

# MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

## MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE TUBERÍAS Y PIEZAS ESPECIALES

42



# MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

## MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE TUBERÍAS Y PIEZAS ESPECIALES

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA



Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento  
Mantenimiento y Reparación de Tuberías y Piezas Especiales

ISBN: 978-607-626-026-5

D.R. © Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209 Col. Jardines en la Montaña  
C.P. 14210, Tlalpan, México, D.F.

Comisión Nacional del Agua  
Insurgentes Sur No. 2416 Col. Copilco El Bajo  
C.P. 04340, Coyoacán, México, D.F.  
Tel. (55) 5174•4000

Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento

Impreso y hecho en México  
Distribución gratuita. Prohibida su venta.  
Queda prohibido su uso para fines distintos al desarrollo social.  
Se autoriza la reproducción sin alteraciones del material contenido en esta obra,  
sin fines de lucro y citando la fuente

# CONTENIDO

Presentación	VII
Objetivo general	IX
Introducción al mantenimiento y reparación de tuberías y piezas especiales	XI
1. Reparación de tuberías	1
1.1. Definiciones	1
1.1.1. Tipos de roturas	1
1.1.2. Fuga	1
1.2. Identificación de fugas y seguimiento	2
1.2.1. Ocurrencia y diagnóstico de fugas	2
1.2.2. Medidas para el control y reducción de fugas	2
1.2.3. Acciones para la eliminación de fugas	4
1.2.4. Programa de seguimiento de control de fugas	6
1.3. Actividades previas a la reparación	7
1.3.1. Trabajos provisionales	7
1.3.2. Localización de la zona e infraestructura	7
1.3.3. Vías o pasos temporales	7
1.3.4. Precaución a las instalaciones existentes	8
1.3.5. Manejo del agua durante la reparación	8
1.3.6. Determinación del impacto en la zona de reparación	8
1.3.7. Localización de la fuga	8
1.3.8. Suspensión del servicio	12
1.4. Aspectos generales de los sistemas de reparación	18
1.4.1. Material y dimensiones de la tubería	18
1.4.2. Tipología de la fuga	18
1.4.3. Generalidades de las piezas de reparación	19
1.4.4. Generalidades de los sistemas de reparación	25
1.5. Sistema de reparación de tuberías de fibrocemento	25
1.5.1. Características y manejo del fibrocemento	25
1.5.2. Reparación de tuberías de fibrocemento	27
1.6. Sistema de reparación de tuberías de hierro dúctil	32
1.6.1. Características de las tuberías de hierro dúctil	32
1.6.2. Reparación de tuberías de hierro dúctil	34
1.7. Sistema de reparación en tuberías de concreto	36
1.7.1. Reparación sin corte de tubería	36
1.7.2. Reparación con corte de tubería	36
1.7.3. Retirada de un tubo completo armado o postensado con encamisado	38

1.8. Sistema de reparación en tuberías de acero	38
1.8.1. Reparación sin corte de tubería	40
1.8.2. Reparación con corte de tubería	41
1.8.3. Revestimiento de tubería	43
1.8.4. Sistema de reparación por unión mediante bridas	47
1.9. Sistema de reparación en tuberías de fibra de vidrio	47
1.9.1. Reparación sin corte de tubería	48
1.9.2. Reparación con corte de tubería	48
1.9.3. Fugas en las uniones	50
1.10. Sistema de reparación en tuberías de polietileno (pead)	50
1.10.1. Reparación sin corte de tubería	51
1.10.2. Reparación con corte de tubería	52
1.11. Sistema de reparación en tuberías de policloruro de vinilo (pvc)	55
1.11.1. Reparación sin corte de tubería	56
1.11.2. Reparación con corte de tubería	56
1.12. Reparación de tuberías desde su interior	56
1.12.1. Reparación mediante bandas de hermeticidad y anillos extensibles	57
1.12.2. Entubado	58
1.12.3. Encamisado curado en obra	59
1.13. Apertura del servicio	60
1.13.1. Lavado y desinfección	61
1.14. Reparaciones de primera mano	65
1.14.1. Avisos y reportes de fuga	65
1.15. Diagnóstico y plan operativo	65
1.15.1. Necesidades de elementos y piezas de reparación	68
1.16. Ejemplos de reparaciones	71
1.16.1. Ventajas y desventajas	74
1.17. Sustitución de tuberías	75
1.17.1. Reparación frente a sustitución de tuberías	75
1.18. Proceso de sustitución de tuberías	76
1.18.1. Trabajos constructivos durante la sustitución de tuberías	76
2. Reparación de cajas de válvulas y piezas especiales	79
2.1. Definiciones	79
2.2. Válvulas más comunes en redes de agua	79
2.3. Mantenimiento de válvulas y piezas especiales	79
2.3.1. Síntesis del mantenimiento de válvulas	80
2.4. Cajas de válvulas	83
2.4.1. Diseño de cajas de válvulas	84
2.4.2. Limpieza y desazolve	87
2.4.3. Reparación y restauración	87

3. Maquinaria y equipo usada en los procesos de reparación, sustitución y mantenimiento	91
3.1. Máquinas excavadoras	91
3.1.1. Excavadoras compactas	92
3.1.2. Excavadoras de ruedas	93
3.1.3. Excavadoras de cadenas o sobre orugas	94
3.2. Equipo de bombeo	95
3.3. Equipos de corte de tubería	97
3.4. Equipo para aberturas y cierres	97
Conclusiones	101
Anexos	
A. Procedimiento de soldadura	103
Bibliografía	117
Tabla de conversiones de unidades de medida	119
Ilustraciones	129
Tablas	133





# PRESENTACIÓN

Uno de los grandes desafíos hídricos que enfrentamos a nivel global es dotar de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a la población, debido, por un lado, al crecimiento demográfico acelerado y por otro, a las dificultades técnicas, cada vez mayores, que conlleva hacerlo.

Contar con estos servicios en el hogar es un factor determinante en la calidad de vida y desarrollo integral de las familias. En México, la población beneficiada ha venido creciendo los últimos años; sin embargo, mientras más nos acercamos a la cobertura universal, la tarea se vuelve más compleja.

Por ello, para responder a las nuevas necesidades hídricas, la administración del Presidente de la República, Enrique Peña Nieto, está impulsando una transformación integral del sector, y como parte fundamental de esta estrategia, el fortalecimiento de los organismos operadores y prestadores de los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento.

En este sentido, publicamos este manual: una guía técnica especializada, que contiene los más recientes avances tecnológicos en obras hidráulicas y normas de calidad, con el fin de desarrollar infraestructura más eficiente, segura y sustentable, así como formar recursos humanos más capacitados y preparados.

Estamos seguros de que será de gran apoyo para orientar el quehacer cotidiano de los técnicos, especialistas y tomadores de decisiones, proporcionándoles criterios para generar ciclos virtuosos de gestión, disminuir los costos de operación, impulsar el intercambio de volúmenes de agua de primer uso por tratada en los procesos que así lo permitan, y realizar en general, un mejor aprovechamiento de las aguas superficiales y subterráneas del país, considerando las necesidades de nueva infraestructura y el cuidado y mantenimiento de la existente.

El Gobierno de la República tiene el firme compromiso de sentar las bases de una cultura de la gestión integral del agua. Nuestros retos son grandes, pero más grande debe ser nuestra capacidad transformadora para contribuir desde el sector hídrico a **Mover a México**.

**Director General de la Comisión Nacional del Agua**





## OBJETIVO GENERAL

El *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS)* está dirigido a quienes diseñan, construyen, operan y administran los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento del país; busca ser una referencia sobre los criterios, procedimientos, normas, índices, parámetros y casos de éxito que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en su carácter de entidad normativa federal en materia de agua, considera recomendable utilizar, a efecto de homologarlos, para que el desarrollo, operación y administración de los sistemas se encaminen a elevar y mantener la eficiencia y la calidad de los servicios a la población.

Este trabajo favorece y orienta la toma de decisiones por parte de autoridades, profesionales, administradores y técnicos de los organismos operadores de agua de la República Mexicana y la labor de los centros de enseñanza.





# INTRODUCCIÓN AL MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE TUBERÍAS Y PIEZAS ESPECIALES

Las tuberías de conducción y distribución de agua potable sufren un deterioro durante su servicio (corrosión, incrustación, fatiga por esfuerzos, etcétera), originando que sus capacidades de transporte hidráulico disminuyan. Estas condiciones son potenciales causas de fallas o roturas de las tuberías, por lo cual se hace necesario establecer estrategias de mantenimiento. El mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo son acciones que disminuyen considerablemente los costos de operación, si se compara contra una falla que requiera de una sustitución completa en lapsos de tiempo no planeados; es decir, con carácter de emergencia.

La implantación de planes de mantenimiento de las tuberías debe recoger aquellas operaciones frecuentes que se realizan con vistas a retardar o corregir el deterioro de las redes de distribución de agua potable.

Las operaciones frecuentes son: la inspección, la limpieza y las reparaciones puntuales de fallas. Pero si la red presenta inconvenientes que el mantenimiento no puede superar, habrá que proceder a su rehabilitación y cuando ello resulte inviable, llevar a cabo su renovación.

Algunas de las razones principales de las causas que originan las fallas en el cuerpo de la tubería o en sus uniones, y que darán lugar a fugas en los sistemas de distribución de agua son: una incorrecta elección de los materiales utilizados, una deficiente instalación y asentamiento o movimientos diferenciales de los soportes de las tuberías, corrosión, deficiencias en válvulas, sobrepresiones y actuaciones externas.

Estas posibles causas de fugas deben considerarse en el manejo operacional de la red, y en su mantenimiento preventivo, con el fin de prolongar la vida útil de las tuberías.

Por otro lado, con la rehabilitación de tuberías se pretende restaurar la capacidad hidráulica de una tubería que ha sido afectada negativamente, extendiendo

así su vida útil. El no considerar un programa de mantenimiento preventivo, puede dar paso al deterioro acelerado del sistema aumentando considerablemente los costos de reparación y paros del servicio.

Existen distintos sistemas de rehabilitación. El método tradicional requiere la apertura de la zanja y de la intervención de mano de obra especializada. Las tecnologías actuales de rehabilitación de tuberías permiten disponer de maquinaria especializada y de materiales (principalmente plásticos) para recubrir las paredes internas de las tuberías afectadas, solucionando los problemas de fugas, sin necesidad de realizar obra civil y reduciendo por tanto los costos de la intervención.

Los sistemas de rehabilitación de tuberías sin apertura de zanja, se utilizan cada vez con mayor frecuencia ya que logran evitar incómodas obras (cortes de calles, pasos y banquetas), reducir el peligro de zanjas abiertas, reducir notablemente los costos y el impacto medioambiental. Es importante también señalar que el servicio de la línea generalmente se mantiene mientras se ejecutan los trabajos y sólo se realizan las interrupciones necesarias para instalar los desvíos necesarios correspondientes al tramo donde se ejecuten los trabajos. De esta manera las molestias para los usuarios son mínimas.

En los casos donde la red esté seriamente dañada, es recomendable su renovación para evitar las fallas y roturas posteriores, altos costos y molestias a los vecinos de las zonas afectadas derivados de su reparación. Además, en muchos casos, la antigüedad de las redes hace aconsejable también su renovación por sustitución.

Este documento presenta de forma general las tareas encaminadas a reparar las fallas y fugas que se presentan en diferentes tipos de tuberías, sustitución de tuberías, mantenimiento de cajas de válvulas. Estas acciones forman parte de las actividades de mejora de eficiencia física por lo que este libro complementa al libro de *Mejora de Eficiencia física* del MAPAS. Es un material que toma fundamentos y experiencia del personal de operación de diversos organismos operadores entre los que destacan el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Cuernavaca (SAPAC), Sistema Operador de Agua Potable y Alcantarillado de Xicotepéc de Juárez, Puebla (SOSAPAX), Junta Central de Agua y Saneamiento (JCAS) y la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Juárez (JMAS), así como la bibliografía presentada en el apartado correspondiente y se complementa con el acervo fotográfico del Organismo Descentralizado de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Nezahualcoyotl (ODAPAS) y de la Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Tizayuca, Hidalgo.

# 1

## REPARACIÓN DE TUBERÍAS

### 1.1. DEFINICIONES

#### 1.1.1. TIPOS DE ROTURAS

**Rotura:** Seccionamiento en un plano más o menos perpendicular de una tubería o conducción.

**Perforación:** Agujero pequeño de una tubería causado frecuentemente por la acción exterior de maquinaria o por acción de la corrosión. En ocasiones, se presentan agujeros en antiguas abrazaderas, que al ser retiradas dejan al descubierto el agujero.

**Fisura o rotura longitudinal:** Abertura o fisura a lo largo del cuerpo de la tubería, que puede ser provocada por la acción exterior de maquinaria o por acción de una sobrepresión en la tubería.

**Reventamiento:** Estallido (orificio de gran proporción) de la tubería por la acción exterior de la maquinaria o por acción de una sobrepresión en la tubería. La pared de la tubería se rompe de manera violenta o explosiva por el efecto de exceso de presión o acción exterior de maquinaria pesada.

En la Ilustración 1.1 se presentan de forma gráfica cada una de estas.

#### 1.1.2. FUGA

Salida o pérdida de agua incontrolada en cualquiera de los elementos del sistema de abastecimiento, con o sin presencia de rotura o falla estructural en la tubería. Hay dos tipos básicos de fugas: visibles y no visibles. Las fugas visi-

Ilustración 1.1 Ejemplos de tipos de roturas





bles brotan hacia la superficie del terreno o pavimento, aunque su localización puede estar a una distancia considerable del punto donde fue descubierta. Las fugas no visibles se infiltran en el terreno o pueden drenar hacia los sistemas de alcantarillado.

## 1.2. IDENTIFICACIÓN DE FUGAS Y SEGUIMIENTO

### 1.2.1. OCURRENCIA Y DIAGNÓSTICO DE FUGAS

En general, las principales causas de ocurrencias de fugas son:

- Mala calidad de los materiales y accesorios
- Antigüedad de las tuberías
- Mala calidad de mano de obra
- Corrosión externa e interna
- Presión alta
- Efectos del tránsito de vehículos
- Movimientos de suelo (sismos, hundimientos, etcétera)

En la revisión de la situación de fugas se deberá considerar tres aspectos:

- Causas físicas de ocurrencia. Causas que se pueden obtener de balances de agua, muestreos de campo y estadísticas históricas del organismo operador. La revisión de las causas físicas nos proporciona información como: lugar (elemento) de la fuga (inserciones, cuadros, tuberías, uniones, coples), tipo de fuga (rotura, perforación, fisura, piezas sueltas), material de la tubería (cobre, PVC, asbesto-cemento, fierro

fundido), variación con la presión, diámetro de los tubos y zonas de la red

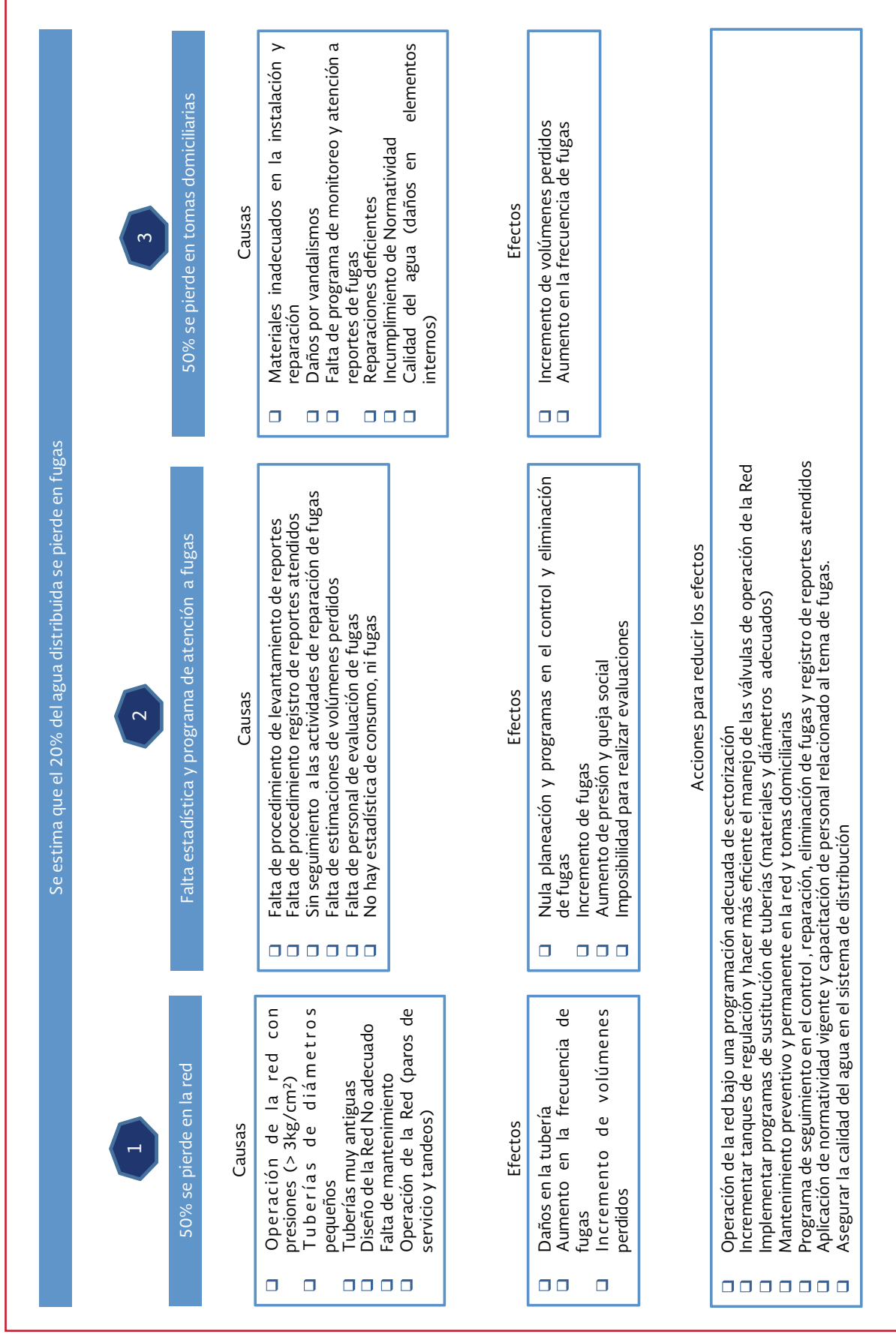
- Evaluación de los programas y proyectos asociados al control de fugas. En un sistema de agua potable se deben revisar y dar seguimiento los programas y proyectos sobre el control de fugas, entre otros: sistema de macro medición y micro medición, catastro de infraestructura hidráulica, sectorización de la red, control operacional, suministros y mantenimiento, capacitación de personal, comunicación y participación social. La elaboración de fichas técnicas de cada uno de ellos ofrece bastante información
- Formulación de árboles de problemática de fugas. Con los resultados de la evaluación, en reuniones interdisciplinarias con el personal (encargo de departamentos) involucrados con el proceso de control de fugas, se analiza y discute toda la información asociada al control de fugas a fin de construir un árbol de la problemática que deberá englobar: causas, estado actual del nivel de fugas y posibles soluciones, la Ilustración 1.2 muestra un ejemplo de esta formulación

