y se repasará en su caso los aprietes de la tornillería.

A continuación se detallan los procesos de lavado y desinfección que deben tenerse especialmente en cuenta cuando se trata de agua potable y se haya contaminado la tubería.

## 9.2.- Lavado

La operación de lavado o limpieza consiste básicamente en eliminar todos los objetos extraños que pudieran haber quedado en el interior (como piedras, tierra, arena, maderas, etc.), y que pudieran afectar a la potabilidad del agua o a la capacidad de transporte de la tubería. Durante los trabajos de reparación es importantes adoptar las siguientes precauciones:

- Tapar todos los extremos y aperturas de la tubería y piezas con elementos adecuados (tapones, bridas ciegas, tapiar con fábrica de ladrillo, etc.), siempre que se abandone la instalación, para evitar la entrada de objetos extraños o animales.
- No utilizar en el montaje elementos químicos que puedan alterar la potabilidad del agua: grasas, pinturas de piezas, revestimientos, etc.

El proceso en cuestión es el siguiente:

1. Llenado de la tubería en su totalidad o por tramos, dependiendo de si se dispone de puntos de descarga (desagües) y de llenado (conexiones a red existente).
2. Realización de un arrastre en la tubería, de forma que se consigan velocidades que permitan eliminar el material sedimentado. Con velocidades mínimas de 0,2-0,3 m/s se consigue el arrastre de flóculos de hierro como los provocados por la corrosión de la fundición gris. Con velocidades de 1 m/s se garantiza la eliminación del 80% del material sedimentado. En tuberías de gran calibre es recomendable realizar arrastres discontinuos que son más eficientes y ahorran agua. De esta manera se puede conseguir el arrastre de posibles elementos extraños que pudiera haber en el interior.
3. Cuando lo descrito en el apartado anterior no sea posible, por no disponer de caudal suficiente o de desagües capaces, habrá que recurrir a sucesivos llenados y vaciados, siempre con el máximo arrastre que se pueda conseguir.

4. En el caso de tuberías de grandes diámetros la realización de arrastres se puede realizar también utilizando medios mecánicos, como inyección con mangueras de agua a alta presión (La presión máxima de trabajo debe ser tal que no se dañe el revestimiento interior de la tubería) o mediante testigos o balones ajustados al diámetro interior de la tubería, que, bien arrastrados desde el exterior, o empujados por la propia presión interior de la tubería al poner en carga uno de los lados del balón, van empujando y eliminando la suciedad.
5. Se entiende que una tubería está limpia cuando ha estado circulando un caudal igual o superior al de servicio, durante un tiempo, como mínimo, igual al que tarda en recorrer una partícula la totalidad de su longitud (L). Por tanto, conseguida una velocidad de circulación superior a la nominal, se mantendrán los arrastres durante un tiempo igual a dos veces el mínimo; esto es:

$$T = \frac{2L}{60}$$

Suponiendo una velocidad de 1 m/s. Longitud (L) en metros y el tiempo (T) en minutos.

6. Durante la fase de arrastre se irán tomando muestras en los puntos de desagüe, por lo que se recomienda disponer de un turbidímetro portátil para realizar la medición in situ. Se considerará que la tubería está limpia, cuando la turbidez medida en un instante determinado es inferior a 5 UNF (unidades nefelométricas de turbidez), y que transcurrido un tiempo (T), tal que:

$$T = \frac{L}{60}$$

(T= tiempo en minutos, L= longitud del tramo que se limpia en metros), la turbidez sigue siendo inferior al valor anterior (5 UNF).

### 9.3.- Desinfección

En el caso en que se sospeche que la tubería pueda haber sufrido algún tipo de contaminación se realizará una desinfección de la tubería. Esta operación requiere, por lo general, dejar la tubería fuera de servicio más de un día y posiblemente tener que instalar tuberías provisionales para el abastecimiento o facilitar a los abonados agua por medio de camiones cuba, bolsas o garrafas, etc., por lo que es muy importante que durante toda la operación de reparación se extremen las medidas para que no ocurra ninguna contaminación indeseada y evitar así la desinfección.

Las operaciones de desinfección tienen por objeto prevenir posibles problemas sanitarios y garantizar la potabilidad del agua durante su permanencia en la red de distribución.

La desinfección se realiza después del lavado, e inmediatamente antes de la puesta en servicio de la tubería. Las operaciones a realizar serán las siguientes:

1. Vaciar el tramo de tubería completamente.
2. Llenar la tubería con una solución de agua-cloro con una proporción de 25 mg de cloro por litro de agua. Esta mezcla deberá realizarse en el punto de llenado y será homogénea, para evitar tramos con defecto o exceso de cloro. Se podrá utilizar lejía o hipoclorito sódico para hacer esta mezcla. Hay que observar las medidas de seguridad adecuadas para el manejo del cloro, hipoclorito o lejía, debido a su peligrosidad.
3. Se dejará la solución en el interior de la tubería durante mínimo 24 horas (entre 24 y 48 horas). El tramo en proceso de desinfección deberá quedar totalmente aislado, tomándose medidas para tener la total seguridad de que no se pueda producir un retroceso de esta solución agua-cloro hacia la tubería en servicio, lo que provocaría una contaminación del agua potable por exceso de cloro.
4. Transcurrido el tiempo fijado, hay que tomar muestras de la solución del interior de la tubería, y comprobar que la concentración de cloro libre es superior a 5 ppm (>5 mg/l). Si la concentración de cloro libre residual es inferior, se repetirá el proceso.
5. Si la concentración de cloro libre residual supera las 5 ppm, se vaciará la solución agua-cloro existente en la tubería. Es absolutamente necesario que no queden restos de esta solución, por lo que habrá que desaguar con celo la tubería, dejando escurrir bien los desagües; o realizando un pequeño arrastre si es necesario. Si no se realiza bien esta operación afectará a la siguiente, deteriorando el parámetro de cloro residual, y desvirtuando los análisis.
6. Una vez vacía la tubería se llena con agua potable y se mantiene a la presión de servicio durante 24 horas.
7. Transcurridas 24 horas, se tomarán muestras para analizarlas en un Laboratorio acreditado. Habrá que realizar un análisis químico y otro bacteriológico, con los parámetros que se definen en el punto 8. Las muestras se tomarán directamente de la tubería a través de elementos instalados, tales como: ventosas, desagües, acometidas, tomas específicas, etc. Antes de tomar la muestra se dejará salir agua en cantidad suficiente, para conseguir renovar la acumulada en la derivación.

El número de muestras a tomar vendrá condicionado por el número de elementos intermedios instalados, siendo la distancia máxima a considerar entre elementos de muestreo, de 200 m.

La toma de muestras debe hacerse por personal especialmente entrenado para ello y utilizando los materiales y procedimientos de trabajo especialmente descritos para este fin.

8. Una vez tomadas las muestras, se enviarán las muestras al Laboratorio a la mayor brevedad. Los análisis a realizar serán los siguientes:

1. Parámetros químicos

◆ Si utiliza Cloro libre en la desinfección:

- Cloro libre residual (mínimo 0,2-0,4 ppm)

◆ Si utiliza Cloro combinado en la desinfección:

- Cloro residual total (mínimo 0.8 mg/l)

- Turbidez (recomendable  $\leq 1$  UNF; máximo 5 UNF)

- Oxidabilidad (5 mg O<sub>2</sub>/l)

2. Parámetros microbiológicos

- Coliformes totales (máximo 0 gérmenes/100 ml).

- E. Coli (máximo 0 gérmenes/100 ml).

- Aerobios a 22 °C (máximo: sin cambios anormales respecto a los valores del abastecimiento).

9. La tubería se podrá poner en servicio siempre tras recibir los resultados de los análisis del laboratorio con la interpretación de un técnico autorizado que los valide y siempre que los parámetros analizados sean iguales o inferiores a los recomendados en el apartado anterior. Si no fuese así, se repetirá el proceso de desinfección.

Deberá analizarse el impacto en el punto de vertido del agua utilizada para la desinfección, para valorar la conveniencia de actuaciones de neutralización de los residuales de desinfectante.

## **9.- APERTURA DEL SERVICIO. LAVADO Y DESINFECCIÓN.**

Después de la reparación y previamente al restablecimiento del servicio, es necesario volver a llenar la tubería, realizando un lavado del tramo de tubería afectado, con el propósito de eliminar sustancias que hayan entrado dentro de las conducciones. En el caso de que la red transporte agua potable y si el responsable de la explotación lo considera necesario, ante cualquier supuesto que pudiera suponer riesgo de contaminación, se procederá también a la desinfección de la tubería para garantizar la perfecta salubridad del agua.

El RD 140/2003 (calidad agua de consumo) supone un avance importante para dar pautas de buenas prácticas de gestión y mantenimiento desde el punto de vista sanitario, en particular, el contenido de los artículos 8 (conducción de agua), 12 (distribución) y 14 (materiales). También debe considerarse desde el punto de vista sanitario el documento de AEAS 3.12 Problemas asociados a los materiales de las conducciones.

Citar por último varios documentos de AEAS relacionados con este capítulo y que son los siguientes:

- ◆ Problemas originados por sifonamiento en la red o acciones de efecto similar.
- ◆ Problemática por la rotura de tuberías.
- ◆ Problemas originados por la maniobra de válvulas en la red.
- ◆ Problemas originados por la presencia de color en el agua
- ◆ Incidencias causadas por la presencia de sustancias extrañas en el agua motivadas por accidentes.
- ◆ Problemas originados por la entrada de objetos extraños en las redes de distribución.

### **9.1.- Apertura del servicio y puesta en carga**

La puesta en carga de una tubería tras un vaciado parcial consiste en el proceso de llenado de la misma hasta que se hayan restituido las condiciones de presión y velocidad con las que funcionaba antes del vaciado.