### 1.2.2. MEDIDAS PARA EL CONTROL Y REDUCCIÓN DE FUGAS

Para el control de fugas en un sistema de agua potable, es necesaria la conformación de un grupo de personas técnicamente calificadas para atender la reparación oportuna de cualquier fuga. Entre otras funciones deberán:

- Conducir la adquisición de nuevas tecnologías para la localización y reparación de fugas

Ilustración 1.2 Ejemplo de la formulación de árboles



- Establecer medidas preventivas y correctivas de la rehabilitación de tuberías y reparación de fugas
- Establecer los programas de capacitación del personal
- Actualizar el diagnóstico y esquema de control de fugas
- Adecuar el área de mantenimiento de la red a los procedimientos descritos en sus manuales
- Coordinar el uso de documentación que norme el sistema de mantenimiento y control de fugas
- Según el lugar de ocurrencia de las fugas se recomienda generar estadística donde se reporte y concentre la incidencia de fugas en depósitos, conducciones, distribución, cajas de válvulas, conexiones domiciliarias, cuadro del medidor, incluso intradomiciliarias. la Tabla 1.1 presenta un resumen estadístico para un mes, el cual se desglosa en la Tabla 1.2

De igual forma es necesario dar seguimiento a las fugas reportadas, atendidas y sin atender

Esta información da la pauta para generar indicadores asociados a la medición del desempeño de las actividades orientadas al control y reducción de fuga: p. e. eficiencia de atención (razón entre fugas reportadas y fugas atendidas)

### 1.2.3. ACCIONES PARA LA ELIMINACIÓN DE FUGAS

Estas acciones consisten en localizar y reparar las fugas implementando medidas urgentes y de corto plazo. Se aplican cuando el nivel rebasa el 20 por ciento del volumen suministrado al sistema.

Los criterios de evaluación y control de fugas deben considerar:

- a) Origen de las fugas. Las fugas pueden ser visibles o no visibles. Originadas en tuberías, caja de válvulas, tanques reguladores, equipos, piezas y accesorios
- b) Técnicas de localización. Los equipos detectores de fugas se pueden agrupar en dos: equipo de detección directa y equipos de detección indirecta. Ambos, permiten localizar fugas ocultas basándose en la detección del sonido que se produce por efecto de una fuga
- c) Técnicas de reparación. La reparación de fugas se puede realizar mediante la rehabilitación del elemento dañado observando las especificaciones de instalación y materiales o mediante la sustitución del tramo dañado.

De igual forma se deben considerar los métodos para localizar y reparar fugas en tomas

Tabla 1.1 Ejemplo de resumen estadístico para un mes

Lugar de ocurrencia	Reportadas	Atendidas		No atendidas
		Número	Q l/s	
Conducción	6	5	2.32	1
Distribución	5	4	1.05	1
Caja de válvula	3	2	1.02	1
Toma domiciliaria	14	12	0.85	2
Total	28	23	5.24	5

Tabla 1.2 Detalle de la ocurrencia de fugas en un mes

No	Fecha	Domicilio	Conducción		Distribución		Caja de válvula		Toma domiciliaria	Descripción / Observaciones	Coordenadas UTM	
			Q (L/s)	X	Q (L/s)	X	Q (L/s)	X			X	Y
1	2/04/2013	Camino a Sta. Teresa s/n, Bosque de Santa Anna	X	0.3						Fuga tipo fisura encontrada y reparada en la conducción de 12" de la P.B. 1 a Tanque "La concordia", en el cadenamiento 0+425 a una profundidad de 2.21 m	422762.37	2325510.04
2	2/04/2015	Calle 7 #215, Col. Esperanza			X	0.02				Fuga en la junta del micromedidor y la tubería de ½"	422604.86	2325387.43
3	7/04/2013	Av. Principal #1245, Col. Central			X	0.07				Fuga tipo fisura encontrada y reparada en la conducción LP1 de 4", del sector "Olivos" a una profundidad de 2.21 m	422731.81	2325267.17
4	10/04/2013	Camino a Sta. Teresa s/n, Bosque de Santa Anna	X	0.35						Fuga tipo fisura encontrada y reparada en la conducción de 12" de la P.B. 1 a Tanque "La concordia", en el cadenamiento 0+154 a una profundidad de 2.50 m	422625.26	2325274.97
5	10/04/2013	Calle Hidalgo #158, Col. Juárez					X	0.8		Fuga en la tubería de ½", por obra en vía pública	422971.14	2325418.22
6	10/04/2013	Calle Olivos, esq. Av. México, Col. Central			X	0.12				Fuga tipo reventamiento encontrada y reparada en la conducción LP8 de 6", del sector "Olivos" a una profundidad de 2.00 m	422754.60	2325238.22
7	22/04/2013						X	0.32		Fuga en el vástago de la válvula VS18 de 6", de la conducción LP8 de 6" sector "Olivos"	422604.86	2325387.43
8	23/04/2015	Calle Alamos, esq. Av. México, Col. Central	X	0.2			X	0.23		Fuga en la brida de llegada de la válvula VS15 de 6", de la conducción LP8 de 6" sector "Olivos"	422731.81	2325267.17
9	24/04/2015	Calle Bugambillas #462, Col. Las Flores							X	Fuga en la junta del micromedidor y la tubería de ½"	422625.26	2325274.97
Total			3	0.85	2	0.19	2	0.55	2	0.84		



domiciliarias, cajas de válvula y en tuberías primarias y secundarias

#### 1.2.3.1. Localización y reparación de fugas en tomas domiciliarias

La localización de fugas en tomas domiciliarias se puede realizar mediante muestreo priorizando las zonas con mayor incidencia de fugas. En caso de fugas visibles, se debe elaborar un programa de inspección en ruta; si son fugas No visibles, es necesario aplicar técnicas de caída de presión y localización con equipos electroacústicos de contacto e indirectos. La reparación se realiza haciendo excavaciones, sustituyendo el tramo dañado.

#### 1.2.3.2. Localización y reparación de fugas en cajas de válvula

La localización de fugas en cajas de válvulas se realiza mediante inspección visual. La reparación incluye actividades de sustitución o cambio de piezas o empaques de la válvula dañada.

#### 1.2.3.3. Localización y reparación de fugas en tuberías principales y secundarias

La localización de fugas visibles, se realiza mediante un programa de inspección visual. Las fugas no visibles requieren de la aplicación de técnicas de caída de presión, localización con equipos electroacústicos de contacto e indirectos y en ocasiones, con correlacionador electrónico. La reparación se realiza dependiendo del tipo de fuga, materiales, ubicación, etc. Las zonas con mayor incidencia de fugas son las que se deben priorizar.

Algunos indicadores importantes a evaluar y dar seguimiento son:

- Porcentaje de ocurrencia de fugas por tipo de material, lugar de la fuga y tipo de fuga
- Gasto unitario de fuga en tubería principal o secundaria
- Porcentaje de ocurrencia de fugas en tuberías, que es la razón entre el número de fugas encontradas y el número total de fugas en el sistema
- Porcentaje de longitud de tubería inspeccionada, que es la razón entre la longitud de tubería inspeccionadas y la longitud total de tubería por inspeccionar

#### 1.2.4. PROGRAMA DE SEGUIMIENTO DE CONTROL DE FUGAS

El control de fugas de agua debe incluir las acciones coordinadas que permitan localizar y reparar oportunamente las fugas. Un programa permanente de control de fugas se debe formular incluyendo los siguientes puntos:

1. Estimación de porcentajes de pérdida de agua por fugas, para cual se puede hacer uso de los datos estadísticos, balance del agua o realizar muestreos
2. Obtención de información de presupuestos, procedimientos, equipos, resultados e indicadores
3. Determinación de las causas, problemática principal y acciones de solución a corto y mediano plazo
4. Establecimiento de programa de control de fugas (actividades priorizadas y calendarizadas) con análisis de costos y beneficios indicando fuentes de financiamiento

5. Implementación de acciones con el departamento de control de fugas, módulos de atención al público para reporte de fugas
6. Reparación de fugas e implantación de procesos coordinados con las acciones de control anteriormente mencionadas
7. Control y seguimiento de estadísticas y monitoreo de información

Se recomienda realizar balances anuales del agua, evaluar y dar seguimiento a los indicadores siguientes:

- Porcentaje de pérdidas potenciales, que es la razón entre el volumen de pérdidas y el volumen producido
- Relación beneficio-costo de la reducción y control, que es la razón entre el costo de acciones y el costo del agua recuperada

Para mayor referencia y complemento sobre las actividades relacionadas a la identificación y seguimiento de fugas revisar el apartado 2.2 del libro *Mejora de eficiencia física* del MAPAS

### 1.3. ACTIVIDADES PREVIAS A LA REPARACIÓN

#### 1.3.1. TRABAJOS PROVISIONALES

Dependiendo de las dimensiones y daños en las tuberías será la preparación y construcción de las obras provisionales, que entre otras podemos listar: señalamientos y balizado, instalación de bombeos, programación del manejo y disposición del agua extraída y residuos de la obra civil. Además de otros trabajos necesarios debido a posibles interrupciones en tomas

domiciliarias y servicio en general. Bajos ciertas situaciones, es necesario reconectar provisionalmente a fin de restablecer el servicio para posteriormente establecerlo con carácter definitivo.

#### 1.3.2. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA E INFRAESTRUCTURA

La ubicación de las líneas de la red de tuberías, cámaras de inspección, cajas de protección y demás infraestructura hidráulica, se realizará de acuerdo a los planos, memorias fotográficas e informes técnicos y toda la información adicional que se tenga disponible en los organismos operadores. Se recomienda no iniciar ningún trabajo hasta la verificación y ubicación de todas las obras relacionadas a la reparación (o sustitución) de tubería. Se deben realizar todas las actividades necesarias para determinar con precisión la posición horizontal, elevaciones y dimensiones de todas las estructuras y obras complementarias.

#### 1.3.3. VÍAS O PASOS TEMPORALES

Se deben construir pasos peatonales o vehiculares de manera provisional frente a escuelas, propiedades e instalaciones que lo requieran para su funcionamiento. Estos pasos de tipo temporal servirán para el paso libre de peatones durante el día y la noche en sitios y puntos de gran concentración; así mismo, en cruces de calles, frente a estacionamientos y sitios de trabajo, se construirán pasos temporales, amplios, estables y seguros para el paso de vehículos con la respectiva señalización.

#### 1.3.4. PRECAUCIÓN A LAS INSTALACIONES EXISTENTES

Se deben considerar las redes de alcantarillado, telefonía y eléctricas existentes en la zona de los trabajos, las cuales se protegerán adecuadamente durante la reparación cuidando cualquier daño, que en caso de provocarlo se deberá reparar.

Con fines de protección, se debe investigar sobre la infraestructura hidráulica existente en el punto de los trabajos para evitar daños en las tuberías, cajas de inspección y protección, pozos de observación, sea infraestructura superficial o enterrada. Las zanjas que se realicen se deberán rellenar nuevamente para evitar accidentes y problemas viales e inclusive pavimentarlas en el caso de vía pública.

#### 1.3.5. MANEJO DEL AGUA DURANTE LA REPARACIÓN

Esta recomendación se refiere al manejo de las aguas subterráneas y superficiales durante la ejecución de la reparación. El manejo de las aguas comprenderá el suministro y aplicación de todos los medios, materiales organización, mano de obra y equipos necesarios para mantener libres de agua las obras de reparación. Se deberán ejecutar las obras provisionales y trabajos que sean necesarios para desaguar y proteger contra inundaciones superficiales e infiltraciones subterráneas las zonas de reparación y demás sitios donde la presencia de agua afecte la calidad, el rendimiento o la economía durante el desarrollo de los trabajos.

Los trabajos y obras provisionales servirán para desviar, contener, evacuar y/o bombear el agua, de tal forma, que no interrumpa las obras de reparación. Se deben mantener permanentes estas

condiciones de trabajo para la correcta ejecución de la reparación.

#### 1.3.6. DETERMINACIÓN DEL IMPACTO EN LA ZONA DE REPARACIÓN

A modo de sugerencia se propone la elaboración de un reporte que incluya las condiciones iniciales de los trabajos, donde se establezca el estado actual del entorno, que servirá de base para comparar y evaluar el estado al final de los trabajos de reparación. Las condiciones finales deberán ser semejantes o mejores a las condiciones iniciales.

Se determinará el área de influencia de la obra (infraestructura vial, de vivienda, etc.). Para tal fin, se requiere elaborar: registro fotográfico o filmico, bitácoras e informes de la reparación.

Se deben aplicar todas las medidas de protección a fin de mantener el entorno de la zona (las viviendas e infraestructura adyacente). En caso de provocar daños en el entorno, se deberá arreglar inmediatamente.

#### 1.3.7. LOCALIZACIÓN DE LA FUGA

Cuando se presenta una fuga en una tubería, por causas fortuitas o bien provocadas, se ponen en marcha los protocolos y procedimientos asociados a la reparación de tuberías, con el fin de ofrecer una solución eficaz y duradera, procurando siempre afectar al menor número de usuarios y en el menor periodo de tiempo posible. También, se debe tener especial atención a los problemas que se pudieran originar al tránsito de vehículos y peatones, por lo que, una vez reparada la fuga, se deben agilizar los trabajos

de obra civil para el restablecimiento de la vía pública. Las actividades de mantenimiento correctivo son más frecuentes en la red de distribución, y especialmente complicada en conducciones principales.

Las tuberías de las redes de distribución de agua, en general, van enterradas debajo de infraestructura de las localidades y ciudades (pavimentos, asfalto, adoquines, construcciones, etc.), tapadas con rellenos, gravas y protegidas con concreto en cruces o puntos susceptibles de sufrir cargas elevadas. No es frecuente que las tuberías vayan sobre la superficie de forma vi-

sible o por el interior de corredores visitables, condiciones que facilitarían la ubicación exacta para la reparación de la fuga.

En la instalación de una tubería nueva es imprescindible realizar el croquis de montaje y planos que permitan conocer la situación en planta y la profundidad de la red existente, con el fin de responder a cualquier situación que exija reparación de la tubería.

La Ilustración 1.3 presenta algunos ejemplos de fugas en una tubería, donde destaca la imagen del inciso (d), la cual presenta una fuga por per-

Ilustración 1.3 Ejemplo de fugas en una tubería





foración, causada por una barreta (que aparece en la misma ilustración) durante los trabajos de reparación de la fuga mostrada en la imagen del inciso (c).

Con el paso de los años, los datos de distancias y profundidades reflejados en los planos y croquis de montaje van perdiendo exactitud debido a las modificaciones de las calles, construcción de edificios y cambios en la infraestructura vial; por ello, es básico disponer de estos planos y croquis como información que facilite los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo. En la actualidad, se puede disponer en computadoras de los planos de la red sobre una base cartográfica, [Sistema de Información Geográfica (GIS)] y la utilización para uso civil de la red de satélites de posicionamiento, [Sistema de Posicionamiento Global (GPS)] que nos permite localizar con coordenadas UTM las conducciones y redes de agua. No obstante, es necesario contar con las referencias locales, tanto en planta como en profundidad, a fin de ubicar y encontrar las tuberías.

En complemento a esta información y herramientas gráficas se cuenta de los elementos visibles de la red: cruceros, cajas de válvulas, toma domiciliaria o parches de anteriores reparaciones, etc. También se puede considerar el uso de equipos electrónicos que permiten identificar la situación de las tuberías, por ejemplo, georadares, inyección de señales electrónicas sobre un elemento accesible de la tubería para localización mediante un receptor de señales, etcétera.

A las redes de agua potable se han añadido líneas de electricidad (semáforos, alumbrado), gas y teléfonos. No resulta extraño al descubrir una tubería encontrar estas líneas que en ocasiones dificulta el acceso y actuación sobre la misma.

Esta es otra razón de interés sobre la idea de la actualización frecuente de los croquis y planos.

Antes de presentar los elementos relacionados a la reparación de tuberías de agua, es necesario revisar los elementos de localización y ubicación del lugar exacto donde se actuará en la reparación. El punto donde vemos salir el agua no siempre coincide con el punto exacto de la fuga; el agua siempre sigue el camino de menor resistencia al flujo. En el caso de una fuga provocada (máquinas excavadoras, perforadoras, martillos neumáticos, etc.), es posible ubicar con relativa certeza el punto para realizar la reparación. En otras ocasiones, la ubicación no es tan sencilla, el agua en su transitar, puede aflorar en un punto y tener su origen a una distancia no visible, incluso, se sabe que en los organismos operadores se presentan fugas importantes que no son visibles.

Este apartado ofrece una serie de recomendaciones para localizar una fuga en el menor tiempo, evitando molestias a los ciudadanos y altos costos al organismo operador en actividades innecesarias.

Antes de empezar a trabajar en la calle y abrir el pavimento, se deben hacer algunas comprobaciones que permitan verificar o descartar otras posibles causas de procedencia del agua. En ocasiones se reciben reportes y avisos de filtraciones de agua en sótanos e infraestructura subterránea. Considerar que además de las fugas de la red de agua, el agua puede proceder de un aumento del nivel freático, infiltración de las lluvias, fugas en redes de alcantarillado, desagües particulares y fugas en instalaciones de construcciones y edificios.

En organismos con servicio continuo, un síntoma evidente que descarta que una fuga proceda de la red de agua es la intermitencia de la humedad.

Dado que el sistema de cloración del agua potable es uno de los más utilizados para su desinfección, se puede hacer una prueba de comprobación del cloro residual in situ. Para esta prueba (sencilla y rápida), se requiere una cantidad de agua suficiente que permita tomar al menos una pequeña muestra con una probeta. El resultado de esta prueba sirve para determinar si la procedencia es de una tubería que conduce agua clorada (red de distribución).

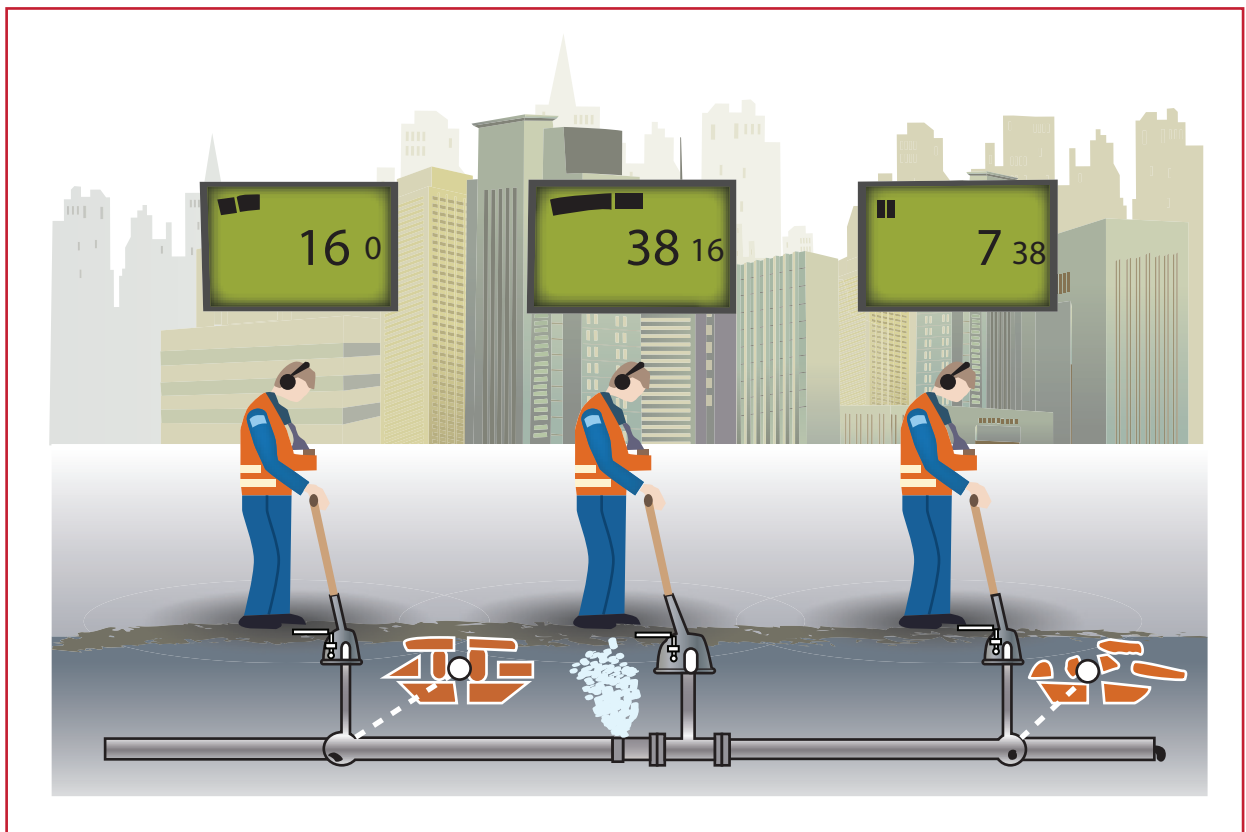
Un análisis de laboratorio nos proporcionará mayor información de las características del agua cuyo origen se pretende conocer, si bien es cierto, se debe esperar hasta que el laboratorio entregue los resultados, estos se pueden compa-

rar con otros análisis de aguas de procedencia conocida (red de agua potable, residual, etc.) determinando su origen y ubicación de la fuga.

En paralelo, se debe revisar periódicamente la red con equipos de detección de fugas (hidrófonos, pre-localizadores, geófonos, entre otros). Sin entrar en detalle sobre estos equipos, comentar que se obtienen buenos resultados en la localización de fugas no visibles, se recomienda trabajar en horas con bajo nivel de ruido que suele ser en horario nocturno (ver Ilustración 1.4).

Cuando la fuga es grande o se presentan varias fugas, se apreciará un incremento del caudal mínimo nocturno en los medidores de produc-

Ilustración 1.4 Esquema de funcionamiento de un Geófono ([www.sps-srl.eu](http://www.sps-srl.eu))



ción o distribución, este hecho, revela la necesidad de buscar fallas en la zona identificada con incrementos en las lecturas de su medición.

Para comprobar si una filtración proviene de desagües o alcantarillado es la adición de un colorante, por ejemplo aguas arriba en un pozo de visita. La coloración del agua que aparece en la filtración será un resultado concluyente de la prueba.

En el caso de pérdida significativa de agua (por filtraciones o afloramiento al exterior de la calle), se puede hacer una prueba de cierre de algunas válvulas para disminuir la presión, y si es preciso, cerrar el total de válvulas dentro del tramo en el que se sospecha está la fuga. Si la fuga se localiza dentro de este tramo se apreciara inmediatamente la disminución del caudal de salida. Un error muy frecuente es cuando se excava en el punto exacto de la fuga y no se detecta porque sólo se excavo hasta el lomo de la tubería. En ocasiones la fuga se encuentra en la parte inferior de la tubería y el agua se pierde por debajo de ella, en subsuelo. Por ello, es necesario continuar siempre la excavación hasta descubrir la base de la tubería (ver Ilustración 1.6).

En algunos casos, las fugas son evidentes y se presentan en juntas, cruceros y cajas de válvulas (Ilustración 1.7), en caso contrario la visualización de los registros de los demás servicios existentes puede ayudarnos a comprobar si hay o no fugas. En ocasiones, el agua escurre por los tubos de protección de otros servicios apareciendo en puntos muy distantes. En tanto, considerar siempre tras levantar diferentes registros, la visualización del agua escurrida por la red de alcantarillado. Una variación importante del caudal en un tramo de alcantarillado puede provenir de una fuga en la red de agua.

Localizada la fuga y cuando ésta afecte considerablemente el servicio a los usuarios y el tiempo previsto para la reparación sea significativo, el personal operativo deberá implementar un suministro alternativo de forma provisional desde otro punto de la red a la zona afectada.

En ocasiones, será conveniente dejar sin servicio provisionalmente el tramo dañado, cerrando válvulas e instalando tapones, y así restablecer el suministro en el resto de la red. Hay que valorar el tiempo a mantener esta solución provisional, la repercusión de este cierre al resto de la red y los usuarios que quedan sin servicio. Normalmente esta solución se puede adoptar en zonas con tubería de diámetro pequeño, su cierre no repercute al resto de la red y no se deja sin servicio a los usuarios. La reparación definitiva será programada según la operación de la red.

Toda la información y consideraciones presentadas dentro del proceso de localización de fugas son válidas para todo tipo de tuberías (conducción y redes de distribución). Así también, las pruebas mencionadas en este apartado y los resultados que se obtienen deben ser considerados por el responsable de la operación, a fin de localizar en el menor tiempo posible y con la mayor precisión, el punto exacto de una fuga para la reparación procedente.

### 1.3.8. SUSPENSIÓN DEL SERVICIO

Es importante elaborar un plan de trabajo óptimo que permita realizar el corte de agua procurando en la medida de lo posible la continuidad del servicio. Se deberá elaborar un cronograma de trabajo, teniendo en cuenta los sectores afectados y el tiempo de servicio que se suministra.



Ilustración 1.5 Aplicación de colorante para detección de fugas

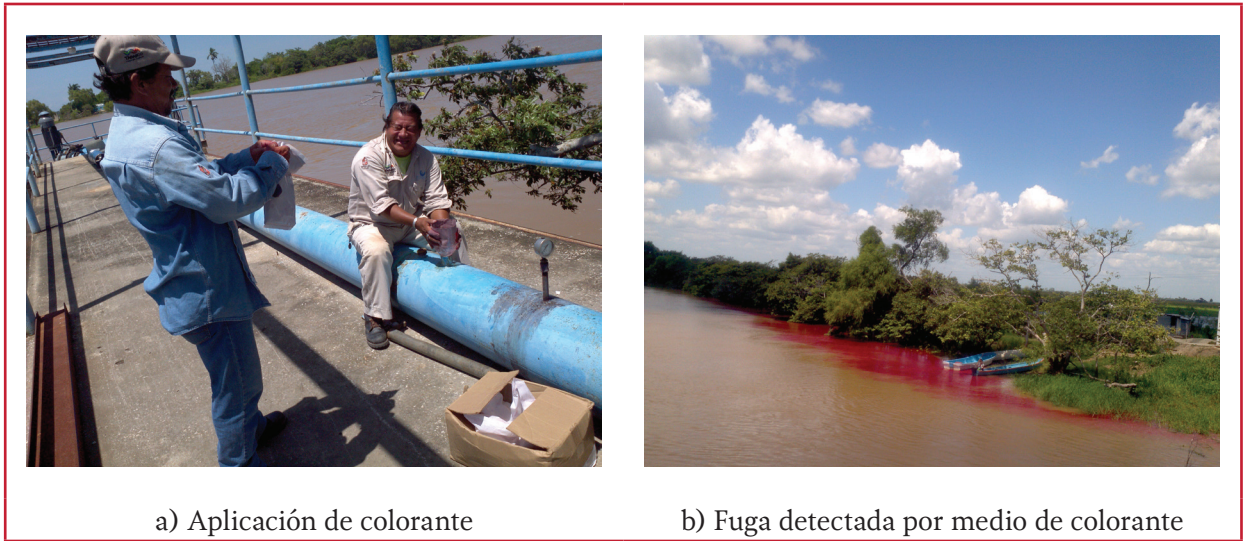


Ilustración 1.6 Localización de fuga en tubería





Ilustración 1.7 Fuga en una junta entre tubos (ODAPAS, Nezahualcoyotl)



Un programa de reparación de fugas, debe tomar en cuenta las siguientes afectaciones:

- Tiempo de la afectación
- Merma de las condiciones normales y adecuadas en el suministro
- Número de usuarios afectados por la falta de servicio
- Al tránsito rodado por ocupación de uno o varios carriles de circulación o corte de calle
- A los peatones por actuaciones en las calles y banquetas

Tener en cuenta las dos posibles afectaciones más críticas por cierre o suspensión de servicio:

- Número de usuarios afectados por la falta de servicio y tiempo de la afectación
- Afectación al tránsito rodado por ocupación de uno o varios carriles de circulación o corte de calles. También, la afectación a los peatones por actuaciones en las aceras y banquetas

Estas afectaciones se deben valorar para tomar las medidas necesarias que minimicen su

impacto. En el caso de afectaciones al tránsito vehicular y peatones, los trabajos de obra civil suelen ser complicados y tardados debido a las actividades de apertura y tapado. Estos trabajos deben asegurar la reposición de los pavimentos en condiciones adecuadas a fin de restablecer el tráfico lo antes posible.

Se deberá aplicar la normatividad y reglamentación en materia de instalación, mantenimiento y trabajos de reparación de tuberías en el subsuelo en vía pública y espacios de uso común. Además es imprescindible una adecuada señalización para el tránsito de vehículos y peatones, la cual deberá realizarse como parte de la planificación previa a los trabajos de reparación. Para tal fin se recomienda consultar, la normatividad vigente entre la cual se encuentra:

- La normatividad y reglamentos (estatal y/o municipal) en materia de trabajos en vía pública
- Manual de seguridad vial, imagen institucional y prevención de riesgos en zonas de trabajo, 2015
- Reglamento de construcciones para el Distrito Federal

- Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura. NOM-009-STPS-2011
- Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas. NOM-034-SCT2-2003
- Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales. NOM-086-SCT2-2004

Antes de hacer el cierre de las válvulas, ubicarlas sobre los planos de la red, comprobando la influencia de cada válvula en la conducción y distribución del agua, a fin de asegurar el menor número de afectados.

Si el tiempo de cierre de servicio es largo se recomienda instalar tuberías provisionales (instaladas normalmente sin caja de válvulas) y/o suministrar agua mediante pipas.

Si la fuga lo permite (no afecta el suministro, no provoca daños por inundación, problemas de tránsito), se puede avisar a los usuarios antes del cierre del servicio utilizando diversos medios:

- Aviso directo puerta por puerta. Este aviso suele recomendarse en cierres cuya demora es de algunos minutos
- Medios de comunicación local, (tv, radio, prensa)
- Avisos mediante carteles en zaguanes y puertas
- Volantes y escritos
- Megafonía (normalmente en pequeñas poblaciones)
- Aviso telefónico, por voz o envío de mensajes a teléfonos móviles

Todos estos medios de comunicación permiten informar a los usuarios afectados del tiempo estimado que puede estar sin servicio. También, es necesario que el personal de atención al público y usuarios disponga de la información sobre la falta de suministro, disminución de presión y tiempos de reparación. La Tabla 1.3 muestra un ejemplo de formato que puede utilizarse para notificar a los usuarios.

Las maniobras para cierres en la red (válvulas) pueden ser complicadas. Un cierre rápido puede provocar sobrepresiones causando una fuga. Por ello, la maniobra de las válvulas debe hacerse con lentitud hasta llegar a su cierre total.

Conocido el punto de reparación y definidas las válvulas a cerrar, es posible que alguna de las válvulas no se pudiese maniobrar por estar tapada (asfaltado de calles, infraestructura vial sobre la misma, vehículos, etc.) o por estar averiada. En tanto, será necesario ampliar la zona de cierre, afectando a un mayor número de usuarios. El problema de acceso a la válvula deberá reducir el tiempo de cierre y restablecer el servicio a los usuarios lo antes posible. En fugas con importante salida de agua al exterior, se puede encontrar alguna válvula dentro de la zona de inundación, lo cual imposibilite su maniobra en ese momento, bajo este escenario, trabajar en el resto de las válvulas accesibles hasta que el agua producto de la fuga disminuya lo suficiente que permita acceder a la válvula y cerrarla, abriendo el resto de las válvulas que permitieron esta operación.

En tuberías donde el sentido de circulación del agua es conocido (especialmente en tuberías principales), el cierre de las válvulas no puede ser aleatorio. Para evitar la entrada de partículas



En algunas tuberías plásticas (PEAD), además de las válvulas de corte, existe la posibilidad de cierre por pinzamiento de la tubería que permite reducir el número de usuarios afectados. Este pinzamiento debe seguir las recomendaciones que se detallaran en el apartado (sistema de reparación en tuberías de polietileno “PEAD”). Esta operación, debe evitarse siempre que sea posible, porque debilita las tuberías.