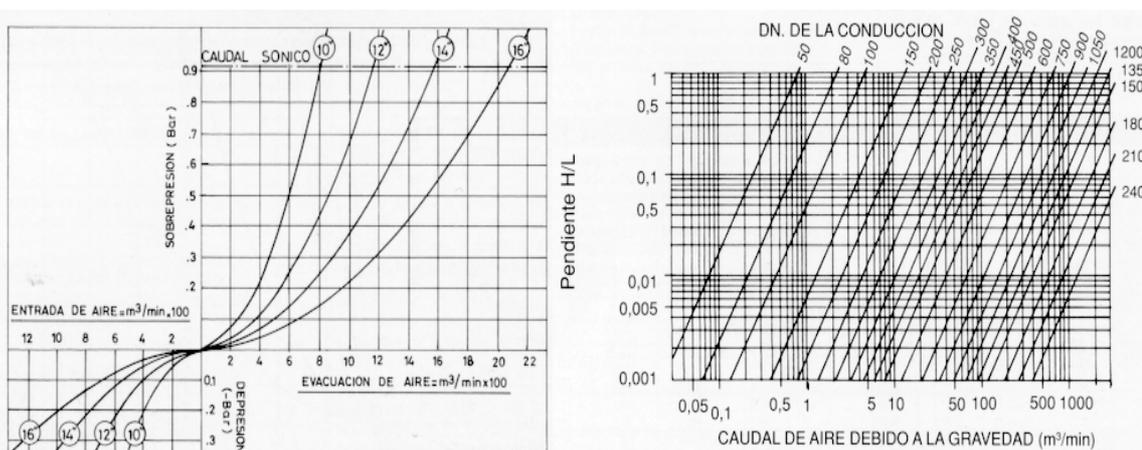
La operación de llenado de una conducción supone la expulsión del aire y su sustitución por agua. Esta operación es crítica ya que si no se realiza en las condiciones adecuadas puede provocar nuevas roturas. La expulsión del aire se realiza a través de las conexiones permanentes que la conducción tiene con la atmósfera (por ejemplo, chimeneas de equilibrio, extremos aguas abajo,

Apertura del servicio. Lavado y desinfección.

etc.), pero fundamentalmente se debe producir a través de las ventosas distribuidas a lo largo de su trazado.

Así pues, la primera y principal operación es la de determinar la velocidad de llenado en función de la capacidad de venteo de la conducción.

Esta velocidad de llenado inicial o de referencia se define en función de los datos facilitados por el suministrador de las ventosas instaladas e irá ajustándose conforme se proceda al llenado y se compruebe tramo a tramo la capacidad de venteo real. Los datos son proporcionados en gráficas similares a la mostrada en la figura siguiente.



**Fig. 124** Ejemplo de tablas de velocidad de llenado

Para este proceso, se ubicará al personal en los puntos donde estén instaladas las ventosas siguiendo el sentido de llenado de la conducción. Todo el personal estará comunicado permanentemente entre sí y con el responsable de control de llenado. De esta manera, irán informando durante el proceso de la existencia o no de uniformidad en la expulsión del aire para que, desde el puesto de control se aumente o disminuya (según convenga) la velocidad de llenado y se garantice de este modo la seguridad integral del proceso. Como recomendación general debe hacerse el llenado abriendo poco a poco una válvula.

Si el vaciado parcial en la conducción ha sido provocado por una avería y se han realizado los trabajos necesarios para proceder a su reparación, será preceptivo (según RD 140/2003) realizar una serie de tareas previas encaminadas a conseguir la limpieza y, en su caso, desinfección antes de

iniciar el proceso de puesta en carga definido anteriormente. En el caso de redes de menor calibre como son las redes de distribución en las que puede no existir ventosas el llenado se realizará de forma controlada abriendo poco a poco y lentamente una válvula de la red, realizando la función de ventosa los ramales de los propios abonados, hidrantes o bocas de riego. Cargada la tubería se comprobará que la reparación es correcta y no sigue fugando o tiene goteos, en cuyo caso se revisará la reparación realizada y se repasará en su caso los aprietes de la tornillería.

A continuación se detallan los procesos de lavado y desinfección que deben tenerse especialmente en cuenta cuando se trata de agua potable y se haya contaminado la tubería.

## 9.2.- Lavado

La operación de lavado o limpieza consiste básicamente en eliminar todos los objetos extraños que pudieran haber quedado en el interior (como piedras, tierra, arena, maderas, etc.), y que pudieran afectar a la potabilidad del agua o a la capacidad de transporte de la tubería. Durante los trabajos de reparación es importantes adoptar las siguientes precauciones:

- Tapar todos los extremos y aperturas de la tubería y piezas con elementos adecuados (tapones, bridas ciegas, tapiar con fábrica de ladrillo, etc.), siempre que se abandone la instalación, para evitar la entrada de objetos extraños o animales.
- No utilizar en el montaje elementos químicos que puedan alterar la potabilidad del agua: grasas, pinturas de piezas, revestimientos, etc.

El proceso en cuestión es el siguiente:

1. Llenado de la tubería en su totalidad o por tramos, dependiendo de si se dispone de puntos de descarga (desagües) y de llenado (conexiones a red existente).
2. Realización de un arrastre en la tubería, de forma que se consigan velocidades que permitan eliminar el material sedimentado. Con velocidades mínimas de 0,2-0,3 m/s se consigue el arrastre de flóculos de hierro como los provocados por la corrosión de la fundición gris. Con velocidades de 1 m/s se garantiza la eliminación del 80% del material sedimentado. En tuberías de gran calibre es recomendable realizar arrastres discontinuos que son más eficientes y ahorran agua. De esta manera se puede conseguir el arrastre de posibles elementos extraños que pudiera haber en el interior.
3. Cuando lo descrito en el apartado anterior no sea posible, por no disponer de caudal suficiente o de desagües capaces, habrá que recurrir a sucesivos llenados y vaciados, siempre con el máximo arrastre que se pueda conseguir.

4. En el caso de tuberías de grandes diámetros la realización de arrastres se puede realizar también utilizando medios mecánicos, como inyección con mangueras de agua a alta presión (La presión máxima de trabajo debe ser tal que no se dañe el revestimiento interior de la tubería) o mediante testigos o balones ajustados al diámetro interior de la tubería, que, bien arrastrados desde el exterior, o empujados por la propia presión interior de la tubería al poner en carga uno de los lados del balón, van empujando y eliminando la suciedad.
5. Se entiende que una tubería está limpia cuando ha estado circulando un caudal igual o superior al de servicio, durante un tiempo, como mínimo, igual al que tarda en recorrer una partícula la totalidad de su longitud (L). Por tanto, conseguida una velocidad de circulación superior a la nominal, se mantendrán los arrastres durante un tiempo igual a dos veces el mínimo; esto es:

$$T = \frac{2L}{60}$$

Suponiendo una velocidad de 1 m/s. Longitud (L) en metros y el tiempo (T) en minutos.

6. Durante la fase de arrastre se irán tomando muestras en los puntos de desagüe, por lo que se recomienda disponer de un turbidímetro portátil para realizar la medición in situ. Se considerará que la tubería está limpia, cuando la turbidez medida en un instante determinado es inferior a 5 UNF (unidades nefelométricas de turbidez), y que transcurrido un tiempo (T), tal que:

$$T = \frac{L}{60}$$

(T= tiempo en minutos, L= longitud del tramo que se limpia en metros), la turbidez sigue siendo inferior al valor anterior (5 UNF).

### 9.3.- Desinfección

En el caso en que se sospeche que la tubería pueda haber sufrido algún tipo de contaminación se realizará una desinfección de la tubería. Esta operación requiere, por lo general, dejar la tubería fuera de servicio más de un día y posiblemente tener que instalar tuberías provisionales para el abastecimiento o facilitar a los abonados agua por medio de camiones cuba, bolsas o garrafas, etc., por lo que es muy importante que durante toda la operación de reparación se extremen las medidas para que no ocurra ninguna contaminación indeseada y evitar así la desinfección.

Las operaciones de desinfección tienen por objeto prevenir posibles problemas sanitarios y garantizar la potabilidad del agua durante su permanencia en la red de distribución.

La desinfección se realiza después del lavado, e inmediatamente antes de la puesta en servicio de la tubería. Las operaciones a realizar serán las siguientes:

1. Vaciar el tramo de tubería completamente.
2. Llenar la tubería con una solución de agua-cloro con una proporción de 25 mg de cloro por litro de agua. Esta mezcla deberá realizarse en el punto de llenado y será homogénea, para evitar tramos con defecto o exceso de cloro. Se podrá utilizar lejía o hipoclorito sódico para hacer esta mezcla. Hay que observar las medidas de seguridad adecuadas para el manejo del cloro, hipoclorito o lejía, debido a su peligrosidad.
3. Se dejará la solución en el interior de la tubería durante mínimo 24 horas (entre 24 y 48 horas). El tramo en proceso de desinfección deberá quedar totalmente aislado, tomándose medidas para tener la total seguridad de que no se pueda producir un retroceso de esta solución agua-cloro hacia la tubería en servicio, lo que provocaría una contaminación del agua potable por exceso de cloro.
4. Transcurrido el tiempo fijado, hay que tomar muestras de la solución del interior de la tubería, y comprobar que la concentración de cloro libre es superior a 5 ppm (>5 mg/l). Si la concentración de cloro libre residual es inferior, se repetirá el proceso.
5. Si la concentración de cloro libre residual supera las 5 ppm, se vaciará la solución agua-cloro existente en la tubería. Es absolutamente necesario que no queden restos de esta solución, por lo que habrá que desaguar con celo la tubería, dejando escurrir bien los desagües; o realizando un pequeño arrastre si es necesario. Si no se realiza bien esta operación afectará a la siguiente, deteriorando el parámetro de cloro residual, y desvirtuando los análisis.
6. Una vez vacía la tubería se llena con agua potable y se mantiene a la presión de servicio durante 24 horas.
7. Transcurridas 24 horas, se tomarán muestras para analizarlas en un Laboratorio acreditado. Habrá que realizar un análisis químico y otro bacteriológico, con los parámetros que se definen en el punto 8. Las muestras se tomarán directamente de la tubería a través de elementos instalados, tales como: ventosas, desagües, acometidas, tomas específicas, etc. Antes de tomar la muestra se dejará salir agua en cantidad suficiente, para conseguir renovar la acumulada en la derivación.

El número de muestras a tomar vendrá condicionado por el número de elementos intermedios instalados, siendo la distancia máxima a considerar entre elementos de muestreo, de 200 m.

La toma de muestras debe hacerse por personal especialmente entrenado para ello y utilizando los materiales y procedimientos de trabajo especialmente descritos para este fin.

8. Una vez tomadas las muestras, se enviarán las muestras al Laboratorio a la mayor brevedad. Los análisis a realizar serán los siguientes:

1. Parámetros químicos

◆ Si utiliza Cloro libre en la desinfección:

- Cloro libre residual (mínimo 0,2-0,4 ppm)

◆ Si utiliza Cloro combinado en la desinfección:

- Cloro residual total (mínimo 0.8 mg/l)

- Turbidez (recomendable  $\leq 1$  UNF; máximo 5 UNF)

- Oxidabilidad (5 mg O<sub>2</sub>/l)

2. Parámetros microbiológicos

- Coliformes totales (máximo 0 gérmenes/100 ml).

- E. Coli (máximo 0 gérmenes/100 ml).

- Aerobios a 22 °C (máximo: sin cambios anormales respecto a los valores del abastecimiento).

9. La tubería se podrá poner en servicio siempre tras recibir los resultados de los análisis del laboratorio con la interpretación de un técnico autorizado que los valide y siempre que los parámetros analizados sean iguales o inferiores a los recomendados en el apartado anterior. Si no fuese así, se repetirá el proceso de desinfección.

Deberá analizarse el impacto en el punto de vertido del agua utilizada para la desinfección, para valorar la conveniencia de actuaciones de neutralización de los residuales de desinfectante.

## ANEXO 1

### Fichas de características e instrucciones de montaje de los elementos de reparación.

#### Piezas de reparación (Generalidades)

**Cuerpo:** Los cuerpos de las piezas de reparación se recomiendan que sean metálicos y suelen ser de fundición, acero inoxidable o latón.

**Recubrimientos exteriores:** Para evitar su corrosión por agentes externos pueden tener algún tipo de recubrimiento, siendo habitual el uso de pintura epoxi.

**Recubrimientos interiores:** Los recubrimientos interiores en su caso serán siempre aptos para su uso en contacto con el agua.

**Grasas o productos lubricantes para montaje:** Es muy habitual que se utilice el propio agua potable como fluido para la limpieza de los tubos previo al montaje de la pieza, que a su vez sirve de lubricante para su desplazamiento y acople. En caso de utilizarse algún otro tipo de lubricante para el desplazamiento y montaje de la pieza de reparación éste será apto para uso alimentario y no comunicará olores ni sabores extraños al agua.

**Elastómeros:** Los elastómeros serán de dureza adecuada para que realice el apriete y se evite la pérdida de agua. Pueden ser lisos, reticulares, dentados, bilabiales, cónicos, etc. Tienen que ser duraderos en el tiempo y no deben disgregarse. Normalmente son de EPDM (caucho de etileno propileno dieno molibdeno). El EPDM se obtiene con un tercer monómero y resulta especialmente útil para el sellado de líquidos hidráulicos. Serán también aptos para su uso en contacto con el agua.



Elastómero liso



Elastómero reticular



Elastómero dentado



Junta bilabial

**Piezas dentadas de agarre para esfuerzos axiales:** Son los elementos que anclan las piezas sobre el tubo evitando su desplazamiento. Son especialmente necesarios para tuberías que pueden sufrir esfuerzos axiales como es el caso de las tuberías de polietileno. Pueden ser de diferentes materiales si bien se recomienda sean metálicas.



Ejemplo de piezas dentadas de agarre

**Tornillería:** Es muy importante no olvidarse estos elementos de la pieza de reparación, ya que si no son adecuados fallará con el tiempo. Es habitual que se preste una especial atención al cuerpo de la pieza o a los elastómeros y nos olvidemos de estos pequeños pero importantes elementos. La tornillería es la encargada de ejercer la fuerza de apriete sobre la pieza que permite al elastómero realizar la presión suficiente para mantener la estanqueidad y la inmovilidad de la pieza. Con que falle un sólo elemento de la tornillería, la pieza de reparación no cumplirá su función y volverá a producirse una nueva fuga en el mismo punto en que se realizó la reparación. Si no se tiene esta consideración, es posible tener que volver a actuar en reparaciones realizadas hace unos pocos años al fallar la pieza por corrosión en la tornillería. Por ello los espárragos, tornillería y elementos de apriete deberán reunir también las características de resistencia mecánica y de corrosión similares al cuerpo de la pieza, recomendando que sean de acero inoxidable pudiendo llevar incluso un tratamiento o recubrimiento de protección. El tamaño y sección de espárragos y tornillos debe ser la adecuada para el esfuerzo que deba soportar. A continuación se puede ver un ejemplo de un tornillo de acero inoxidable con protección exterior:



En las siguientes fotos se observa con claridad los problemas de corrosión sufridos por diferentes elementos de tornillería.



## **DESCRIPCIÓN DE PIEZAS DE REPARACIÓN**

### **Abrazadera de reparación**



**Cuerpo:** Acero inoxidable.

**Elastómero:** EPDM. De forma reticular.

**Recubrimiento exterior:** No suele llevar.

**Recubrimiento interior:** No suele llevar.

**Autoblocante:** No

**Características:** Esta pieza dispone de un sistema de reparación por medio de junta normalmente reticular. Función del calibre está formada por una o varias secciones, lo que permite su apertura y su acoplamiento al tubo, lo que la hace especialmente recomendable como sistema de reparación de tuberías sin corte de la misma. Los fabricantes han desarrollado, normalmente para grandes calibres, cajas con varios sectores de diferente tamaño lo que permite ampliar el rango de uso al usar los sectores que se adapten mejor al diámetro exterior de la tubería dañada.

Se ha diseñado para tuberías rígidas sin esfuerzos axiales (fundición, fibrocemento, acero,...). No dispone de anillos autoblocantes por lo que no es una pieza antitracción y por tanto es poco recomendable su uso para tubos con esfuerzos axiales (polietileno) al no quedar fijada al tubo, pudiendo producirse con el tiempo movimientos que descubran finalmente el punto de avería.

El elastómero se adapta a la cara exterior del tubo realizando un apriete sobre el mismo que tapona la avería y produce la estanqueidad.

**Sistema de reparación:** Una vez descubierta la tubería y visualizada la avería se procede a la limpieza del tubo exteriormente. Es muy importante medir siempre el diámetro exterior de la tubería a reparar y asegurarse que el rango de la abrazadera que se va a utilizar se adapta al calibre exterior del tubo. En la abrazadera debe estar indicado el rango de uso de la pieza. Se desenroscan las tuercas y se abre la abrazadera de reparación, colocándola alrededor del tubo. Se cierra la abrazadera con cuidado con el fin de que el elastómero quede correctamente acoplado y se posiciona dejando la avería aproximadamente en el centro de la pieza de reparación. El cierre o cierres

deben quedar en una posición cómoda para el posterior apriete. Con la herramienta adecuada se aprietan las tuercas poco a poco y de forma alterna de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Se procede a la apertura del servicio en la red y se comprueba que la reparación es correcta y no hay ninguna pérdida de agua. En caso de que se observe alguna pérdida de agua se procederá a repasar el apriete de los tornillos hasta conseguir que pare.



Los fabricantes de este tipo de piezas comercializan cajas para reparaciones de emergencia que contiene varias secciones de diferentes medidas que pueden combinarse entre ellas abarcando un amplio rango de

diámetros exteriores. Con ello se reduce considerablemente el stock de piezas. En todo caso, es más recomendable disponer de la abrazadera de reparación específica para cada calibre nominal de tubería.

### **Abrazadera flexible de acero inoxidable**



**Cuerpo:** Acero inoxidable.

**Elastómero:** Juntas bilabiales de EPDM en los laterales de la pieza.

**Recubrimiento exterior:** No suele llevar.

**Recubrimiento interior:** No suele llevar.

**Autoblocante:** No

**Características:** Esta pieza, al igual que la anterior, permite su apertura y su acoplamiento al tubo, lo que la hace especialmente recomendable como sistema de reparación sin corte de la tubería. Dado que no dispone de anillos autoblocantes su aplicación es recomendable únicamente para tuberías rígidas que no padezcan esfuerzos axiales (fundición, fibrocemento, acero,...) y no para tuberías de polietileno. En este tipo de piezas la estanqueidad la realizan dos juntas bilabiales situadas en los dos laterales de la pieza de reparación. La pieza podría asemejarse en su funcionalidad a la ya clásica unión Gibault, con la diferencia de que una de estas piezas se adapta a un mayor rango de diámetros exteriores.

**Sistema de reparación:** El sistema de reparación es similar al de la pieza anterior, por lo que todas las recomendaciones dadas son aplicables a esta pieza. En la abrazadera debe estar indicado el rango de uso de la pieza. Se diferencia especialmente en el par de apriete que hay que aplicar a la tornillería y que debe ser la que defina el fabricante de la pieza. El adecuado par de apriete permite el correcto funcionamiento de esta pieza. Al colocar la pieza sobre el tubo dañado se forma una cámara entre la pared del tubo y el cuerpo de la pieza en la que queda confinada el agua que sale de la fuga. La propia presión del agua sobre los labios de la junta bilabial refuerza la estanqueidad de la pieza. Es por ello muy importante realizar una adecuada limpieza del tubo antes de la instalación de la pieza. El apriete de la tornillería debe realizarse por ello con una llave dinamométrica que mida el par de apriete necesario. Es un error muy habitual en este tipo de piezas el que los operarios aprieten la tornillería todo lo que pueden lo que provoca que la pieza no sea efectiva.