Durante el proceso de reparación evitar introducir en las tuberías (conducción) elementos ajenos a la requeridos en la reparación. Nunca guardar objetos dentro de la tubería a reparar o en el tramo nuevo a instalar, pues se pueden olvidar quedando en el interior de la tubería reparada, causando problemas a la hora de la puesta en servicio (ver Ilustración 1.8).

Ilustración 1.8 No olvidar elementos dentro de un tubo y utilizar el equipo de protección necesario (www. ays-eloro.com)



Muy importante es tener a la mano equipos de protección individual y colectiva, tanto para el personal operativo como para las personas ajenas a la obra. En excavaciones profundas deberán realizarse taludes adecuados para evitar derrumbes. Conviene conocer las características del suelo, pues de no ser suficientemente estable para pequeños taludes o paredes prácticamente verticales, deberá emplearse el uso de tablaestacas o ademe para contener el suelo perimetral a la excavación (ver Ilustración 1.9). De no tomar en cuenta estas precauciones, se estaría poniendo en riesgo la vida de los trabajadores.

Ilustración 1.9 Ademe en zanja para reparación (sienasl.com)





## 1.4. ASPECTOS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE REPARACIÓN

Los aspectos generales de reparación de una tubería son:

- Material de la tubería
- Dimensiones de la tubería
- Tipología de la fuga

### 1.4.1. MATERIAL Y DIMENSIONES DE LA TUBERÍA

Sobre el material y dimensiones de la tubería, las siguientes consideraciones:

- Las piezas de unión o reparación deberán ser específicas para cada tipo de material
- En la sustitución de un tramo de tubería se recomienda usar el mismo material
- En caso de falta de material propio de la tubería a reparar, se podrá utilizar cualquier otro material con la condicionante de que sea compatible
- Las tuberías de hierro dúctil o Fo.Fo. serán reparadas según recomendación general para tubería de hierro dúctil
- Las tuberías de fibrocemento serán reparadas evitando (en lo posible) cortes de tubería. Podrán ser reparadas según recomendación general para tubería de fibrocemento
- El diámetro exterior del tubo determina la pieza de reparación (carretes, acoplamientos, abrazaderas, etc.) que se debe utilizar. Por ello, es importante medir el diámetro exterior del tubo en el punto de acoplamiento de las piezas de reparación

- Comprobar que el diámetro exterior medido este dentro del rango de uso de la pieza de reparación a utilizar

### 1.4.2. TIPOLOGÍA DE LA FUGA

Según el tipo de fuga es el procedimiento de reparación. Tener presente que dependiendo del aspecto superficial de la fuga en la tubería, ubicación (interior o exterior) y material de la tubería, se determinará el alcance real de la fuga y su posible progresión; por lo tanto, se recomienda cortar una longitud de tramo mayor a la que se observa dañada, siendo ampliamente recomendable cambiar el tramo de tubo entero.

- Fuga por rotura: Para su reparación se utiliza un acoplamiento flexible o abrazadera de reparación, procurando cubrir toda la zona dañada (al menos 5 cm a cada lado de la rotura)
- Fuga por perforación: Su reparación es mediante una abrazadera de reparación procurando cubrir toda la zona dañada (al menos 5 cm a cada lado de la picadura)
- Fuga por fisura o rotura longitudinal: Cuando la longitud de la fisura es igual o inferior a 1/3 del diámetro exterior de la tubería y no se observe posibilidad de progresión, se puede reparar mediante una abrazadera de reparación procurando cubrir toda la zona dañada (al menos 5 cm a cada lado de la fisura). Para garantizar que la fisura no progrese, se recomienda sustituir el tramo dañado (lo ideal es la sustitución del tramo de tubo entero)
- Fuga por reventamiento: La reparación se realizará cortando todo el tramo dañado de la tubería y sustituyéndolo por un tramo de tubo entero

### 1.4.3. GENERALIDADES DE LAS PIEZAS 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 contemplan los procesos de reparación por soldadura propio de tuberías de acero y concreto con encamisado, estos se explican en los capítulos específicos de ambos materiales.

#### 1.4.3.1. Tipos de esfuerzos

Tubería con esfuerzos axiales: Tubería susceptible de alteración significativa en su dimensión longitudinal por variaciones de temperatura, situación que exige que los elementos de reparación deberán ser resistentes a la tracción axial (autoblocantes).

Tubería sin esfuerzos axiales: Tubería que por sus características o sistema de montaje, no presenta alteración significativa en su dimensión longitudinal por variaciones de temperatura. Esta situación que permite que elementos de reparación no deban ser necesariamente resistentes a esfuerzos axiales (a menos que la instalación lo requiera).

Los materiales de las tuberías consideradas como rígidas son: hierro dúctil, Fo.Fo., fibra de vidrio, fibrocemento, PVC, concreto y acero. Un material de tubería flexible es polietileno de alta densidad (PEAD).

#### 1.4.3.2. Piezas de reparación

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

- Los materiales en contacto con el agua no deben alterar su calidad, se debe atender la normatividad aplicable en materia de materiales de conducción de agua.
- Para piezas resistentes a esfuerzos axiales, se recomienda que las partes dentadas de agarre sean metálicas
- Las piezas (que lo requieran), tendrán un recubrimiento externo e interno para protección de la corrosión.
- Los elastómeros deberán asegurar hermeticidad y evitar pérdidas de agua. Con vida útil amplia, no disgregarse, ni deformarse. Podrán ser lisos, dentados, reticulares, bilabiales, cónicos, etcétera
- Los espárragos, tornillería y elementos de apriete deberán reunir características de resistencia mecánica y a la corrosión, similares al cuerpo de la pieza reparada, recomendando que sean de acero inoxidable, o llevar un recubrimiento de protección.
- El tamaño y resistencia de espárragos y tornillos será definida según el esfuerzo que realizaran

Una condición importante que diferencia a las piezas de reparación, es por la forma de montaje; es decir, si el montaje se realiza sin corte de tubería o es necesario cortarla. En los montajes sin corte de tubería se utilizan abrazaderas y en los montajes con corte de tubería acoplamiento, uniones o carretes (Ilustración 1.10). Una segunda característica determinante en la aplicación de los elementos de reparación, es si la pieza está diseñada para resistir esfuerzos axiales, normalmente mediante mordazas o dientes que se clavan en la superficie exterior de la tubería. Las piezas que resisten esfuerzos axiales se denominan autoblocante, y se utilizan principalmente en reparaciones de tubería

Ilustración 1.10 Ejemplos de elementos de reparación



de polietileno y otros materiales con elevado coeficiente de dilatación.

Otra característica a destacar de las piezas de reparación es la tolerancia de uso respecto al diámetro exterior de la tubería. Dada la gran diversidad de diámetros exteriores encontrados para un mismo diámetro nominal, especialmente en tuberías de materiales antiguos, incluso ya no utilizados [asbesto, fibrocemento y hierro fundido (Fo.Fo)], se usan las llamadas piezas de gran tolerancia o multi-diámetro que permiten cubrir un rango bastante amplio de diámetros exteriores. Y por última característica, si la pieza se puede utilizar en uniones de materiales diferentes, lo cual puede requerir que el mecanismo de hermeticidad y agarre sea diferente en cada extremo de la pieza. Existen otros elementos utilizados en reparaciones mediante soldadura

de tuberías de acero u concreto con encamisado, como son las virolas, tejas y carretes.

#### 1.4.3.3. Piezas de reparación en función de los tipos de tuberías

Algunas piezas de reparación son presentadas en la Tabla 1.4 a la Tabla 1.7, dada la gran variedad de piezas disponibles, son ejemplos que no cubren todas las piezas existentes en el mercado actual, pero representan un resumen de utilidad para la aplicación de alguna de ellas. Las tablas clasifican las piezas de reparación a utilizar en función del material y tipo de reparación; es decir, el material de la tubería (a reparar), el material o elemento (pieza de reparación, según tipo de falla. Cualquier pieza no incluida que reúna las condiciones de aplicación necesarias puede

Tabla 1.4 Elementos para la reparación de perforaciones y pequeñas grietas sin corte de tubería (adaptado de AEAS A, 2009)




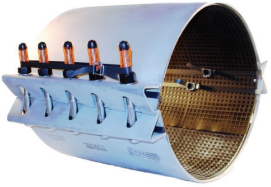


Tubería a reparar	Elemento	
Fundición fibrocemento Fibra de vidrio Acero PVC Concreto	Abrazadera flexible de acero inoxidable	
	Abrazadera de reparación	
	Abrazadera partida	
Polietileno	Abrazadera autoblocante partida (resistente a esfuerzos axiales)	
	Abrazadera de reparación (reparación provisional)	
	Abrazadera flexible de acero inoxidable (reparación provisional)	
	Abrazadera partida (reparación provisional)	



Tabla 1.5 Elementos para la reparación de tuberías sin esfuerzos axiales que requieren la sustitución de un tramo, con corte de tubería (adaptado de AEAS A, 2009)

Tubería a reparar	Elemento	
Fundición fibrocemento PVC Acero Concreto	Acoplamiento multidiámetro o de gran tolerancia (simétricos o reducidos)	
	Acoplamiento sin tolerancia (tipo Gibault)	
	Abrazadera de reparación	
	Abrazadera flexible de acero inoxidable	
	Abrazadera partida	
PVC	Cople de reparación	
Fibra de vidrio	Abrazadera flexible de acero inoxidable	

Tabla 1.6 Elementos para la reparación de tuberías con esfuerzos axiales que requieren la sustitución de un tramo, con corte de tubería (adaptado de AEAS A, 2009)

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

Tabla 1.7 Relación del material de tubería con piezas de reparación para cualquier DN (adaptado de AEAS A, 2009)

Material tubería	Piezas de reparación															
	No autoblocantes							No autoblocantes							Específicos	
																
Sin corte de tubería	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx		
Hierro fundido	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx		
Fibrocemento	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx		
Fibra de vidrio	xxx	xxxxx	x													
PVC	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx		
Concreto	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx		
Acero	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx		
PE	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx		
Hierro fundido	xxx	xxxx	xxx	xxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx		
Fibrocemento	xxx	xxxx	xxx	xxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx		
Concreto	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx		
Acero	xxx	xxxx	xxx	xxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx		
PVC	xxx	xxx	xxx	xxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx	xxxxx		
Fibra de vidrio	xxx	xxxxx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx		
PEAD																
Con esfuerzo axial																
Con corte de tubería																

ser usada de forma válida. La Tabla 1.4 precisa el caso para pequeñas fisuras o perforaciones, cuya reparación no exige corte de tubería (tanto para tuberías con o sin esfuerzos axiales). En la Tabla 1.5 y Tabla 1.6 los casos cuya reparación requiere de corte de tubería en sustitución de tramo dañado (tanto para tuberías con o sin esfuerzos axiales).

La Tabla 1.7 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. Se usa una simbología de clasificación según su aptitud de uso para cada material. La máxima aptitud son cinco “equis” y la mínima ninguna. Las piezas de carácter provisional o bien menos adecuadas tienen una clasificación de aptitud de una o dos estrellas. Esta tabla pretende orientar sobre la utilización de diferentes piezas y tipo de reparación. El personal operativo encargado de hacer reparaciones debe hacer uso de su propia experiencia y de las instrucciones de los fabricantes para asegurar fielmente la eficacia en el uso particular de la pieza que se utilizará.

#### 1.4.4. GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS DE REPARACIÓN

##### 1.4.4.1. Sistemas de reparación

Con frecuencia, en la práctica (hasta hace poco tiempo) se consideraba cortar el tramo de tubería dañada y sustituirlo por un tramo nuevo. Sin embargo, en la actualidad, el mercado ofrece piezas que permiten (bajo ciertas circunstancias y condiciones) solucionar el problema de forma eficaz sin necesidad de cortar las tuberías, lo que impacta favorablemente en el tiempo de reposición del servicio. Por ello, la clasificación de los sistemas de reparación es según el requerimien-

to de corte (o no corte) de un tramo de la tubería. Cuando la reparación no requiere el retiro de tramo de tubería, se instala una abrazadera que cubra perfectamente la zona dañada. Si se requiere cortar la tubería de la parte dañada, la reparación consiste en instalar un tramo nuevo de tubería que se une por medio de dos piezas de reparación (una en cada extremo).

Para seleccionar la pieza de reparación más adecuada, conocer su rango de aplicación (dimensiones y presión), el apriete de la tornillería y las recomendaciones de montaje (desviación y separación entre tubos), es necesario consultar la información de los fabricantes.

Con fines de protección, para algunos materiales (concreto y acero), una vez realizada la reparación, es importante hacer un recubrimiento de la pieza de unión igual a las características de la tubería original; además, de realizar pruebas de control correspondientes.

## 1.5. SISTEMA DE REPARACIÓN DE TUBERÍAS DE FIBROCEMENTO

### 1.5.1. CARACTERÍSTICAS Y MANEJO DEL FIBROCEMENTO

El amianto (o asbestos) es un grupo de silicatos fibrosos con características físicas, químicas y mecánicas importantes. El fibrocemento es un material formado por una mezcla de fibras de amianto y cemento. Por sus características, bajo costo y ligereza en las décadas de los años 60, 70, 80 y 90 fue ampliamente utilizado en conducciones de agua. Actualmente, en muchos organismos operadores es el material mayoritario

instalado en sus conducciones, incluso redes de distribución.

El uso del fibrocemento tiene los siguientes inconvenientes:

- Dificultad durante la reparación. Por ser un material quebradizo, se aconseja eliminar todo el tubo en lugar de reparar sólo la zona dañada, puede suceder que la reparación resulte ser muy complicada y más costosa
- Resistencia limitada a cambios de presión: Expuesto a un margen amplio y cambios bruscos de presiones de trabajo (curva típica de consumo noche/día), no resiste y presenta un mayor índice de roturas respecto a otros materiales
- Dificultad de adaptación a las piezas de reparación (acoplamientos). Debido a la diferencia de diámetros exteriores, es necesario utilizar acoplamientos multidiámetro (situación que encarece las reparaciones)
- Dificultad de manipulación. Por ser un material peligroso y nocivo para la salud se recomienda extremar medidas precautorias de seguridad en su manejo, recogerlo selectivamente y llevarlo a un centro de tratamiento de residuos (su manipulación y eliminación debe ser controlada y regulada)

#### 1.5.1.1. Equipos de protección personal para los trabajos con tuberías de fibrocemento

El equipo de protección personal básico para los trabajos con tuberías de fibrocemento se compone por los siguientes elementos:

- Vestuario con capucha, sin bolsillos, ni costuras y cubiertas de zapatos (para un solo uso)
- Casco, botas y guantes apropiados
- Mascarilla desechable auto filtrante de tipo FFP3
- Gafas de protección
- Protección auditiva

Según el tipo de reparación se utilizarán otros elementos de protección personal adicionales a los mencionados. La Ilustración 1.11 se muestra el equipo utilizado durante los procedimientos de corte de tubería de fibrocemento.

#### 1.5.1.2. Recomendaciones para los trabajos en tuberías de fibrocemento

A continuación se indican recomendaciones básicas para el corte y manejo de la tubería de fibrocemento.

- Señalizar y balizar la zona de trabajo para evitar que personas ajenas accedan a la zona de trabajo
- Colocar correctamente los equipos de protección individual para evitar el contacto con las fibras emitidas durante los cortes de tubería
- Prohibido fumar, comer o beber durante la realización de trabajos
- Utilizar sierras manuales o romper la tubería con un mazo, golpeando la zona afectada
- Humedecer la zona a cortar antes y durante el corte para evitar la emisión de fibras. Si los cortes se realizan mediante una cortadora eléctrica disponer de un depósito de agua. Prohibido realizar cortes en seco o cuando se interrumpa el

Ilustración 1.11 Equipo de protección personal - corte de tubería de fibrocemento (www.amianto.info)



aporte de agua. Usar un recipiente para recoger el residuo producido en los cortes de tubo

- En el acoplamiento del tramo nuevo de tubería despejar la zona de conexión y regarla con abundante agua
- Prohibido utilizar máquinas radiales
- Finalizada la reparación, limpiar los equipos de protección y herramientas utilizadas con agua. Recoger los tramos de tubo sustituidos y transportarlos en sacos especiales para el manejo de este tipo de residuo
- Limpiar los equipos de protección no desechables con agua, mediante una esponja o manguera. Sacarse la mascarilla y lavarla, eliminar el filtro como residuo o la mascarilla completa si ésta fuese desechable
- Quitar la señalización y las balizas

### 1.5.2. REPARACIÓN DE TUBERÍAS DE FIBROCEMENTO

Como recomendación principal se debe descubrir la fuga hasta las uniones más cercanas

y sustituir el tramo de tubo entero, así se evita cualquier corte sobre la tubería y se elimina el riesgo de que se produzca otra rotura en el tramo dañado.

Una vez descubierta la fuga, es importante medir el diámetro de la tubería para seleccionar el elemento o pieza de reparación que mejor se adapte, esto responde a que el diámetro exterior de una tubería para un mismo diámetro nominal (DN) aumenta a medida que aumenta su clase.

A continuación se detallan las técnicas de reparación en tuberías de fibrocemento

#### 1.5.2.1. Reparación sin corte de tubería

Si la fuga es producto de una perforación en la tubería, sin observar mayor deterioro en las cercanías de la fuga, se utilizarán piezas de reparación tipo abrazadera (Ilustración 1.12).

Especial precaución se debe poner en las actividades de apriete de tornillería. A fin de evitar daños en la tubería asegurando la calidad en el



Ilustración 1.12 Ejemplos de piezas de reparación (sin corte)



trabajo de reparación se debe aplicar el par de apriete recomendado por el fabricante. La Ilustración 1.13 muestra una reparación de tuberías con una abrazadera de reparación.

#### 1.5.2.2. Reparación con corte de tubería

Esta reparación implica sustituir un segmento de tubería o un tramo de tubo. Los accesorios

Ilustración 1.13 Reparación de tuberías con una abrazadera de reparación



que se utilizan son acoplamientos multidímetro con junta flexible y el procedimiento de montaje es similar a la sustitución de tramos de tubería de fundición. El diámetro exterior de la tubería dañada y del tramo de tubo para la reparación debe estar dentro del rango de uso del acoplamiento a utilizar en la reparación. En el mercado se encuentran acoplamientos de gran tolerancia con rangos distintos de uso para cada uno de sus extremos. La Ilustración 1.14 presenta ejemplos de acoplamientos multidímetro o de gran tolerancia, por su parte la Ilustración 1.15 muestra una reparación con acoplamiento de gran tolerancia.

Si en la reparación se utilizará un tramo de tubo de material diferente, se recomienda que dicho material sea rígido, (por ejemplo fundición dúctil); además, sea del mismo diámetro y presión nominal. No se recomienda sustituciones por materiales susceptibles a cambios

de temperatura que produzcan contracciones y dilataciones considerables (por ejemplo polietileno). Si fuese el caso de utilizarlo, resulta obligado usar accesorios resistentes a la tracción axial, porque aunque puedan asegurar una correcta unión, no se garantiza la integridad del acoplamiento flexible más cercano a esta unión.

También pueden utilizarse piezas de reparación (sin corte de tubería), cuidando que la tubería dañada y tramo de tubo utilizado para la reparación tengan el mismo diámetro exterior.

Un sistema clásico de reparación en tuberías de fibrocemento es mediante la unión denominada Gibault, que también exige que el diámetro de los tramos de tubo y tubería a unir sea igual. En algunas ocasiones, este tipo de piezas de reparación, exige disminuir el diámetro exterior de los tubos de fibrocemento, aumentando el tiempo

Ilustración 1.14 Ejemplos de acoplamientos multidímetro o de gran tolerancia



Ilustración 1.15 Personal apretando tornillería de acoplamiento de gran tolerancia



de reparación y provocando desprendimientos de fibra altamente contaminante. En conclusión, esta operación se debe descartar recomendando la utilización de piezas de gran tolerancia.

#### 1.5.2.3. Proceso de colocación del acoplamiento

Se seguirán los siguientes pasos:

1. Cortar perpendicularmente la tubería (Ilustración 1.16a)
2. Deslizar los acoplamientos sobre los extremos de la tubería cortada (Tubería en reparación). Si esto no fuese posible, colocar los acoplamientos en el tramo de tubo nuevo (tener en cuenta que el peso del tramo de tubo aumentará y dificultará su colocación). Resaltar, que las reparaciones de tuberías de fibrocemento se

pueden realizar de las dos maneras (Ilustración 1.16b y c)

3. Colocar el tramo nuevo de tubería. A fin de facilitar su colocación, este tramo medirá un par de centímetros menos que el espacio donde se introducirá (Ilustración 1.16d y e)
4. Marcar la longitud del adaptador en ambos tubos como referencia de apoyo centrado adecuado (Ilustración 1.16f y e)
5. Desplazar los acoplamientos hasta la zona de unión y realizar la unión según indicaciones del fabricante (Ilustración 1.16h)
6. Verificar la hermeticidad (bajo condiciones de presión). Instalar sin que existan diferencias de carga o asentamiento que originen esfuerzos flectores superiores a los admisibles. En tubos con baja rigidez diametral, un reparto no homogéneo produce concentración de esfuerzos
7. Por último cerrar (Ilustración 1.16j)



Ilustración 1.16 Proceso de colocación del acoplamiento para una tubería de fibrocemento

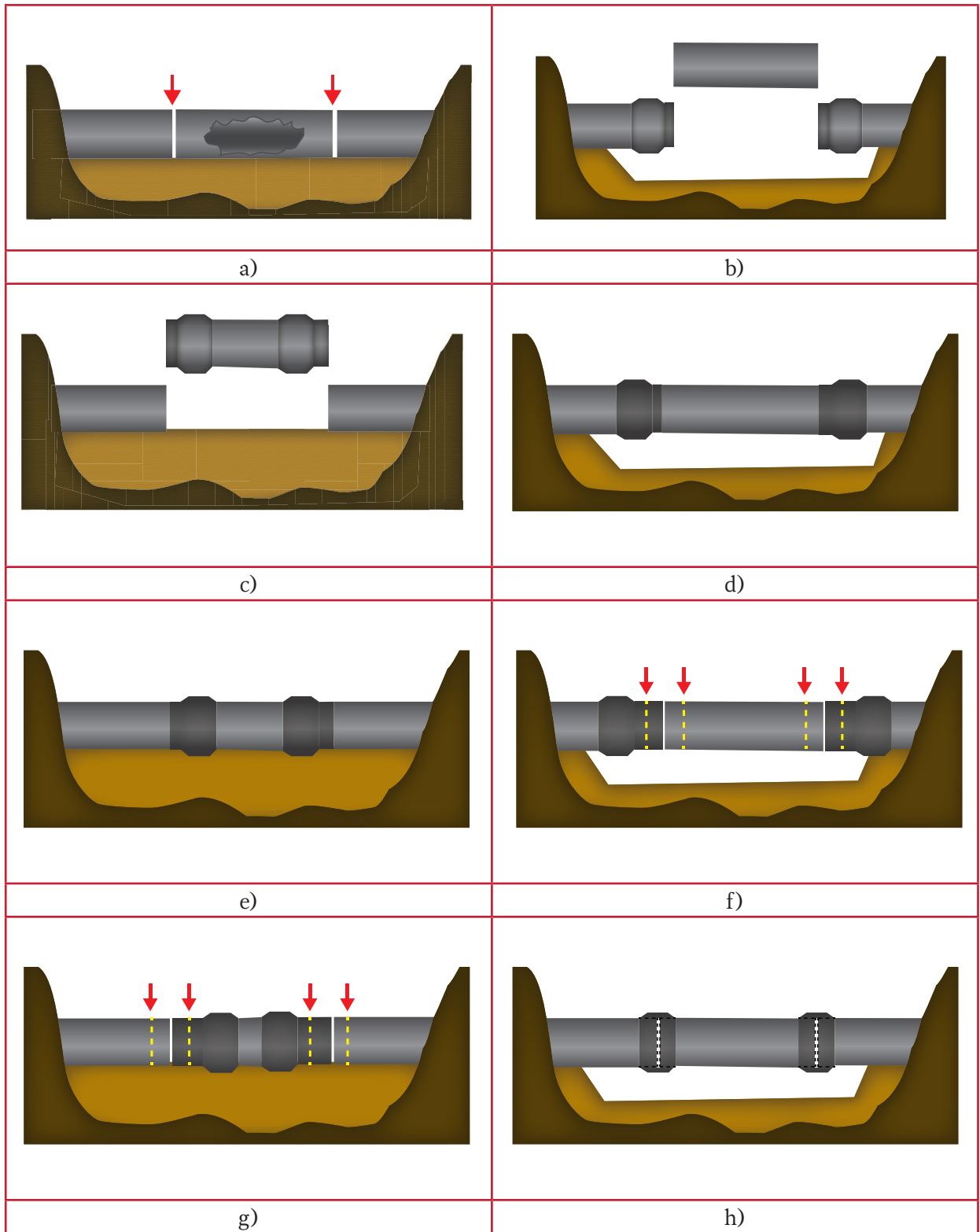
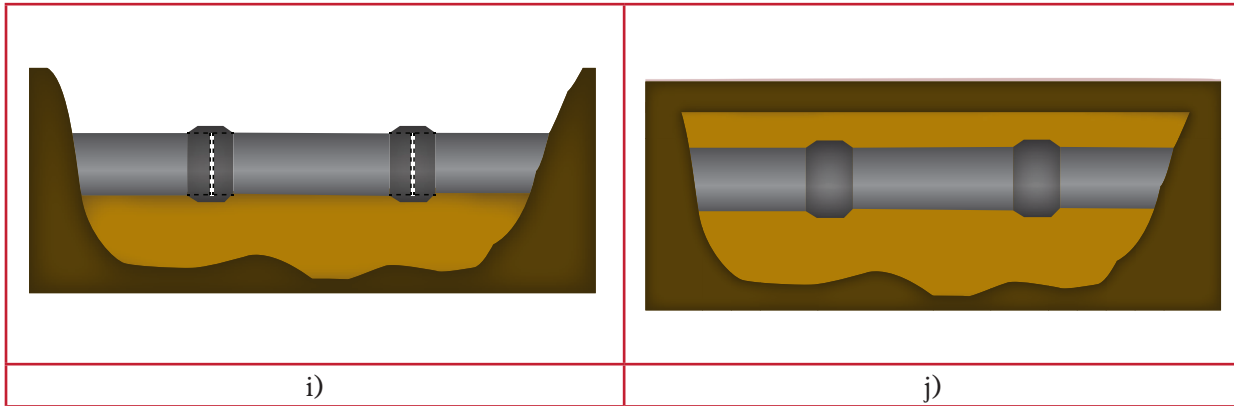


Ilustración 1.16 Proceso de colocación del acoplamiento para una tubería de fibrocemento (continuación)



## 1.6. SISTEMA DE REPARACIÓN DE TUBERÍAS DE HIERRO DÚCTIL

### 1.6.1. CARACTERÍSTICAS DE LAS TUBERÍAS DE HIERRO DÚCTIL

#### 1.6.1.1. Diámetro exterior

Previo al montaje de las piezas de reparación se requiere medir el diámetro exterior de la tubería dañada a fin de verificar se encuentre dentro del rango de uso de las piezas que se van a utilizar en la reparación.

#### 1.6.1.2. Uniones (tipos de juntas)

Las juntas pueden clasificarse en dos tipos:

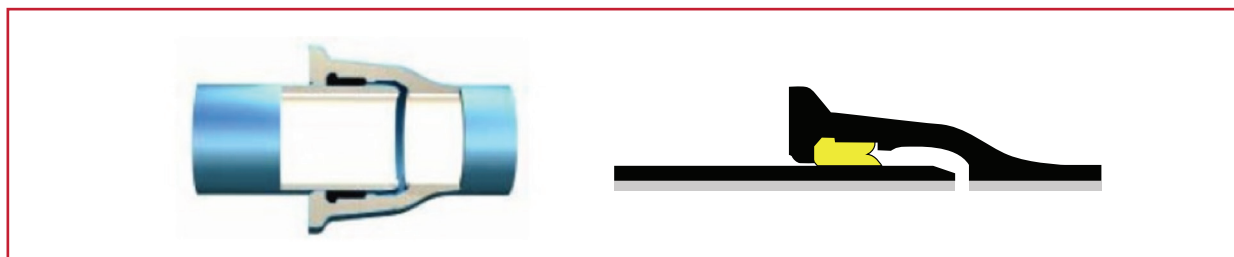
- Juntas de acoplamiento y extremo liso
- Juntas mediante bridas

En la práctica las juntas de acoplamiento y extremo liso son las más usadas, su clasificación respondiendo a cómo se comprima el anillo elastomérico, define a las juntas automáticas y juntas mecánicas.

En las juntas automáticas (Ilustración 1.17) el anillo elastomérico sufre una compresión radial que depende de las características geométricas de los tubos y del propio anillo. Este proceso es controlable, pues el anillo elastomérico es comprimido axialmente auxiliado de una contrabrida fijada por el apriete y ajuste de un conjunto de tornillos.

Por su parte las Juntas de acoplamiento y extremo liso (Ilustración 1.18), atendiendo a su resistencia a esfuerzos de tracción, se clasifi-

Ilustración 1.17 Junta automática flexible tipo estándar (AEAS A, 2009)





can en acerrojadas y no acerrojadas. Las juntas acerrojadas tienen un dispositivo que permite resistir esfuerzos de tracción, de tal forma, que la unión no se separa (por ejemplo, en desviaciones de tuberías, Ilustración 1.19). Incluso, existen juntas acerrojadas especiales diseñadas específicamente para conducciones instala-

das a partir de perforación horizontal dirigida (Ilustración 1.20).

Las juntas mediante bridas son utilizadas para soportar esfuerzos de tracción muy elevados y para conexiones con otros accesorios, válvulas y elementos (Ilustración 1.21).

Ilustración 1.18 Junta mecánica de acoplamiento (tipo express) (AEAS A, 2009)

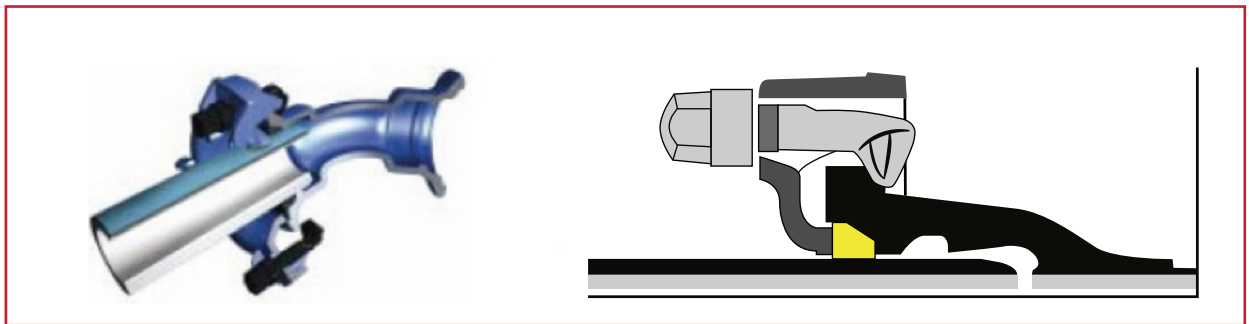


Ilustración 1.19 Junta acerrojada interior (AEAS A, 2009)

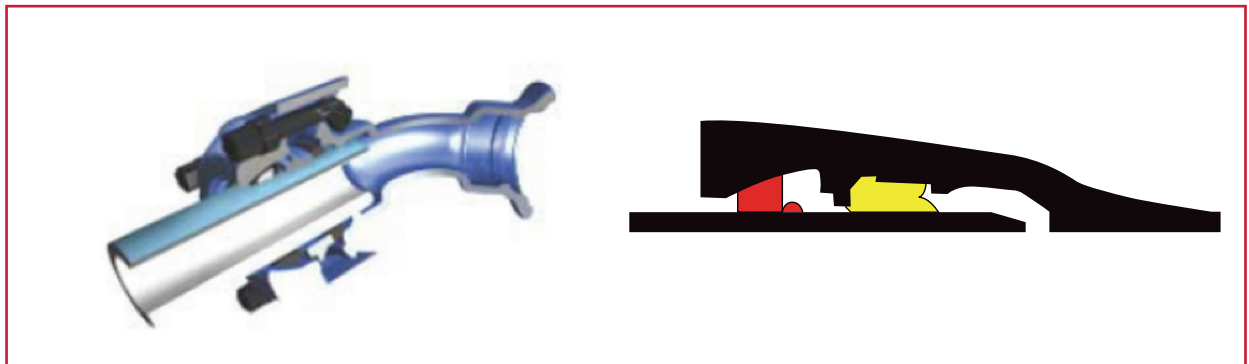
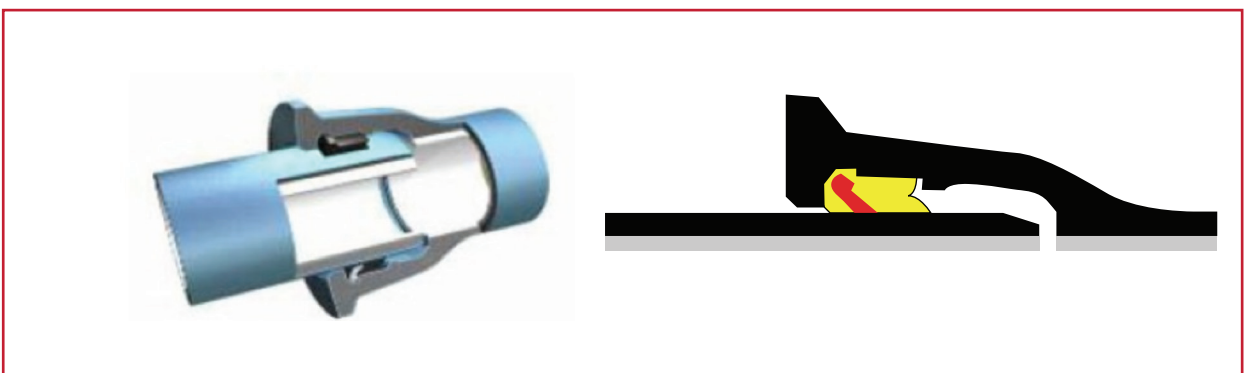


Ilustración 1.20 Junta encerrojada exterior (AEAS A, 2009)





### 1.6.2. REPARACIÓN DE TUBERÍAS DE HIERRO DÚCTIL

Es importante medir el perímetro de la tubería a fin de seleccionar la pieza que mejores resultados ofrezca en la reparación, normalmente se busca abarquen un amplio rango de diámetros, como son los denominados acoplamientos multidiámetro. Concluida la reparación de la tubería se debe aplicar un recubrimiento exterior (igual o similar al de origen de la tubería).