## **Acoplamiento flexible de acero inoxidable autoblocante**



**Cuerpo:** Acero inoxidable

**Elastómero:** Juntas bilabiales de EPDM en los laterales de la pieza.

**Recubrimiento exterior:** No suele llevar.

**Recubrimiento interior:** No suele llevar.

**Autoblocante:** Si

**Características:** Esta pieza no se puede desmontar, por lo que se usa para reparaciones con corte de tubería. Al ser autoblocante, su uso es recomendable para tuberías que tengan esfuerzos axiales (polietileno). En este tipo de piezas la estanqueidad la realizan dos juntas bilabiales situadas en los dos laterales de la pieza de reparación por lo que la pieza podría asemejarse en su funcionalidad a una unión Gibault o una junta RK (uniones clásicas de tubos de fibrocemento).

**Sistema de reparación:** El sistema de reparación es similar al de la pieza anterior, por lo que todas las recomendaciones dadas son aplicables a esta pieza, incluida la especial atención que hay que tener con el par de apriete de la tornillería que debe realizarse con una llave dinamométrica. Es un error muy habitual en este tipo de piezas el que los operarios aprieten la tornillería todo lo que pueden lo que provoca que la pieza pueda fallar por un mal montaje y no sea efectiva.

### **Abrazadera partida (no autoblocante)**



**Cuerpo:** Fundición dúctil.

**Elastómero:** EPDM. De forma reticular, dentada o lisa.

**Recubrimiento exterior:** Epoxi.

**Recubrimiento interior:** Epoxi de uso alimentario.

**Autoblocante:** No

**Características:** La pieza está partida, lo que permite su desmontaje y acople y por tanto puede utilizarse para reparaciones que requieran o no el corte de la tubería. Al no ser autoblocante únicamente puede utilizarse para reparar tuberías rígidas que no estén sometidas a esfuerzos axiales; no puede emplearse con tuberías de polietileno. El elastómero se adapta al exterior del tubo al realizar el apriete, taponando el orificio y produciendo la estanqueidad.

**Sistema de reparación:** Una vez descubierta la tubería y visto el agujero o picotazo se mide el diámetro exterior del tubo para poder seleccionar la pieza de acuerdo a dos variables:

- **Diámetro:** La pieza se adaptará al diámetro exterior. En la abrazadera debe estar indicado el rango de uso de la pieza.
- **Longitud:** La longitud de la pieza será la adecuada para que el daño quede confinado dentro de la pieza de reparación en la zona del elastómero.

En función de la presión y caudal de agua que sale por el punto de la avería, se podrá instalar la pieza sin tener que cerrar el servicio o simplemente disminuyendo la presión en la red. Si es posible se reparará sin cerrar el servicio en la tubería o realizando un cierre parcial de la misma dejando siempre un pequeño caudal residual, lo que evitará el vaciado y mantendrá una ligera salida de agua por el punto de la avería impidiendo así la entrada de elementos extraños en el interior de la tubería.

Antes de instalar la pieza se procederá a la limpieza exterior del tubo eliminando cuidadosamente todas las partículas de tierras y piedras. Mientras tanto, se procede a abrir la pieza de reparación y una vez limpio el tubo se instala con cuidado. Se comprueba que el elastómero está perfectamente

colocado y se procede a la fijación de la pieza apretando la tornillería poco a poco y de forma alterna hasta que produzca la estanqueidad.

Se procede a la apertura del servicio en la red y se comprueba que la reparación es correcta. En caso de que se observe alguna pérdida de agua se procede a repasar el apriete de los tornillos hasta conseguir que pare.

### **Abrazadera autoblocante partida (resistente esfuerzos axiales)**



**Cuerpo:** Fundición dúctil.

**Elastómero:** EPDM. De forma reticular o lisa.

**Recubrimiento exterior:** Epoxi.

**Recubrimiento interior:** Epoxi apto para uso alimentario.

**Autoblocante:** Si

**Características:** Es la pieza de reparación más recomendada para la reparación sin corte en tubería de tuberías con esfuerzos axiales (polietileno) ya que la pieza está partida, lo que permite su desmontaje y acople. Queda perfectamente anclada al tubo sin posibilidad de desplazamiento por la fijación que realizan dos anillos autoblocantes que muerden el exterior del mismo. Estos anillos autoblocantes deben ser metálicos o en caso de ser de otro material, los elementos mordedores serán lo suficientemente resistentes para que puedan clavarse en el exterior del tubo de polietileno fijando la pieza. El elastómero se adapta al exterior del tubo al realizar el apriete, taponando el orificio y produciendo la estanqueidad.





**Sistema de reparación:** Una vez descubierta la tubería y visto el agujero o picotazo se medirá el diámetro exterior del tubo para poder seleccionar la pieza de acuerdo a dos variables:

- Diámetro: la pieza se adaptará al diámetro exterior. En la abrazadera debe estar indicado el rango de uso de la pieza
- Longitud: La longitud de la pieza será la adecuada para que el daño quede confinado dentro de la pieza de reparación en la zona del elastómero.

En función de la presión y caudal de agua que sale por el punto de la avería, se podrá instalar la pieza sin tener que cerrar el servicio o simplemente disminuyendo la presión en la red. Si es posible se reparará sin cerrar el servicio en la tubería o realizando un cierre parcial de la misma dejando siempre un pequeño caudal residual, lo que evitará el vaciado y mantendrá una ligera salida de agua por el punto de la avería impidiendo así la entrada de elementos extraños en el interior de la tubería.

Antes de instalar la pieza se procederá a la limpieza exterior del tubo eliminando cuidadosamente todas las partículas de tierras y piedras. Mientras tanto se procede a abrir la pieza de reparación y una vez limpio el tubo se instala con cuidado. Se comprueba que el elastómero está perfectamente colocado y se procede a la fijación de la pieza apretando la tornillería poco a poco y de forma alterna hasta que los anillos autoblocantes muerdan el tubo fijando la pieza y produzca la estanqueidad.

Se procede a la apertura del servicio en la red y se comprueba que la reparación es correcta. En caso de que se observe alguna pérdida de agua se procede a repasar el apriete de los tornillos hasta conseguir que pare.

### **Acoplamiento sin tolerancia (tipo Gibault)**



**Cuerpo:** Fundición dúctil.

**Elastómero:** Juntas de EPDM de sección cuadrada o circular

**Recubrimiento exterior:** Epoxi.

**Recubrimiento interior:** Epoxi apto para uso alimentario.

**Autoblocante:** No

**Características:** Esta pieza, a diferencia de las anteriores, no permite su apertura, lo que impide su uso como sistema de reparación sin corte de tubería y sólo puede utilizarse como sistema de reparación con corte de la tubería, por lo que serán necesarias dos piezas. Se utiliza en tuberías rígidas que no tengan esfuerzos axiales (fundición, fibrocemento, acero,...). No dispone de anillos autoblocantes por lo que no es una pieza antitracción y por tanto no es recomendable su uso para tubos con esfuerzos axiales (polietileno) al no quedar fijada al tubo. En este tipo de piezas la estanqueidad la realizan dos juntas cuadradas o redondas situadas en los dos laterales de la pieza de reparación. El rango de uso de esta pieza está muy limitado ya que debe ajustarse perfectamente a la tubería a reparar, por lo que está casi en desuso. Sin embargo, ha sido una pieza muy habitual en el montaje de tuberías de fibrocemento y fundición, por lo que algunos explotadores pueden disponer de ellas en sus almacenes.

**Sistema de reparación:** Una vez descubierta la tubería y visualizada la avería y se procede al corte de la zona dañada. Se corta y prepara el cilindro de unión que debe tener un diámetro exterior igual al del tubo dañado. Se procede a la limpieza exterior de los tubos. Es muy importante medir siempre los diámetros exteriores de la tubería a reparar y cilindro, asegurándose que el rango de las piezas de unión que se va a utilizar se adapta al calibre del tubo. Se desenroscan las tuercas y se desmontan las piezas que se deben introducir en el tubo y/o cilindro. En ocasiones puede ser necesario rebajar las bocas en las que se instalan las piezas, lo que complica la reparación. Se coloca el cilindro en su posición y se mueven las piezas con cuidado con el fin de que el elastómero quede correctamente acoplado. Con la herramienta adecuada se aprietan las tuercas poco a poco y de forma alterna de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Se procede a la apertura del servicio en la red y se comprueba que la reparación es correcta y no hay ninguna pérdida de agua. En

caso de que se observe alguna pérdida de agua se procede a repasar el apriete de los tornillos hasta conseguir que pare.

### **Acoplamiento multidímetro o de gran tolerancia (simétrico o reducido)**



**Cuerpo:** Fundición dúctil

**Elastómero:** Juntas especiales dentadas de EPDM

**Recubrimiento exterior:** Epoxi.

**Recubrimiento interior:** Epoxi apto para uso alimentario.

**Autoblocante:** No

**Características:** Esta pieza no permite su apertura, lo que impide su uso como sistema de reparación sin corte de tubería y la hace especialmente recomendable como sistema de reparación con corte de la tubería, por lo que serán necesarias dos piezas. Se utiliza normalmente en tuberías rígidas que no tengan esfuerzos axiales (fundición, fibrocemento, acero,...) ya que generalmente sus anillos no son autoblocantes por lo que no es una pieza antitracción. En estas circunstancias es poco recomendable su uso para tubos con esfuerzos axiales (polietileno) al no quedar fijada al tubo. En este tipo de piezas la estanqueidad la realizan dos juntas situadas en los dos laterales de la pieza de reparación. Los dos extremos de la pieza presentan una conicidad que provoca el acople de la junta especial al exterior del tubo función del aprieta realizado, lo que incrementa el rango de aplicación.

Algunos fabricantes han desarrollado esta pieza con la posibilidad de acoplar unos elementos autoblocantes que la hacen útil en este caso para su uso en tuberías con esfuerzos axiales (polietileno).



Se fabrican también con rangos de acople diferentes en sus dos extremos, con el fin de poder utilizar tuberías con distintos diámetros exteriores, como por ejemplo la que se muestra a continuación.



**Sistema de reparación:** Una vez descubierta la tubería y visto que la longitud y tipo de avería exige eliminar el tramo afectado se deberá cerrar el servicio en la red para proceder a cortar el tramo de tubo dañado. Para ello se utilizarán las herramientas de corte disponibles (cortatubos, radial,...), siguiendo las instrucciones y medidas de seguridad necesarias. Se recomienda que la longitud mínima del cilindro a instalar sea de 4 veces el DN. Las piezas de unión se seleccionarán de acuerdo a dos variables:

- Diámetro: La pieza se adaptará en cada uno de sus extremos al diámetro exterior del tubo existente y al del tubo o cilindro a instalar. Ambos diámetros estarán dentro del rango de la pieza. Debe estar indicado en la pieza su rango de uso.
- Longitud: La longitud de las piezas será la adecuada para la unión de los tubos.

El corte debe ser limpio y perpendicular al tubo. Se recomienda:

1. Medir el diámetro exterior del tubo instalado.
2. Medir el diámetro exterior del cilindro a instalar.
3. Comprobar que las piezas de unión cubren ambos diámetros.
4. Cortado el tramo afectado se mide la longitud del mismo. Para ello se hacen varias mediciones de esta longitud por varias generatrices. L será la longitud en cm. mínima medida.
5. Se corta un cilindro de longitud L-2 cm. (mínima) y L-4 cm. (máxima) de manera que quede suficiente holgura para la introducción del mismo en el hueco dejado. El corte debe ser limpio y perpendicular al tubo. Se recomienda que el cilindro a instalar sea del mismo material y diámetro que el existente.
6. Se limpia la tubería existente y se introducen las piezas en los extremos de la tubería una vez cortada. Si no hay espacio suficiente, se pueden introducir las piezas en el cilindro de reparación. Si la pieza de reparación tiene rangos diferentes en sus dos extremos, necesariamente se debe introducir en el tubo que tenga menor calibre, para luego correrlo y acoplarlo al de mayor calibre.
7. Se coloca el cilindro en el hueco centrándolo y se fija colocando apoyos de forma que queden las bocas de los tubos encaradas y las generatrices perfectamente alineadas.
8. Antes de desplazar las piezas de unión se procede a la limpieza exterior del cilindro, eliminando cuidadosamente todas las partículas de tierra y piedras.

9. Se desplazan las piezas de unión en los dos extremos dejando el corte en el centro de la pieza.
10. Se comprueba que la pieza está perfectamente colocada y se procede a la fijación de las piezas apretando la tornillería poco a poco y alternativamente.
11. Se procede a la apertura del servicio en la red y se comprueba que la reparación es correcta. En caso de que se observe alguna pérdida de agua se procede a repasar el apriete de los tornillos y colocación de las juntas.

### **Acoplamiento autoblocante (resistente esfuerzos axiales)**



**Cuerpo:** Fundición dúctil.

**Elastómero:** Juntas especiales dentadas de EPDM.

**Recubrimiento exterior:** Epoxi.

**Recubrimiento interior:** Epoxi apto para uso alimentario.

**Autoblocante:** Si

**Características:** Esta pieza no permite su apertura, lo que impide su uso como sistema de reparación sin corte de tubería y la hace especialmente recomendable como sistema de reparación con corte de la tubería, por lo que normalmente serán necesarias dos piezas. Al disponer de anillos autoblocantes su uso es recomendable para tubos con esfuerzos axiales (polietileno) al quedar fijada al tubo. En este tipo de piezas, la estanqueidad la realiza dos juntas situadas en los dos laterales de la pieza de reparación, junto a las cuales llevan unos elementos de anclaje al tubo. Queda perfectamente anclada al tubo sin posibilidad de desplazamiento por la fijación que realizan dos anillos o piezas autoblocantes que muerden el exterior del tubo. Estos elementos autoblocantes deben ser metálicos o en caso de ser de otro material, los elementos mordedores serán lo suficientemente resistentes para que puedan clavarse en el exterior del tubo de polietileno fijando la pieza. Se fabrican también con rangos de acople diferentes en sus dos extremos, con el fin de poder utilizar tuberías con distintos diámetros exteriores, como por ejemplo la que se muestra a continuación:



**Sistema de reparación:** El sistema de reparación es similar al de la pieza anterior, por lo que todas las recomendaciones dadas son aplicables a esta pieza.



### **Acoplamiento o manguito electrosoldable**



**Cuerpo:** Polietileno con una resistencia eléctrica interior que provoca el calentamiento y fusión del manguito con el cuerpo de los tubos de polietileno.

**Elastómero:** No lleva

**Recubrimiento exterior:** No lleva

**Recubrimiento interior:** No lleva

**Autoblocante:** Si

**Características:** Este tipo de unión es el más recomendable para realizar una reparación de tuberías con esfuerzos axiales (polietileno) con corte de tubería si bien exige que no llegue nada de agua al punto de unión, lo que puede ser complicado en muchas ocasiones. Es un método que solo se puede utilizar en tuberías de PE80 y PE100. No se puede realizar en los otros tipos de polietileno.

El procedimiento de soldadura con manguitos electrosoldables o por electrofusión consiste en la unión mediante accesorios en los cuales están incorporadas unas resistencias eléctricas, que debidamente calentadas por medio de un pequeño grupo electrógeno, si la conexión eléctrica no es posible, o por conexión a la red, fusionan las paredes del accesorio y del tubo, logrando una unión segura y fácil.

La conexión eléctrica se realiza mediante un aparato, que regula la intensidad, temperatura y tiempo de calefacción.

Los accesorios comerciales se suministran con información sobre los parámetros de soldadura. Esta información puede ser mediante uno de los sistemas siguientes:

- Código de barras incorporado al cuerpo del accesorio y que es leído por un lápiz óptico de que dispone la máquina.
- Mediante tarjeta magnética que es necesario insertar en la máquina de soldadura.
- Información escrita que se introduce manualmente.
- Los manguitos electrosoldables disponen de unas pequeñas chimeneas por donde fluye el material cuando ha alcanzado su punto

óptimo de fluidez, sirviendo como testigos de que la soldadura se ha realizado.



***El Material necesario para la ejecución es el siguiente:***

- Material de limpieza
- Redondeador
- Rascador
- Alineador
- Máquina de soldadura comprendiendo:
  - Sistema de introducción de datos (óptico, magnético o manual)
- Elementos a unir (accesorio electrosoldable y tubo)
- Fuente de energía eléctrica (red o grupo electrógeno)



**Sistema de reparación:**

1. Cortar perpendicularmente los extremos de los tubos que se van a unir. Limpiar la suciedad de los extremos de los tubos, aproximadamente 50 cm, utilizando un trapo limpio.
2. Cortar el cilindro de la tubería de polietileno a instalar y comprobar que tienen el mismo diámetro exterior.

3. Comprobar que los manguitos electrosoldables se adaptan a los diámetros exteriores de las tuberías.
4. Medir el manguito electrosoldable, sin sacarlo de la bolsa, para marcar la longitud mínima de tubo que debe ser rascada en cada uno de los extremos, (mitad de la longitud del manguito más unos 2,5 cm).
5. Utilizar un raspador para eliminar la capa superficial marcada alrededor de los extremos de los tubos a unir. NO UTILIZAR LIJA o TELA ESMERIL para limpiar o rascar.
6. Asegurarse de que se ha rascado toda la zona superficial marcada. Utilizar un espejo, si es necesario, para comprobar que se ha rascado toda la superficie de la parte inferior del tubo. No tocar con las manos las zonas rascadas.
7. Sacar el manguito electrosoldable de la bolsa y leer la etiqueta para asegurarse de que se ha elegido la medida correcta. Eliminar los toques interiores de los manguitos electrosoldables en caso de que los tenga.
8. Introducir los dos manguitos electrosoldables en el cilindro cortado o en los extremos del tubo existente y marcar la profundidad total de penetración cuando el extremo del tubo aparezca por el otro extremo del manguito electrosoldable.
9. Colocar el cilindro y alinearlos con los dos extremos del tubo existente. Correr los manguitos electrosoldables dejando la junta de los dos tubos en el centro aproximadamente.
10. Asegurarse de que el manguito está centrado en el alineador, midiendo que desde la marca de profundidad hasta el extremo del manguito tenemos la mitad de la longitud total del manguito. Apretar totalmente el alineador. Girar el manguito con suavidad para comprobar que los tubos no estén desalineados.
11. ATENCIÓN: Si la corriente eléctrica procede de un grupo electrógeno, asegurarse que la tensión de salida esté estabilizada a  $220\pm 1\%$  V y la frecuencia sea de 50Hz, ya que en caso contrario se averiará la máquina. Es necesario calibrar los grupos periódicamente. También hay que comprobar que haya suficiente combustible en el generador para asegurar el periodo de fusión.
12. Quitar los tapones que protegen los terminales del manguito y conectar los cables a dichos terminales. Ver el tiempo de fusión indicado en el accesorio e introducirlo en la máquina. Pulsar el botón de inicio y asegurarse de que se completa el ciclo de fusión.
13. Sin mover el manguito, dejar enfriarlo en el alineador el tiempo indicado en la etiqueta.
14. Quitar los cables y desmontar el alineador. Inspeccionar visualmente la unión y comprobar que han salido los testigos de fusión.