Existe una gran variedad de piezas para reparar e interconectar tuberías de hierro dúctil. Las formas de reparación se resumen en:

- Sin corte de tubería (con abrazaderas)
- Con corte de tubería (con carretes, conexiones a gran tolerancia, igual o diferente material)

#### 1.6.2.1. Reparación sin corte de tubería

Cuando el daño en la tubería es pequeño se puede reparar con una abrazadera mecánica de dos o tres sectores apropiada para la dimensión de la

fuga y la presión nominal de la tubería instalada (Ilustración 1.22).

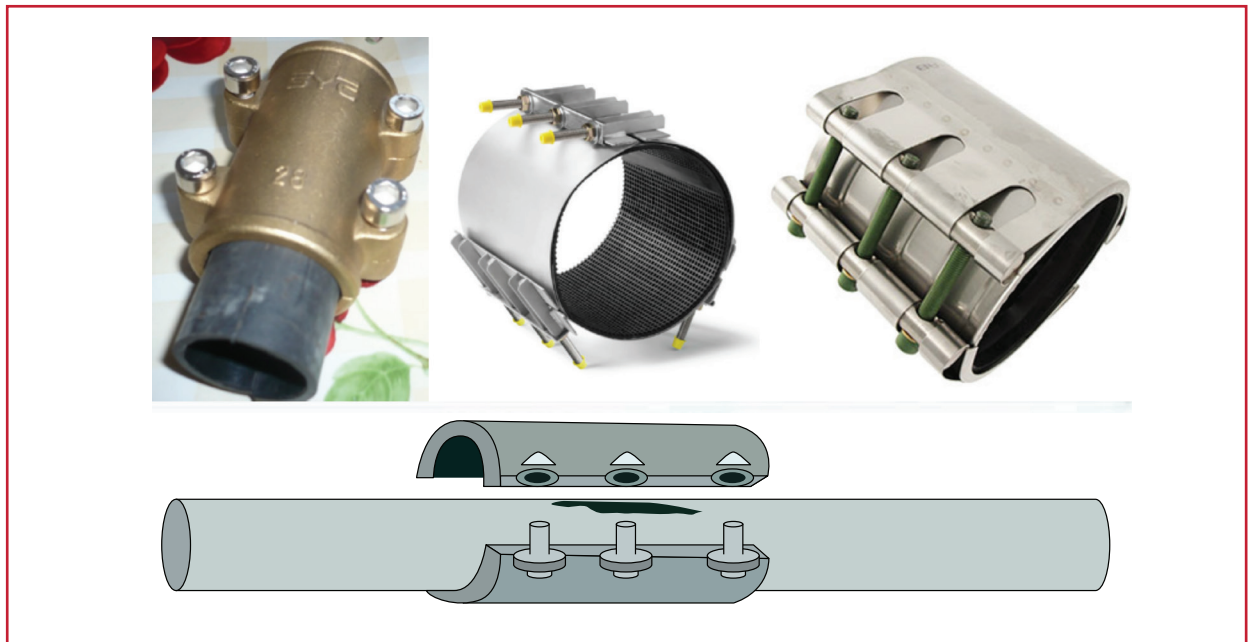
Estas abrazaderas provistas de una junta interior garantiza una hermeticidad total al apriete adecuado de los tornillos. Su exterior generalmente fabricado en acero inoxidable o recubrimiento con pintura de protección evita problemas de corrosión.

#### 1.6.2.2. Reparación con corte de tubería

La forma de proceder en la reparación con corte de tubería será función de la magnitud de la fuga. Se pueden presentar fugas puntuales.

En sustituciones de segmentos de tubería o tramo de tubo se deberá usar el mismo material (fundición). Si no se dispusiera de tubo de fundición, usar tubo de otro material, con la exigencia de que sea material rígido (por ejemplo acero) y del mismo diámetro y presión nominal. Las piezas recomendadas a utilizar son acoplamientos multidiámetro y la metodología de montaje es especificada por los fabricantes.

Ilustración 1.22 Ejemplo de piezas de reparación sin corte de tubería de hierro dúctil.



Datos importantes que se deben conocer son:

1. Separación en la unión
2. Profundidad de conexión
3. Desviación angular
4. Rango de diámetros
5. Rango de presión
6. Elementos de sujeción

A manera de ejemplo, la Tabla 1.8 presenta las distancias máximas permitidas de separación entre tubos para la instalación de la pieza de reparación.

### 1.6.2.3. Proceso de reparación

Si la dimensión de la fuga es importante, la reparación de la tubería se realizará mediante la sustitución del tramo afectado.

Se seccionará el tramo de tubería afectada y sustituirá por un tramo de tubo nuevo. En función de las condiciones para maniobrar y longitud afectada de tubería se procederá a realizar la unión. Una vez descubierta la tubería medir el perímetro para seleccionar la pieza que mejores resultados ofrezca en la reparación.

Tabla 1.8 Relación entre separación en la unión con el diámetro (AEAS A, 2009)

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

Los acoplamientos multidiámetro o de gran tolerancia abarcan un rango amplio de diámetros.

Un método fácil y práctico de utilizar es siguiendo los pasos:

1. Cortar perpendicularmente la tubería dañada
2. Deslizar la pieza de reparación sobre los extremos de la tubería
3. Colocar el tramo de tubería nuevo
4. Desplazar las piezas hasta la zona de unión
5. Realizar la unión según indicaciones y especificaciones del fabricante

Material necesario para la ejecución:

- Material de limpieza
- Herramientas de corte
- Lijas
- Herramientas para realizar los aprietes
- Elementos de unión (piezas de reparación y tubo)

## 1.7. SISTEMA DE REPARACIÓN EN TUBERÍAS DE CONCRETO

### 1.7.1. REPARACIÓN SIN CORTE DE TUBERÍA

Este método es aplicable a partir de piezas mecánicas a tubos de concreto armado o postensado con o sin encamisado.

1. Se debe limpiar la zona dañada para retirar todas las impurezas que impidan una

buen adhesión del producto sellante y buen ajuste de la pieza de reparación

2. Aplicar el producto impermeabilizante según las especificaciones del fabricante (respetando el tiempo de secado)
3. Desmontar la pieza mecánica para su posterior colocación. Las abrazaderas utilizadas provistas de una junta interior garantizan una hermeticidad total al realizar el apriete de los tornillos. El exterior, generalmente fabricado en acero inoxidable o recubierto con pintura de protección evita problemas de corrosión

La Ilustración 1.23 presenta un ejemplo de piezas de reparación con corte de tubería.

### 1.7.2. REPARACIÓN CON CORTE DE TUBERÍA

Se aplica a tubos de concreto sin encamisado. Las reparaciones se deben hacer con piezas mecánicas de reparación por su ausencia de camisa para soldar (Ilustración 1.24). Se recomienda que el tubo a instalar sea de características similares al concreto, se puede usar tubería de concreto, acero o hierro dúctil. Aplicar el producto impermeabilizante cumpliendo las especificaciones del fabricante para su secado.

En sustituciones de segmentos de tubería o tramo de tubo se deberá usar el mismo material (concreto). Si no se dispusiera de tubo de concreto, usar tubo de otro material, con la exigencia de que sea material rígido (por ejemplo acero de espesor suficiente o fundición) y del mismo diámetro y presión nominal. Las piezas recomendadas a utilizar son acoplamientos multidiámetro y la metodología de montaje es especificada en los manuales de los fabricantes.

Ilustración 1.23 Ejemplo de piezas de reparación con corte de tubería

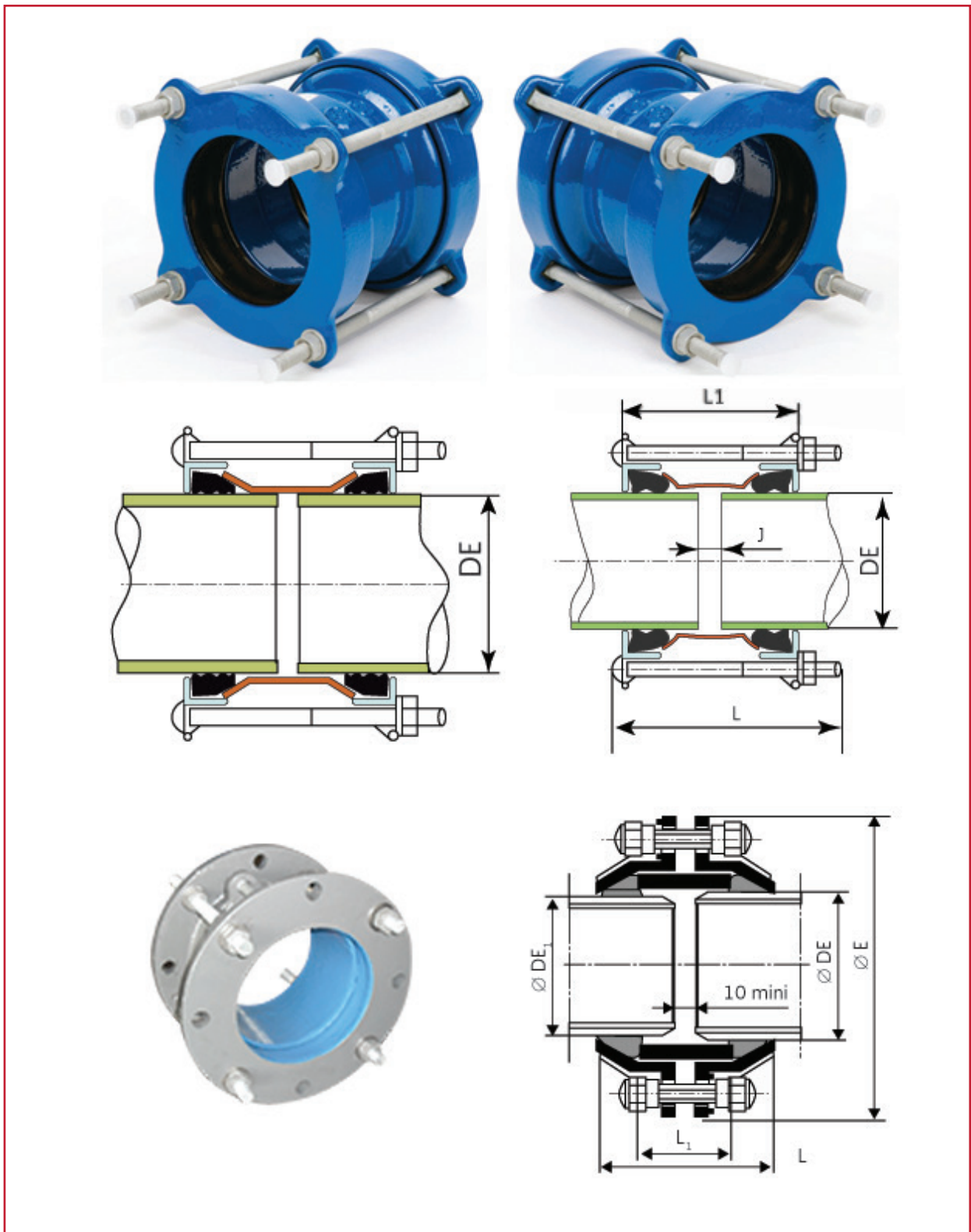




Ilustración 1.24 Reparación de tubería de concreto con elemento mecánico (miraquehacemos.wordpress.com)



### 1.7.3. RETIRADA DE UN TUBO COMPLETO ARMADO O POSTENSADO CON ENCAMISADO

Si la reparación sin corte de tubería o con corte de tubería no se pudieran aplicar, o que por daños mayores sea necesario sustituir un tramo de tubo completo, el proceso a seguir es el siguiente:

1. Preparar previamente una pieza especial metálica de longitud y diámetro del tubo, con entrada de personal (si el diámetro lo permite), y las piezas o derivaciones que sean necesarias
2. Descubrir la tubería (quitar presión y vaciar)
3. Demoler los carretes exteriores dejando libres exteriormente las boquillas de los tubos adyacentes
4. Si no hay un acceso cercano, habilitar una entrada de acceso del personal al interior del tubo)

5. Demoler los carretes interiores y las boquillas del tubo a retirar, dejando libres las boquillas de los tubos adyacentes
6. Retirar el tubo y colocar en su lugar la pieza de acero preparada para tal efecto.
7. Soldar la pieza a las boquillas de los tubos adyacentes
8. Proteger la zona en conjunto con concreto

## 1.8. SISTEMA DE REPARACIÓN EN TUBERÍAS DE ACERO

Los sistemas de reparación o sustitución de tuberías de acero utilizan soldadura, lo cual exige que no exista agua, si hay presencia de agua, la reparación deberá ser mediante piezas mecánicas.

Los procedimientos de soldadura por arco son los más utilizados para soldar acero y requieren el uso de corriente eléctrica mediante la cual se genera un arco eléctrico entre uno o varios electrodos aplicados a la pieza, con ello, la temperatura suficiente para fundir el metal que hace la unión.

Las reparaciones con soldadura deberán asegurar lo siguiente:

- No debe existir presencia de agua
- Ser realizadas por soldadores calificados y con experiencia demostrada

En caso de presencia de agua:

- Si la reparación se encuentra en la parte superior del tubo, se puede tapar la fisura con un tramo de acero “teja” soldado (el agua se encuentra a un nivel inferior de la zona de trabajo)

- Si la reparación se encuentra en la parte baja del tubo serán necesarias intervenciones especiales (por ejemplo hacer una ventana por el lado superior del tubo y frenar el agua con un pequeño dique, ataguía o bombear el agua). Después de soldar la zona afectada, retirar la ataguía y soldar la pequeña ventana como en el caso anterior

En la soldadura de una plancha de reparación con un tramo de acero “teja” o un anillo, se comprobará el espesor y calidad de acero de la pieza y de la tubería, esto para verificar que no sea insuficiente, ni excesivo (sin exceso de sol-

dadura sobre un espesor pequeño de plancha en el tubo).

Es importante medir el perímetro de la tubería con una cinta métrica a fin de obtener (por cálculo) el diámetro, este valor se requiere para seleccionar la pieza de reparación que mejores resultados ofrezca.

Realizada la reparación proteger la tubería con recubrimientos exteriores (iguales o similares a tubería original). También, acondicionar y tapar el tramo reparado para evitar posteriores fugas por inadecuadas prácticas de obra civil.

Ilustración 1.25 Soldadura exterior ([www.voestalpine.com](http://www.voestalpine.com))



## 1.8.1. REPARACIÓN SIN CORTE DE TUBERÍA

### 1.8.1.1. Con piezas mecánicas

Si el daño en la tubería es pequeño y no se puede reparar mediante soldadura (algunas normas no permiten reparar con soldadura el material base), se puede utilizar una abrazadera mecánica apropiada para la dimensión de la fuga y presión nominal de la tubería instalada.

Estas abrazaderas provistas de una junta interior garantizan una hermeticidad total al realizar el apriete de los tornillos. Su exterior generalmente fabricado en acero inoxidable o recubierto con pintura de protección evita problemas de corrosión.

El uso de las piezas de reparación se debe realizar de acuerdo con las especificaciones de cada fabricante.

### 1.8.1.2. Mediante soldadura

Si no exista presencia de agua, se puede realizar la reparación de la tubería de acero mediante la soldadura de un tramo de plancha de acero “teja” o un anillo de acero. El procedimiento es el siguiente:

1. Eliminación y limpieza de recubrimiento externo, con especial cuidado alrededor de la zona afectada, quitar recubrimiento hasta dejar descubierto el metal (dejar completamente limpio)
2. Preparación de tramo de placa (“teja” o “anillo”) de acero con calidad adecuada y grosor suficiente para soportar la soldadura y la presión de trabajo cuando sea

acoplado y soldada por un soldador especializado

3. Comprobación de la soldadura con diferentes sistemas. La comprobación de soldadura se hará mediante líquidos penetrantes, partículas magnéticas, radiografiado y ultrasonidos. En caso de no disponer de estos sistemas, poner en servicio la tubería y comprobar la existencia de alguna fuga. Si se observará alguna fuga por la soldadura, se descargará la tubería y se procederá a la reparación de la fuga
4. Una vez comprobada la hermeticidad de la tubería se protegerá nuevamente con el mismo o similar recubrimiento exterior que la tubería original (compatible al original)
5. Posteriormente se realizará el control del recubrimiento por los procedimientos recomendados y finalmente realizar la obra civil que permita un adecuado tapado de la zona donde se realizó la reparación

No es raro que en reparaciones realizadas por un lado o zona inferior de la tubería debido a un mal cierre de válvulas maniobradas para aislar la fuga se presente un pequeño caudal de agua que impida la reparación con soldadura.