### **Causas de fallos en la Electrofusión**

- Por no rascar el tubo
- Tensión de entrada del grupo electrógeno incorrecta
- Excesivo espacio entre el tubo y el accesorio

- Movimiento durante la fusión
- Tubo excesivamente ovalado
- Apretar demasiado el alineador
- Presencia de agua, contaminación o suciedad de los tubos y/o accesorios
- Preparación insuficiente (mirar con un espejo la parte inferior del tubo)
- Rascar demasiado el tubo
- Incorrecta introducción del tiempo en la máquina
- Interrupción del ciclo de fusión

**Precaución:**

Durante el proceso de soldadura hay que situarse como mínimo a 1 m. de distancia de la soldadura, ya que si el sistema no funciona correctamente puede salpicar polietileno fundido.

Es posible unir tubos de diferente material y con distintos espesores de pared utilizando accesorios electrosoldables, si bien los diámetros exteriores de los tubos deben ser los mismos.

NO utilizar este sistema si no se puede evitar la presencia de agua en la zona de trabajo.

### **Manquito de reparación autoblocante (resistente esfuerzos axiales)**



**Cuerpo:** Aunque puede ser de otros materiales se recomienda que tanto el cuerpo de la pieza como los anillos de sujeción sean metálicos, dando buen resultado el latón.

**Elastómero:** Juntas especiales

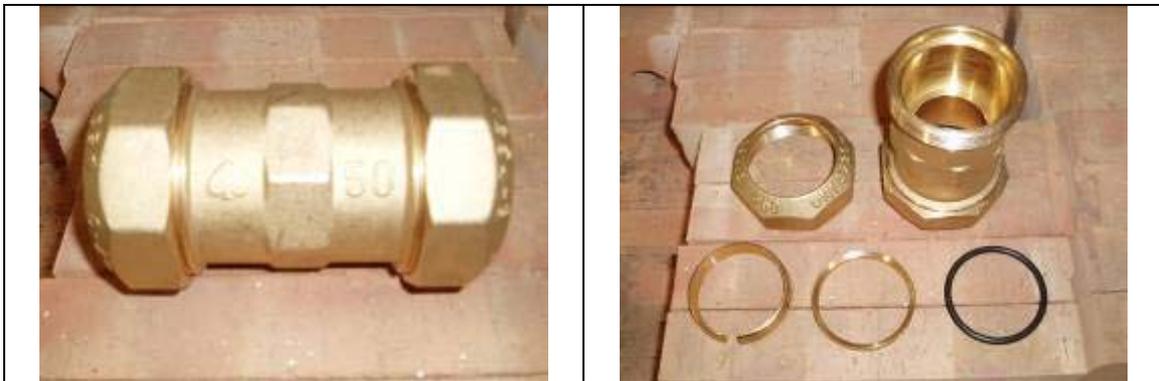
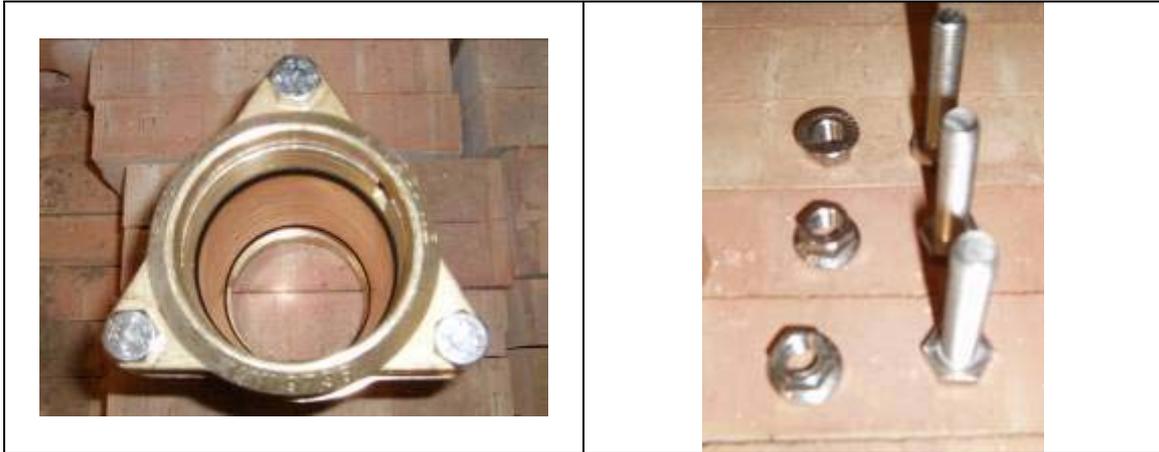
**Recubrimiento exterior:** No lleva

**Recubrimiento interior:** No lleva

**Autoblocante:** Si

**Características:** Este tipo de piezas están principalmente indicadas para tuberías de polietileno de pequeño calibre (aproximadamente hasta D90 mm). Estas piezas pueden ser plásticas, si bien dan mejor resultado las metálicas. El elemento de anclaje de la pieza sobre el tubo debe ser de una alta dureza para que muerda su superficie y quede perfectamente anclado sobre ella, recomendando que también sea metálico. El montaje es simple y consiste en desenroscar el elemento exterior, colocar el tubo en el interior y finalmente realizar un fuerte apriete. La estanqueidad se consigue por el apriete que realiza el elemento roscado exterior sobre la garra autoblocante y la junta interior. El cono de fijación o garra autoblocante deberá ser metálica en PE80 y PE100 con el fin de que se clave perfectamente en el PE y sea efectivo cuando se produzca un esfuerzo de tracción.





### Sistema de reparación:

En la mayoría de los casos se actúa del siguiente modo:

1. Cortar el tubo perpendicularmente. Hacer un chaflán con un ángulo de aproximadamente  $15^{\circ}$  respetando  $1/3$  del espesor.
2. Aflojar la tuerca sin separarla del cuerpo. Controlar que la junta y el cono de fijación están en la posición adecuada.
3. Insertar el extremo del tubo sin roscar la tuerca. Empujar el accesorio hasta que el tubo sobrepase la junta y llegue al tope.
4. Roscar manualmente la tuerca con la mano y posteriormente apretar con una llave adecuada.

En algún caso, sobretodo con accesorios de diámetro superior a 75 mm, para facilitar el montaje debe procederse de un modo distinto:

1. Desmontar el accesorio y deslizar por el tubo todos los componentes internos (tuerca, cono de fijación, casquillo de prensa y junta tórica).
2. Presionar el tubo hacia el interior del accesorio hasta que alcance el tope.
3. Colocar la junta tórica y el casquillo de prensa en su asiento específico.

4. Desplazar el cono de fijación por el tubo hasta hacer tope con el accesorio.
5. Apretar la tuerca primero con la mano y después con una herramienta adecuada.

## **junta de reparación de PRFV**



**Cuerpo:** PRFV

**Elastómero:** Juntas especiales de EPDM

**Recubrimiento exterior:** No lleva

**Recubrimiento interior:** No lleva

**Autoblocante:** NO

**Características:** Es una pieza de reparación específica para tuberías de PRFV. No es una pieza partida por lo que se utiliza como sistema de reparación con corte de tubería. Está formada por un anillo de PRFV y dos juntas interiores para realizar la estanqueidad. En su funcionamiento es similar a una unión RK típica de las tuberías de fibrocemento.

**Sistema de reparación:** Para proceder al cierre de la línea mediante el uso de manguitos estándar de PRFV debe seguirse el siguiente proceso. Se realizará utilizando un tubo idéntico al existente. Cuando esto no sea posible podrá emplearse otro tubo siempre que sus características resistentes sean iguales o superiores y su diámetro compatible con el existente.

- Debe identificarse y eliminar toda la zona dañada mediante el corte de la sección de tubo estropeada. El corte de los extremos del tubo debe ser perpendicular, y deberá realizarse, en ambos extremos, un chaflán como el que presenta el tubo fabricado.
- Medir el espacio que va a ocupar el carrete de cierre de la instalación. La longitud del carrete no será más corta de 40mm que la del espacio medido.
- Una vez saneada la zona, preparar una cama central para que apoye allí el nuevo segmento del tubo y dejar sobre excavado en la zona de las uniones.
- Usar dos acoplamientos de manguito sin tope central de montaje. Medir la profundidad del manguito y a partir del extremo de los tubos instalados o del carrete a unir, hacer una marca a una distancia equivalente a la mitad de la anchura del manguito.

- Antes de montar los manguitos, limpiar y lubricar abundantemente los extremos y las juntas del acoplamiento. El lubricante deberá ser adecuado para el montaje de estas tuberías.
- Introducir los manguitos bien en el carrete, bien en el extremo del tubo.
- El carrete debe colocarse de forma centrada con objeto de que quede el mismo espacio libre entre el tubo insertado y los tubos adyacentes.
- Lubricar bien los extremos de los tubos adyacentes tras haberlos limpiado a fondo.
- Colocar el carrete en su posición final y deslizar los manguitos sobre los tubos adyacentes hasta alcanzar la marca que indica el límite. En el caso sea necesario se puede utilizar un tráctel para manguitos.
- La compactación del material de relleno alrededor del carrete es muy importante. A menudo el área del tubo de cierre es sometida a una sobreexcavación para facilitar el acceso.
- No debe rellenarse con materiales arcillosos ni con hormigón ya que pueden producirse asentamientos posteriores para los cuales habrá que tomar medidas adicionales.

### **Brida partida para reparación de juntas emplomadas**



**Cuerpo:** Fundición dúctil.

**Elastómero:** Juntas de EPDM de sección cuadrada o circular

**Recubrimiento:** Epoxi.

**Autoblocante:** No

**Características:** Esta pieza se asemeja a la clásica unión Gibault, si bien es una pieza partida por lo que se utiliza como sistema de reparación sin corte de tubería. Se ha diseñado para su uso en las cabezas de tuberías enchufadas con el fin de reparar las averías por pérdida de estanqueidad entre la boca y la cabeza de los tubos. En este tipo de piezas la estanqueidad la realiza la junta cuadrada o redonda que se sitúa entre la boca y cabeza. El rango de uso de esta pieza está muy limitado ya que debe ajustarse perfectamente a la tubería a reparar, por lo que debe mantenerse en stock para la reparación de tuberías muy específicas. Son especialmente útiles para la reparación de pequeñas pérdidas en uniones entre tubos con juntas de plomo (enchufe-cordón).

**Sistema de reparación:** Una vez descubierta la tubería y visualizada la avería se procede a la preparación de la pieza. Se procede a la limpieza exterior de la cabeza y boca. Es muy importante medir siempre los diámetros exteriores de la cabeza y boca para comprobar la idoneidad de la pieza, asegurándose que el rango de la pieza que se va a utilizar se adapta al calibre del tubo. Se corta la junta y se coloca en la unión de la boca con la cabeza donde debe realizar la estanqueidad pegándola con un adhesivo específico de alta resistencia. Se coloca las piezas partidas que realizan el apriete situándolas sobre la boca y sobre la cabeza uniéndolas con tornillería o soldadura. Posteriormente se monta la tornillería entre los dos elementos apretando con la herramienta adecuada las tuercas poco a poco y de forma alterna de acuerdo a las instrucciones del fabricante hasta que la junta sea estanca. Se comprueba que

la reparación es correcta y no hay ninguna pérdida de agua. En caso de que se observe alguna pérdida de agua se procede a repasar el apriete de los tornillos hasta conseguir que pare.

### **Pieza especial para reparación de juntas**



**Cuerpo:** Fundición dúctil

**Elastómero:** Juntas especiales de EPDM

**Recubrimiento exterior:** Epoxi.

**Recubrimiento interior:** Epoxi apto para uso alimentario.

**Autoblocante:** No

**Características:** Es una pieza especialmente diseñada para reparación de fugas en juntas. Es una pieza partida que permite dejar la junta entre dos tubos confinada en el interior de la pieza lo que disminuye considerablemente el tiempo de restablecimiento del servicio. Es por tanto una pieza para realizar la reparación sin corte de tubería. En este tipo de piezas la estanqueidad la realizan las juntas de unión entre las piezas. El rango de uso de esta pieza está muy limitado ya que debe ajustarse perfectamente a la tubería a reparar, por lo que debe mantenerse en stock para la reparación de tuberías muy específicas. Si la pieza se diseña con una salida con brida en la que se pueda colocar una válvula se puede realizar la reparación de ciertas fugas sin cerrar el servicio.

**Sistema de reparación:** Una vez descubierta la tubería y vista la avería en la unión entre dos tubos, se analizará la posibilidad de utilizar esta pieza. La pieza

se adaptará en cada uno de sus extremos al diámetro exterior del tubo existente y las dimensiones de la unión deben quedar confinadas en el interior de la pieza. Se procede a la limpieza exterior de la unión entre los tubos. Se medirán los diámetros exteriores de los tubos y unión existente para comprobar la idoneidad de la pieza, asegurándose que el rango de la pieza que se va a utilizar se adapta a los calibres medidos. Se colocan las piezas partidas y las juntas uniéndolas. Se monta la tornillería entre los dos elementos apretando con la herramienta adecuada las tuercas poco a poco y de forma alterna de acuerdo a las instrucciones del fabricante hasta que la junta sea estanca. Se comprueba que la reparación es correcta y no hay ninguna pérdida de agua. En caso de que se observe alguna pérdida de agua se procede a repasar el apriete de los tornillos hasta conseguir que pare.



## ANEXO 2

### Tablas de diámetros exteriores de las tuberías

En este anexo se muestran tablas de diversas fuentes que pueden servir como referencia para poder seleccionar las piezas de reparación adecuadas para cada material y diámetro. Deben considerarse como orientativas. Se ha insistido en el desarrollo del documento que, cuando se realice una reparación, debe medirse insitu el calibre exterior de la tubería dañada antes de seleccionar la pieza o piezas de reparación, lo que asegurará que el rango de las mismas es adecuado para su uso en la tubería afectada. La medición debe realizarse con cinta métrica, circometro, etc, realizando varias mediciones, a ser posible, en el mismo punto donde deba realizarse la reparación. Dado que los algunos tubos pueden tener cierta excentricidad es conveniente medir el diámetro una vez cortado el tubo, para obtener los diámetros máximo y mínimo y confirmar que quedan dentro del rango de uso de la pieza de reparación.

**Diámetro exterior en tubos de hormigón armado y postesado:** no existe una correlación entre diámetros interiores y exteriores en tubos de hormigón armado y postesado, ya que el espesor depende de las condiciones de carga y del fabricante. Como orden de magnitud puede considerarse que el diámetro exterior es aproximadamente un 20% mayor que el interior.

**Tabla 1**  
**Diámetros exteriores de tubería según normas ISO, EN y DIN.**

Tamaño (DN)	Fundición gris		Fundición dúctil	Acero		Fibrocemento*			
	Métrica	Anteriores	EN 545 ISO 2531	DIN 2448	DIN 2458 – ISO 559 – EN 10224	PN 5	PN 7,5	PN 10	PN 12,5 PN 16
20									
25									
32									
40	56 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>		56 <sup>+1,0</sup> <sub>-1,2</sub>	44,5	48,3 <sup>+0,8</sup> <sub>-0,4</sub>				
50	66 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	68 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	66 <sup>+1,0</sup> <sub>-1,2</sub>	57	60,3 <sup>+0,8</sup> <sub>-0,4</sub>				
60	79 <sup>+3</sup> <sub>-4</sub>		77 <sup>+1,0</sup> <sub>-1,2</sub>		76,1 <sup>+0,8</sup> <sub>-0,8</sub>			80	
63									
65	82 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	81 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	82 <sup>+1,0</sup> <sub>-1,2</sub>	76,1					
70	86 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>								
75									
80	98 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	95 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	98 <sup>+1,0</sup> <sub>-2,7</sub>	88,9	88,9 <sup>+0,8</sup> <sub>-0,8</sub>			105	
90	107 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>								
100	118 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	121 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	118 <sup>+1,0</sup> <sub>-2,8</sub>	108	114,3 <sup>+0,8</sup> <sub>-0,8</sub>		122		129
110									
125	144 <sup>+4</sup> <sub>-3</sub>	149 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	144 <sup>+1,0</sup> <sub>-2,8</sub>	133	139,7 <sup>+1,6</sup> <sub>-0,8</sub>		153		160
140									
150	170 <sup>+4</sup> <sub>-3</sub>	177 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	170 <sup>+1,0</sup> <sub>-2,9</sub>	159	168,3 <sup>+1,6</sup> <sub>-0,8</sub>		178		191
160									
175	197 <sup>+4</sup> <sub>-3</sub>	204 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>							
180									
200	222 <sup>+4</sup> <sub>-3</sub>	232 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	222 <sup>+1,0</sup> <sub>-3,0</sub>	216	219,1 <sup>+1,6</sup> <sub>-0,8</sub>		226	23	254
225	245 <sup>+4</sup> <sub>-3</sub>	259 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>							
250	274 <sup>+4</sup> <sub>-3</sub>	285 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	274 <sup>+1,0</sup> <sub>-3,1</sub>	267	273 <sup>+1,6</sup> <sub>-0,8</sub>	278	28	29	317
280	296 <sup>+4</sup> <sub>-3</sub>								
300	326 <sup>+5</sup> <sub>-3</sub>	324 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	326 <sup>+1,0</sup> <sub>-3,3</sub>	318	323,9 <sup>+1,6</sup> <sub>-0,8</sub>	330	33	33	365
315		345 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>							
350	378 <sup>+5</sup> <sub>-3</sub>	386 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	378 <sup>+1,0</sup> <sub>-3,4</sub>	368	355,6 <sup>+1,6</sup> <sub>-1,6</sub>	384	38	40	426
355		398 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>							
375		413 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>							
		426 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>							
400	429 <sup>+10</sup> <sub>-5</sub>	439 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	429 <sup>+1,0</sup> <sub>-3,5</sub>	419	406,4 <sup>+1,6</sup> <sub>-1,6</sub>	438	44 4	45 7	486
		453 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>							
450	480 <sup>+10</sup> <sub>-5</sub>	492 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	480 <sup>+1,0</sup> <sub>-3,6</sub>			492	49	51	546
		507 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>							
500	532 <sup>+10</sup> <sub>-5</sub>	545 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	532 <sup>+1,0</sup> <sub>-3,8</sub>	521	508 <sup>+1,6</sup> <sub>-1,6</sub>	548	55 4	59 0	606
		560 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>							
525		571 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>							
		587 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>							
550		613 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>							
560									
600	635 <sup>+10</sup> <sub>-5</sub>	650 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	635 <sup>+1,0</sup> <sub>-4,0</sub>	610	609,6 <sup>+1,6</sup> <sub>-1,6</sub>	660	67 0	69 0	726
630		667 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>							

\* Datos de las tuberías de fibrocemento de Uralita

ª Tolerancias en DE de DIN 19800 : ±0,5mm para OD<300, ±0,7mm para 300<OD<500, y ±0,9mm for 400<OD<730