Ante esta situación, se recomienda la comprobación del estado y funcionamiento de los elementos en la tubería (tomas, válvulas, etc.). La experiencia de los operadores de campo y soldadores es muy importante para que las reparaciones se realicen correctamente.

Para verificar y en su caso eliminar la presencia de agua en los puntos de soldadura se recomienda:

- Verificar el cierre correcto de las válvulas
- Ampliar la zona de aislamiento de la tubería (cerrar, si el servicio lo permite, otras válvulas de la red)
- Abrir los desagües, tomas, válvulas existentes, aguas arriba para que no llegue el agua al punto de trabajo
- Introducir un globo neumático (al inflarlo, obstruya y pare el aporte de agua)
- Hacer un tapón dentro del tubo y de ser necesario extraer el agua utilizando una bomba. En ocasiones se requiere hacer una ventana por la parte superior del tubo que posteriormente debe ser sellado también por soldadura

En caso de no lograr la reparación de la tubería mediante este procedimiento, se deberá utilizar alguno de los sistemas de reparación con piezas mecánicas.

## 1.8.2. REPARACIÓN CON CORTE DE TUBERÍA

### 1.8.2.1. Con piezas mecánicas

En casos de sustituciones de segmentos de tubería o tramo de tubo, se debe introducir en la conducción de acero un tramo de tubo (carrete) compatible con el original. Las piezas que se utilizan son acoplamiento multidiámetro y la metodología de montaje la especificará el proveedor.

### 1.8.2.2. Mediante soldadura

La reparación con soldadura exige que no haya presencia de agua, en caso de haberla, se deberá parar aporte de agua. Si no fuera posible, hacer

la reparación utilizando otro sistema con piezas mecánicas.

Resuelto el problema de presencia de agua, se reparará la tubería de acero según el siguiente protocolo:

1. Descubrir la zona afectada
  2. Cortar la tubería. Se eliminará con cuidado el recubrimiento (si lo tuviese), hasta dejar descubierto el acero (dejando perfectamente lijado y limpio)
  3. Marcar y cortar perpendicularmente al eje de la tubería
  4. Los tubos de acero a soldar o tuberías a reparar pueden presentar entre otros, defectos y condiciones de suciedad, que exigen tratamiento de eliminación o limpieza según sea el caso. En función de la situación, la Tabla 1.9 resume las técnicas de tratamiento
- En todas las situaciones se exige un limpiado minucioso y efectivo que asegure no tener agua o situaciones de humedad
5. Cortar y retirar el tramo de tubería dañada, se sustituirá con un tramo nuevo de tubo de características similares a la tubería existente
  6. El responsable de la reparación contará con los planos detallados del tubo y accesorios de acuerdo a las condiciones del montaje, además de otras condiciones complementarias que se consideren necesarias para una correcta reparación, como pueden ser:
    - a. Planos acotados de tubos
    - b. Detalles de construcciones
    - c. Listado y descripción de los materiales utilizados
    - d. Normas y especificaciones para la ejecución de los trabajos



Tabla 1.9 Situaciones en tuberías de acero y técnicas de tratamiento

Situación	Técnica de tratamiento
Polvo y suciedad	Lavar con agua y/o detergente. En ocasiones es necesario hacerlo con agua a presión o vapor
Inclusiones de partículas de hierro	Tratamiento de la superficie con solución de ácido nítrico al 20% y lavado con agua. Aplicación de prueba o test del ferroxilo. (Si el hierro está aún presente) Tratamiento de la superficie con solución de ácido nítrico (10%) y ácido fluorhídrico (2%), y lavado con agua. Aplicación de prueba o test del ferroxilo. (Si el hierro está aún presente). Repetir si es necesario. Las trazas del test del ferroxilo se limpian con agua, ácido nítrico o acético diluidos.
Áreas oxidadas	Tratamiento de la superficie con solución de ácido nítrico al 20%. Aplicación de prueba o test del ferroxilo y lavado con agua o ácidos nítrico o acético diluidos
Rugosidades	Pulir con un abrasivo de grano fino y lavado con agua.
Aceite y grasa	Eliminación mediante solventes o limpiadores alcalinos
Residuos de adhesivos	Eliminación mediante solventes, pulido con abrasivo de grano fino y lavado con agua.
Pintura y tiza.	Lavado con agua o limpiadores alcalinos

7. El acero utilizado en la fabricación del carrete a sustituir, deberá ser compatible con el tipo de acero de la tubería
8. Para asegurar un perfecto ajuste al tubo y una buena soldadura, en la colocación de anillos, soldar 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
9. Todos los materiales usados en la reparación se deberán controlar de acuerdo con las normas de referencia que sean de aplicación a las técnicas utilizadas
10. 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 circumferencial
11. Todas las soldaduras serán realizadas por soldadores calificados con experiencia en los métodos y materiales a usados. El procedimiento de soldadura será por arco con electrodos revestidos
12. 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 por el espesor chapa
13. 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
14. A menos que sea indicado lo contrario o las circunstancias lo exijan así, las soldaduras “in situ” se realizarán por el exterior del tubo
15. Tanto en tuberías soldadas abocardada como soldadas 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 con-

ducción principal (por medio de amoladora) como en el carrete que puede venir preparado de fábrica

### ***Procedimiento de soldadura***

1. Considerar la calidad del material base (para definir el material de aportación). También determinar el diámetro y espesor de la tubería
2. El diámetro de los electrodos, la velocidad e intensidad de soldadura se deberán adaptar al espesor de los tubos. El aporte de calor (intensidad de soldadura) también dependerá de la calidad del acero
3. Respecto al tipo de electrodos se debe tener en cuenta la posibilidad de utilizar un solo tipo de electrodo celulósico o 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
4. 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
5. Es conveniente precalentar entre 80 y 100 °C para evitar tensiones elevadas, pero nunca con soplete oxiacetilénico. Se puede usar antorcha de propano y la utilización de un electrodo celulósico. Para el resto de pasadas se puede utilizar un electrodo básico y los mismos también deberían ser ascendentes; entre la primera y segunda pasada no dejar de transcurrir más de 5 minutos
6. No se deberá soldar sobre zonas con pintura, otros tipos de protección o suciedad
7. En la comprobación del corte de tubería (para sustituir por “carrete”) verificar sobre escuadra que todos los puntos del chaflán estén en un mismo plano
8. La separación de bordes entre tubería y tubo sustituyente “carrete” deberá estar entre 1.5 y 2 mm comprobándose mediante láminas de espesor conocido
9. Si los trabajos se realizaran al interior de la tubería se deberán garantizar todas las medidas de seguridad necesarias (detector de oxígeno, ventilador, suministro de oxígeno personal). Se podrá acceder por una boca de hombre si ya existe o si no es así, se realizará una ventana o se colocará un tubo con registro de hombre (DN = 600 mm). Posteriormente se cerrará la ventana
10. Comprobación de la soldadura, la comprobación se realizará por medio de diferentes métodos como líquidos penetrantes, partículas magnéticas, radiografiado o ultrasonidos. Si no se dispusiera de ninguno de estos métodos para realizar la comprobación se pondrá en servicio la tubería y se comprobará visualmente si existen fugas. Si se observase alguna fuga en la soldadura, se descargará la tubería y se aplicará el procedimiento de reparación
11. Recubrimiento, se deberá reponer el revestimiento conforme a las indicaciones del producto, debiendo controlar el espesor de dicho revestimiento
12. No se deberá poner la tubería en operación hasta no estar comprobada la correcta reparación

(Ver anexo A)

### **1.8.3. REVESTIMIENTO DE TUBERÍA**

Como protección contra la corrosión de la tubería existen diversos productos de recubrimiento para uso tanto interno como externo, así como en las aplicaciones de rehabilitación



a) Preparación de tubería para instalación, posterior a la elaboración del corte, bisel y limpieza



b) Ajuste y alineación del tramo a unir



c) Soldadura por personal calificado



d) Unión soldada mediante anillo de refuerzo

en el campo para la protección de las juntas soldadas. Con ello se busca extender la vida útil esperada del de la conducción y garantizar una adecuada operación. Existen diversos tipos de productos de recubrimiento, tanto para interiores como para exteriores.

De forma general los recubrimientos internos proporcionan protección contra:

- Corrosión para interiores de tuberías de conducción de acero
- Protección de soldadura perimétrica

Por su parte los recubrimientos externos proporcionan protección para las tuberías de conducción de acero subterráneas o submarinas contra:

- Agua salada, Agua residual, el ambiente petroquímico y otros ambientes rigurosos
- Minimizan los daños durante los trabajos de reparación

A continuación se presentan algunos tipos de recubrimiento disponibles para conducciones de acero.

#### 1.8.3.1. Pinturas epoxis: pintado exterior y/o interior

Se debe atender las indicaciones del cliente, cláusulas del contrato o normativa que aplica en el pintado de tuberías. Fundamentalmente atender lo siguiente:

- Comprobar que toda la zona de reparación y adyacente esté limpia y uniforme.
- Lijar, pulir, limpiar y preparar la zona para aplicar un nuevo recubrimiento (con pintura)
- La aplicación de la pintura se realizará utilizando la técnica más adecuada (por ejemplo, rodillo) cubriendo completamente la zona y procurando dejar un espesor húmedo adecuado al tipo de protección original
- La pintura deberá secar adecuadamente, según ficha técnica de especificaciones.
- La tubería reparada deberá tener un terminado con las mismas condiciones que el pintado de la tubería original

#### 1.8.3.2. Polietileno

El método de reposición depende del tipo de daño ocasionado a la tubería.

Las irregularidades y daños que se pueden producir en los recubrimientos durante el proceso de reparación (cortes, montajes, soldadura, aprietes, etcétera) pueden ser:

- Porosidades o agujeros no visibles
- Incisiones o grabados en el revestimiento (visibles y no visibles), producto de errores en la manipulación y choque
- Cortes
- Desprendimientos

Dependiendo del tipo de daño, magnitud y número de defectos, el recubrimiento de la tubería consistirá en una limpieza total y posteriormente el revestimiento.

La reposición puede hacerse con:

- Aportación de PE
- Parche
- Cople termo retráctil
- Combinación de las soluciones anteriores

#### 1.8.3.3. Reposición con aportación de PEAD

- 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
- Aplicación de PE. Mediante el calentamiento de una varilla (composición de PE), se fusiona y aplica en la zona (rellenando con apoyo de una espátula)
- Enfriamiento de la zona tratada
- Comprobación de la reposición mediante un detector de poros a 25 kV

#### 1.8.3.4. Reposición con parche

El sistema consiste en dos componentes: masilla (mastic) de relleno aplicado en caliente y mediante 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, etcétera)



- 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
- Comprobación de la reposición mediante un detector de poros a 25 kV

#### 1.8.3.5. Reposición con cople y cople termorretráctil:

El método se aplica para carretes cerrados o carretes abiertos y consiste en lo siguiente:

- Limpieza y eliminación total de cuerpos extraños
- Preparación de la superficie (por medio de cuchillas afiladas, muelas de esmeril, etcétera)
- Biselado de las extremidades de la zona a tratar
- Llenar la cavidad con masilla-mastic
- Aplicación del cople [cerrado para diámetros menores de 10" (254 mm) y abierto para diámetros igual a la circunferencia de la tubería más una longitud de solape (80 a 100 mm) de cierre sobre sí mismo y perfectamente centrado].
- Fijar el cople adhiriéndolo con un rodillo o un guante
- Extraer las eventuales burbujas de aire

- Calentar el cople con la antorcha de gas alrededor del mismo uniformemente. Una buena aplicación se evidencia por la salida del mastic alrededor del borde del cople
- Comprobación de la reposición mediante un detector de poros a 25 kV

#### 1.8.3.6. Cintas plásticas aplicadas en frío polietileno: Reparación con cinta (PEAD y PVC)

Las cintas plásticas son bandas, están compuestas por un soporte de PEAD o PVC estabilizado y de densidad media. Están recubiertas por una o ambas caras de 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 las otras dos son de protección mecánica.

Estas cintas tienen las mismas exigencias de aplicación que las exigidas al recubrimiento aplicado en fábrica.

Su aplicación consiste en:

1. Limpieza de la superficie a proteger
2. Aplicación de una capa de imprimación sobre la superficie limpia de la tubería (acero)
3. Una vez seca la imprimación, aplicar la cinta mediante enrollamiento helicoidal

con un 50 por ciento de solape, con tensión uniforme y evitando la formación de arrugas

4. Comprobación de la reparación mediante un detector de poros a 25 kV

La Ilustración 1.27 muestra un ejemplo de aplicación de cintas de polietileno sobre una tubería.

#### 1.8.4. SISTEMA DE REPARACIÓN POR UNIÓN MEDIANTE BRIDAS

Cuando no es posible realizar reparaciones mediante soldaduras se pueden utilizar bridas para la unión de la tubería y los tubos de reparación.

En sustituciones de tramos mediante “carrete” con bridas (Ilustración 1.28), o bien tramos de tubo unidos con bridas (por ejemplo tubería autoportante), 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 dirección opuesta.

Ilustración 1.27 Aplicación de cintas de polietileno (comunidadpipeline.blogspot.com)



## 1.9. SISTEMA DE REPARACIÓN EN TUBERÍAS DE FIBRA DE VIDRIO

Las situaciones que derivan a la reparación de una tubería de fibra de vidrio son las siguientes:

- Rotura de la pared estructural de la tubería
- Fuga en las uniones

Si una tubería presenta una fisura en su superficie externa, no se considera daño estructural y no se requiere reparación, salvo que se trate de una instalación aérea exterior, en cuyo caso, la reparación se puede lograr mediante aplicación de resina.

Daño estructural es considerado cuando hay afectación sobre la estructura de la pared de la tubería; es decir, cuando se han producido: grietas, oquedades, cortes, separación de capas, agujeros, desprendimiento de fibras, etcétera.

Por la naturaleza propia de su composición, cuando se presentan este tipo de daños, la úni-

Ilustración 1.28 Unión mediante bridas (miraquehacemos.wordpress.com)



ca alternativa de reparación es la eliminación de la zona dañada. Por lo tanto, dos operaciones a realizar en una reparación de tubería de fibra de vidrio son el corte y la eliminación de la zona dañada (carrete de tubería dañada). Nunca se debe reparar directamente sobre la zona dañada estructuralmente.

La eliminación de un tramo de tubería deberá ser sustituida mediante la incorporación de un carrete de tubo nuevo.

Esta operación en general debe seguir el siguiente procedimiento:

1. Identificar la zona dañada y medir los diámetros de la tubería y tramo de tubo a unir
2. Cortar el segmento de tubo para la reparación de la zona dañada (dejar un aproximado de medio metro a cada lado para asegurar una reparación completa de la zona dañada). Este corte deberá realizarse perpendicularmente al eje de la tubería utilizando un disco diamantado adecuado

3. Insertar (unir) el nuevo segmento de tubo de igual o superiores características (PN), esta unión se realiza mediante sistemas de carretes estándares de fibra de vidrio o carretes mecánicos

Biselar la boca del tubo con un disco de carburo y pintar con resina todo el espesor del tubo cortado para sellar correctamente toda la zona, es considerada una correcta operación y buena práctica, que en ningún caso se deberá rebajar el diámetro del tubo.

### 1.9.1. REPARACIÓN SIN CORTE DE TUBERÍA

Cuando el daño en la tubería es pequeño, se recomienda corte y sustitución de tubería, aunque existe la posibilidad de repararse sin necesidad de corte de tubería, utilizando una abrazadera flexible de reparación atendiendo las indicaciones y especificaciones del fabricante.

### 1.9.2. REPARACIÓN CON CORTE DE TUBERÍA

#### 1.9.2.1. Con abrazadera flexible de acero inoxidable

Este procedimiento de reparación puede hacerse mediante el uso de abrazaderas flexibles de acero inoxidable compuestas de uno o más sectores para facilitar la reparación.

Estas piezas de acoplamiento no deben desmontarse antes de su uso, se puede aflojar (con lu-

bricante de juntas) la tensión de las tuercas para facilitar la entrada a la tubería

#### 1.9.2.2. Reparación con cople mecánico rígido

El uso de otro tipo de acoplamientos mecánicos tipo Gibault debe realizarse con suma precaución respetando las condiciones de uso del fabricante de tuberías para evitar que un exceso en el par de apriete conduzca a la rotura o deformación circunferencial de la tubería.

#### 1.9.2.3. Reparación con cople estándar de fibra de vidrio

Esta reparación se realiza utilizando un tubo del mismo material, se podrá emplear otro tubo de material diferente siempre y cuando sus características de resistencia sean iguales o superiores y su diámetro sea compatible.