**Tabla 2**  
Diámetros exteriores de diversos tipos de tuberías

DN		FIBROCEMENTO						FUNDICION	ACERO
Pulgadas	mm	A	B	C	D	E	F	DUCTIL	
3/8"	10								
1/2"	15								21,3
3/4"	20								26,7
1"	25								33,4
1 1/4"	32							55	42,4
1 1/2"	40								48,3
2"	50				66	66	66	66	60,3
2 1/2"	65	DN						77	73
		60		76	76	76	76		
		70		86	86	88	88		
3"	80		98	98	98	100	100	98	88,9
4"	100	116	118	118	122	124	124	118	114,3
5"	125	143	143	145	149	155	155	144	141,3
6"	150	170	170	174	178	186	186	170	168,3
7"	175	195	197	203	207	217	217	197	195
8"	200	222	224	232	236	248	248	222	219,1
9"	225								
10"	250	272	280	284	292	300	310	274	273
12"	300	324	334	340	350	360	372	326	323,8
14"	350	378	388	398	408	420	434	378	355,6
16"	400	432	442	454	468	480	496	429	406,4
18"	450	486	496	510	526	540	558	480	457,2
20"	500	540	550	568	594	600	620	532	508
22"	550								558,8
24"	600	644	660	680	700	720	744	635	609,6
26"	650								660,4
28"	700	748	770	784	812	840	868	738	711,2
30"	750								762
32"	800	852	880	896	928	960	992	842	812,8
34"	850								863,6
36"	900	956	990	1008	1044			945	914,4
38"	950								965,2
40"	1000	1060	1100					1048	1016

**Tabla 3**  
**Tuberías Plásticas**

Relación entre el DN y el Diámetro exterior de tubería según normas UNE, EN, ISO

Diámetro Nominal DN (mm)	PVC-U	PVC-O	PRFV	PE
	UNE-EN 1452	UNE-ISO 16422	UNE-EN 1756 UNE-EN 14264	UNE-EN 12201
20	20			20
25	25			25
32	32			32
40	40			40
50	50			50
63	63	63		63
75	75	75		75
90	90	90		90
100			115	
110	110	110		110
125	125	125	141	125
140	140	140		140
150			167	
160	160	160		160
180	180			180
200	200	200	220	200
225		225		225
250	250	250	272	250
280	280	280		280
300			324	
315	315	315		315
350			376	355
355	355	355		
400	400	400	427	400
450	450	450	478	450
500	500	500	530	500
525				
560	560	560		560
600			616	
630	630	630		630
700			718	
710	710			710
800	800		820	800
900	900		924	900
1000	1000		1026	1000
1200			1229	1200
1400			1434	1400
1600			1638	1600
1800			1842	
2000			2047	
2200			2250	
2400			2453	
2600			2658	
2800			2861	
3000			3066	

**Tabla 4**

Diámetro exterior y espesor de los tubos de acero

Diámetro exterior			Espesor																							
Series*			2	2,3	2,6	2,9	3,2	3,6	4	4,5	5	5,4	5,6	6,3	7,1	8	8,8	10	11	12,5	14,2	16	17,5	20	22,2	25
1	2	3	2	2,3	2,6	2,9	3,2	3,6	4	4,5	5	5,4	5,6	6,3	7,1	8	8,8	10	11	12,5	14,2	16	17,5	20	22,2	25
26,9																										
		30																								
	31,8																									
	32																									
33,7																										
		35																								
	38																									
	40																									
42,4																										
		44,5																								
48,3																										
	51																									
		54																								
	57																									
60,3																										
	63,5																									
	70																									
		73																								
76,1																										
		82,5																								
88,9																										
	101,6																									
		108																								
114,3																										
	127																									
	133																									
139,7																										
		141,3																								
		152,4																								
		159																								
168,3																										
		177,8																								
		193,7																								
219,1																										
		244,5																								
273																										
323,9																										
355,6																										
406,4																										
457																										
508																										
		559																								
	610																									

(Continúa)

**Tabla 4 (fin)**

Diámetro exterior y espesor de los tubos de acero

Diámetro exterior			Espesor																								
Series <sup>a</sup>			2	2,3	2,6	2,9	3,2	3,6	4	4,5	5	5,4	5,6	6,3	7,1	8	8,8	10	11	12,5	14,2	16	17,5	20	22,2	25	
1	2	3																									
	660																										
	711																										
	762																										
	813																										
	864																										
	914																										
	1016																										
	1067																										
	1118																										
	1168																										
	1219																										
	1321																										
	1422																										
	1524																										
	1626																										
	1727																										
	1829																										
	1930																										
	2032																										
	2134																										
	2235																										
	2337																										
	2438																										
	2540																										
	2642																										
	2743																										

<sup>a</sup> serie 1 = diámetro para los cuales todos los accesorios necesarios para la construcción de una tubería están normalizados.  
serie 2 = diámetros para los cuales no están normalizados todos los accesorios.  
serie 3 = diámetros para aplicaciones especiales para los cuales existen muy pocos accesorios normalizados.

## ANEXO 3: Normativa

<b>Normativa general</b>		
Abastecimiento	UNE-EN-805	Abastecimiento de agua. Especificaciones para redes exteriores a los edificios y sus componentes.
Guía tuberías	Guía Técnica (CEDEX)	Guía Técnica sobre Tuberías para el Transporte de Agua a Presión.
Cálculo Tubería enterrada	UNE-EN 1295-1	Cálculo de la resistencia mecánica de tuberías enterradas bajo diferentes condiciones de carga. Parte 1: Requisitos generales
Calidad agua de consumo	RD 140/2003	Real Decreto que establece las obligaciones sanitarias exigidas por la legislación.
<b>Elementos de reparación</b>		
Elementos de Reparación	UNE-EN 14525	Adaptadores de bridas y manguitos de gran tolerancia para tuberías de diferentes materiales: fundición dúctil, fundición gris, acero, PVC-U, PE, fibrocemento.
	UNE-EN 12842	Adaptadores de bridas y manguitos de gran tolerancia para tuberías de PVC-U, PE.
Juntas elastoméricas	UNE-EN 681-1	Especificación del material
<b>Tuberías de Acero</b>		
Tubos de Acero	UNE-EN 10224	Tubos y accesorios de acero no aleado para la conducción de agua y otros líquidos acuosos. Condiciones técnicas de suministro.
	UNE-EN 10217	Tubos de acero soldados para usos a presión. Condiciones técnicas de suministro. Parte 1: tubos de acero no aleado con características específicas a temperatura ambiente.
	AWWA M-11	Guide for desing and installation (M11), Fourth Edition.
	ANSI/API-5L	Specification for Line Pipe, Forty-fourth Edition.
	AWWA C200/97	Steel Water Pipe-6In (150 mm) and Large.
	DIN 1626 h2/65	Tubos de acero soldados de aceros sin alear y de baja aleación para tuberías, aparatos y depósitos.
<b>Tuberías de Fundición</b>		
Tubos de Fundición dúctil	UNE-EN 545	Tubos, accesorios y piezas especiales de fundición para las canalizaciones de abastecimiento de agua. Requisitos, ensayos, cálculo, instalación.
	CEN/TR 15545	Guía de utilización de la norma EN 545.
<b>Tuberías de Hormigón</b>		
Tubos de Hormigón	Instrucción del Instituto Eduardo Torroja	Tubos de hormigón armado o pretensado
	Instrucción EHE	Instrucción para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón Estructural.
	UNE-EN 639	Prescripciones comunes para tubos de presión de hormigón incluyendo juntas y accesorios

	UNE-EN 641	Tubos de presión de hormigón armado con camisa de chapa, incluyendo juntas y accesorios
	UNE-EN 642	Tubos de presión de hormigón postesado, con y sin camisa de chapa, incluyendo juntas, accesorios y prescripciones particulares relativos al acero de pretensar para tubos
	AWWA, C-300	Reinforced concrete pressure pipe, steel-cylinder type, for water and other liquids.
	AWWA, C-301	Prestressed concrete pressure pipe, steel-cylinder type, for water and other liquids.
	Design Manual 301 (AMERON)	Prestressed Concrete Cylinder Pipe
	HANDBOOK (American Concrete Pipe Association)	Concrete Pipe
	DESIGN MANUAL (American Concrete Pipe Association)	Concrete Pipe
<b>Tubería Plásticas</b>		
<b>Renovación</b>	UNE-EN 13689	Guía para la clasificación y el diseño de sistemas de canalización en materiales plásticos utilizados en la renovación.
	EN 14409	Sistemas de canalización en materiales plásticos para la renovación de redes enterradas de conducción de agua.
<b>Instalación</b>	UNE 53394 IN	Sistemas de canalización para la conducción de agua a presión Polietileno (PE). Guía para la instalación.
	UNE-ENV 1046	Sistemas de canalización en materiales plásticos. Sistemas de conducción de agua o saneamiento en el exterior de la estructura de los edificios. Práctica recomendada para la instalación aérea y enterrada.
<b>PVC-U</b>	UNE-EN 1452	Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Poli-cloruro de vinilo no plastificado (PVC-U).
	UNE-EN 1456	Sistemas de canalización en materiales plásticos para saneamiento enterrado o aéreo con presión. PVC-U.
<b>PVC-O</b>	UNE-ISO 16422	Tubos y uniones fabricados de Policloruro de vinilo orientado molecularmente (PVC-O) para transporte de agua.
<b>PE</b>	UNE-EN 12201	Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Polietileno (PE).
	UNE-EN 13244	Sistemas de canalización en materiales plásticos enterrados o aéreos para suministro de agua en general y saneamiento a presión. PE.
<b>PRFV</b>	UNE-EN 1796	Sistemas de canalización en materiales plásticos para suministro de agua con y sin presión. Plásticos termoestables reforzados con fibra de vidrio (PRFV) basados en resinas de poliéster insaturado.
	UNE-EN 14364	Sistemas de canalización en materiales plásticos para evacuación y saneamiento con o sin presión. Plásticos termoestables reforzados con fibra de vidrio (PRFV) basados en resinas de poliéster insaturado (UP). Especificaciones para tuberías, accesorios y uniones.