El procedimiento mediante uso de carretes estándar de fibra de vidrio es:

1. Identificar y eliminar toda la zona dañada mediante un corte seccional de la tubería dañada. El corte debe ser perpendicular y se deberá realizar en ambos extremos, un chaflán como el que presenta el tubo fabricado
2. Medir el espacio que ocupara el carrete de cierre de la reparación. La longitud del carrete no deberá ser más corta de 40 mm que la del espacio medido
3. 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 cople sin tope central de montaje. Medir la profundidad del cople y a partir del extremo de los tubos instalados o del carrete a unir, marca una distancia equivalente a la mitad de la anchura del cople
5. 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 carretes bien en el extremo del tubo
7. Colocar el carrete de forma centrada a fin de que quede el mismo espacio libre entre el tubo insertado y los tubos adyacentes
8. Lubricar los extremos de los tubos adyacentes tras haberlos limpiado a fondo
9. Colocar el carrete en su posición final y deslizar los carretes sobre los tubos adyacentes hasta alcanzar la marca que indica el límite. De ser necesario se puede utilizar un polipasto, malacate o garrucha para carretes
10. Compactar el material de relleno alrededor del carrete, esto es muy importante, a menudo el área del tubo de cierre es sometida a una sobre excavación para facilitar el acceso. Seguir siempre las normas de instalación a este respecto. No se debe rellenar con materiales arcillosos ni con concreto ya que se pueden producir asentamientos posteriores que demandaran tomar medidas adicionales de reparación y/o mantenimiento



#### 1.9.2.4. Reparación con junta laminada/ reconstrucción

Las tuberías de fibra de vidrio ofrecen otras alternativas de reparación. Una de ellas consiste básicamente en la utilización de juntas laminadas.

Esta forma de reparación es factible (en algunos casos), pero se debe realizar bajo la supervisión del fabricante de la tubería. Las tuberías de fibra de vidrio están fabricadas por distintas técnicas de elaboración, de ello depende la factibilidad de la reparación mediante laminación. Por ello, sin tener los conocimientos relacionados a su fabricación puede ser altamente peligroso realizar este tipo de reparaciones.

Nunca se debe emplear este tipo de reparación en presencia de agua. Deben respetarse los tiempos de endurecimiento de la resina, situación a tomar en cuenta al valorar la afectación en el restablecimiento de servicio.

En la Ilustración 1.29 se muestra la aplicación de este método sobre una tubería .

#### 1.9.3. FUGAS EN LAS UNIONES

Este tipo de fuga, se detecta en la fase de prueba hidráulica de la línea después de su instalación. Se puede producir por oclusión de gravilla, piedras u otro elemento abrasivo 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.

Una forma fácil de reparar este tipo de fuga es cortando el cople estándar de fibra de vidrio que

aloja la junta de unión entre los dos tubos y sustituirla por un cople mecánico flexible con dos o más cierres. En función del diámetro de la tubería existen juntas con un número distinto de sectores que permiten una adaptación perfectamente a los tubos ya instalados.

El corte del cople de unión se realizará con una radial con disco diamantado tomando las medidas oportunas que eviten dañar el tubo de base con el propio disco. El cople se cortará en dos o tres segmentos para facilitar su desmontaje. Una vez fuera, se procederá a limpiar los extremos de la tubería para eliminar todo tipo de contaminación y se procederá al montaje de la pieza nueva de unión que deberá abrirse para abrazar el tubo.

#### 1.10. SISTEMA DE REPARACIÓN EN TUBERÍAS DE POLIETILENO (PEAD)

Según el daño en una tubería de polietileno (PEAD) es el tipo de reparación. Para pequeñas roturas o agujeros (que no requieren sustitución de tubería), se pueden realizar reparaciones rápidas y duraderas utilizando carretes autoblocantes partidos y acoplamientos flexibles autoblocantes de acero inoxidable. No obstante, también pueden utilizarse abrazaderas de reparación o acoplamientos flexibles de acero inoxidable para polietileno, este tipo de reparaciones son de carácter provisional y se deben prever problemas de acoplamiento por contracciones del tubo.

Si es necesaria la sustitución del tramo de tubería dañada se recomienda utilizar carretes electrosoldables (lo que evita uso de juntas me-



cánicas). Esta solución, exige que en el punto de soldadura de los carretes electrosoldables no exista presencia de agua (imposible es realizar correctamente la soldadura si hay agua). También, se requiere maquinaria específica para realizar la soldadura en los carretes electrosoldables. Por ello, otra alternativa de reparación puede ser mediante acoplamientos autoblocantes o acoplamientos flexibles de acero inoxidable autoblocantes (en este caso, no es necesario que sean piezas partidas ya que al cortar la tubería se pueden introducir a esta).

Aunque la recomendación es reparar utilizando tubería del mismo diámetro, en el mercado actual existen acoplamientos autoblocantes que permiten hacer la reparación con tubo de polietileno de distinto diámetro al existente.

#### 1.10.1. REPARACIÓN SIN CORTE DE TUBERÍA

Cuando la fuga en la tubería es pequeña (daño por perforación con maquinaria, agujero o pequeña fisura) se pueden hacer reparaciones mediante una pieza de reparación mecánica ade-

cuada para la dimensión de la fuga y la presión nominal de la tubería. Dado que no se realiza corte de tubería, la pieza de reparación debe ser tipo partida o bien permitir su desmontaje con el fin de que pueda ser acoplada a la tubería. Dependiendo del tipo y dimensiones de la pieza, así como del tipo de fuga se pueden utilizar en las reparaciones tramos de tubería de hasta 30 centímetros de longitud. Estos sistemas de reparación son relativamente rápidos, una vez descubierta la tubería se instala la pieza de reparación, suspendiendo el servicio por un periodo de tiempo corto, incluso en ocasiones sin tener que realizar la suspensión del servicio.

En este tipo de reparaciones se debe comprobar que la fisura o agujero no se extenderá longitudinalmente a lo largo de la tubería. Si se observase la posibilidad de ocurrencia, se deberá cortar el tramo de tubería de la parte dañada y proceder a realizar la reparación mediante un sistema de reparación con corte de tubería. Estas piezas están provistas de una junta interior (elastómero) que garantiza una hermeticidad 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 abrazadera autoblocante partida es la que se recomienda para este tipo de reparación.

Ilustración 1.30 Abrazadera autoblocante partida (www.gaorun-fitting.com)



Las abrazaderas de reparación, flexible de acero inoxidable y partida pueden usarse de manera provisional ya que no son autoblocantes.

### 1.10.2. REPARACIÓN CON CORTE DE TUBERÍA

Si la fuga en la tubería es de una dimensión considerable, la reparación se realizará mediante la sustitución del tramo de tubería dañado. Se seccionará el tramo de tubería dañado y se sustituirá por un tramo nuevo. En función de la longitud afectada y según las posibilidades de maniobrabilidad, se procederá a la unión del nuevo tramo de tubo con la tubería existente utilizando diversas técnicas.

En sustituciones de tramo de tubería dañado se recomienda utilizar sistemas que eliminen las juntas mecánicas. Lo más recomendable para

este tipo de reparaciones es utilizar carretes electrosoldables. La limitante de este sistema es que en presencia de agua en el punto de soldadura, imposible es utilizarlo. Además se requiere de maquinaria específica para realizar la soldadura.

El sistema de soldadura a tope, utilizado frecuentemente para el montaje de tubería nueva, también evita las juntas mecánicas, pero no suele ser muy utilizado ya que los tramos de reparación normalmente son de pequeña longitud. Por tanto, no se va a desarrollar este método como sistema de reparación, aunque en ocasiones (sustitución de tramos de mayor longitud) si se podría utilizar.

En caso de que el agua llegue al punto de la fuga 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 porque las piezas quedan perfectamente ancladas a la tubería sin posibilidad de desplazamiento (por la fijación ejercida por los 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 “piezas de reparación partidas”, pero si no se dispone de estas piezas, se puede también utilizar las piezas de reparación definidas en el apartado anterior (dos carretes autoblocantes partidos).

No se recomienda usar piezas de reparación no autoblocantes (abrazadera de reparación o acoplamiento flexible de acero inoxidable) ya que las características de contracción - dilatación de la tubería de polietileno podría producir en algunos casos un desacoplamiento en la tubería.

Existen acoplamientos autoblocantes multidímetro que permiten utilizar tubo de distinto diámetro y material al de la tubería dañada. Hay que comprobar en este caso que los diámetros exteriores de los tubos estén incluidos en el rango permitido de la pieza de reparación y que la pieza esté también garantizada por el fabricante para ambos materiales.

En tuberías de polietileno de pequeño diámetro (hasta 90 mm) se pueden realizar reparaciones utilizando accesorios mecánicos de compresión (carretes de reparación de latón autoblocantes).

#### 1.10.2.1. Reparación con carretes electrosoldables

Este tipo de unión es el más recomendable en la reparación de tuberías de polietileno con corte de tubería, exige no tener agua en el punto de unión, lo que en muchas ocasiones puede ser complicado. Es un método que sólo se puede utilizar en tuberías de PE80 y PE100. En otros tipos de polietileno, no es posible realizar. En situaciones con presencia de agua y/o no se disponga de equipos de soldadura o carretes electrosoldables la reparación se puede realizar utilizando acoplamiento autoblocantes o flexibles de acero inoxidable autoblocantes.

#### 1.10.2.2. Reparación con abrazadera autoblocante partida

Al tener que cortar el tubo no es necesario reparar con piezas de reparación partidas, pero si no se dispone de estas piezas, se pueden también utilizar piezas de reparación definidas en el apartado de reparación sin corte de tubería (dos carretes autoblocantes partidos). El sistema de reparación

es similar al caso anterior. La diferencia radica en que no es necesario introducir los carretes 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.

A este respecto la Ilustración 1.31 muestra un acoplamiento autoblocante para distintos tipos de tubería la cual permite, además de reparar una tubería, conectar tramos de distintos materiales. En el caso de tuberías plásticas, se puede utilizar un cople electrosoldado como el que se muestra en la Ilustración 1.32.

#### 1.10.2.3. 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 e incrementa su costo. Se necesitan por tanto 4 bridas universales, siendo necesario que los dos cabos extremos de unión con la tubería de polietileno se unan con carretes electrosoldables o soldadura a tope. En situaciones de 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 la condicionante es que la otra pieza brida sea adecuada para dicho material.

#### 1.10.2.4. Cople tope brida polietileno y brida loca

La unión más generalizada para obtener el embridado es mediante cople tope brida de PE y brida loca. El cople tope brida se une al tubo



Ilustración 1.31 Acoplamientos autoblocantes para distintos tipos de tubería

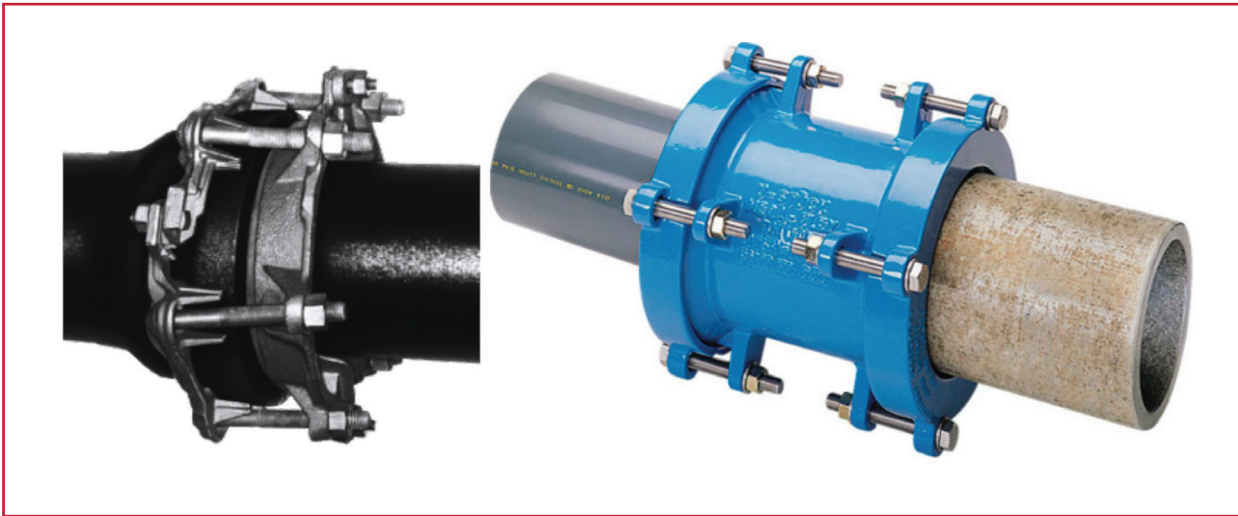


Ilustración 1.32 Ejemplo de cople electrosoldable (www.hdpesupply.com)



mediante soldadura a tope o electrosoldadura. Tiene inconveniente de que no se puede hacer con presencia de agua (ver Ilustración 1.33).

#### 1.10.2.5. Cabo extremo universal autoblocante

Es similar al acoplamiento autoblocante (anti-tracción) pero con salida en brida (ver Ilustración 1.34).

Sistema de reparación mediante cople de reparación autoblocante (enlaces mecánicos). Este tipo de uniones están principalmente indicados para tuberías de hasta calibre D90 mm aproximadamente. Estas piezas pueden ser plásticas; sin embargo, ofrecen 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.

Ilustración 1.33 Carretes tope brida + brida loca metálica



## 1.11. SISTEMA DE REPARACIÓN EN TUBERÍAS DE POLICLORURO DE VINILO (PVC)

Existen dos tipos de tuberías de PVC (PVC-U y PVC-O), se diferencian en su proceso de fabricación y coeficiente de dilatación.

El tipo de reparación a realizar sobre la tubería de PVC dependerá del daño producido. Las reparaciones en tuberías de PVC-O presentan la misma metodología que las tuberías de PVC-U.

La tubería de PVC pese a ser plástica tiene un coeficiente de dilatación bastante inferior que tubería de PE, por lo que las contracciones y dilataciones se pueden absorber por la pieza de reparación y en las uniones entre los tubos cuando la tubería es conectada. Por ello, se plantean sistemas de reparación similares a los utilizados en tuberías rígidas con bajo coeficiente de dila-

Ilustración 1.34 Cabo extremo universal autoblocante



tación utilizando piezas no autoblocantes. En el caso de que el montaje sea de unión pegada se puede plantear el uso de piezas autoblocantes.

### 1.11.1. REPARACIÓN SIN CORTE DE TUBERÍA

Este tipo de reparación es poco frecuente, se debe comprobar rigurosamente que la fisura o agujero no va a extenderse longitudinalmente. Ante cualquier duda, proceder a un procedimiento de corte de tubería de la zona afectada.

Si la fuga es pequeña y está localizada se puede reparar mediante una abrazadera mecánica adecuada para la dimensión de la fuga y la presión nominal de la tubería.

La pieza a utilizar se recomienda sea una abrazadera partida, o bien otra que permita su desmontaje a fin de que se pueda acoplar a la tubería sin necesidad de cortarla. Estas abrazaderas están provistas de una junta interior que garantiza una hermeticidad total al realizar el apriete de los tornillos. El exterior generalmente fabricado

en acero inoxidable o fundición con pintura de protección evita problemas de corrosión. El uso de estas piezas de reparación debe ser de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

### 1.11.2. REPARACIÓN CON CORTE DE TUBERÍA

El modo de proceder en la reparación será función de la magnitud la fuga (puede ser puntuales).

En sustituciones de un segmento de tubo o tramo de tubo completo en tuberías de PVC, se deberá utilizar el mismo material de PVC.

Si se utiliza otro tipo de material, las piezas de reparación serán acoplamiento multidímetro y la metodología de montaje será de acuerdo con las especificaciones del fabricante.

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

- Cople doble copa de PVC
- Acoplamiento multidímetro

También pueden utilizarse las piezas de reparación especificadas en el punto anterior (sin corte de tubería).

### 1.12. REPARACIÓN DE TUBERÍAS DESDE SU INTERIOR

Las reparaciones puntuales de la tubería se ejecutan normalmente abriendo una zanja en el punto dañado y reparando la tubería desde el exterior. En determinadas circunstancias no es

posible accederse al punto dañado, por tanto, es necesario hacer la reparación sin la apertura de una zanja; es decir, desde el interior de la propia tubería. En colectores de agua residual esta operación es sencilla, se procede desde los pozos de registro; sin embargo, las tuberías de redes de agua no están diseñadas para estas operaciones, en tanto, se debe abrir una zanja en una zona accesible, lo más próxima a la fuga, introducir los equipos de reparación y desplazarlos por el interior de la tubería hasta el punto dañado.

### 1.12.1. REPARACIÓN MEDIANTE BANDAS DE HERMETICIDAD Y ANILLOS EXTENSIBLES

Cuando el punto de la tubería es visitable, este tipo de reparación se puede aplicar para reparar uniones defectuosas. Se sella la junta o zona afectada mediante un elastómero que se sujeta a la tubería mediante dos anillos de acero inoxidable extensibles que presionan al tubo mediante una cuña impulsada hidráulicamente (Ilustración 1.35). El mercado actual ofrece carretes de diversas marcas y dimensiones (hasta una anchura de 0.5m). Si es posible solapar dos

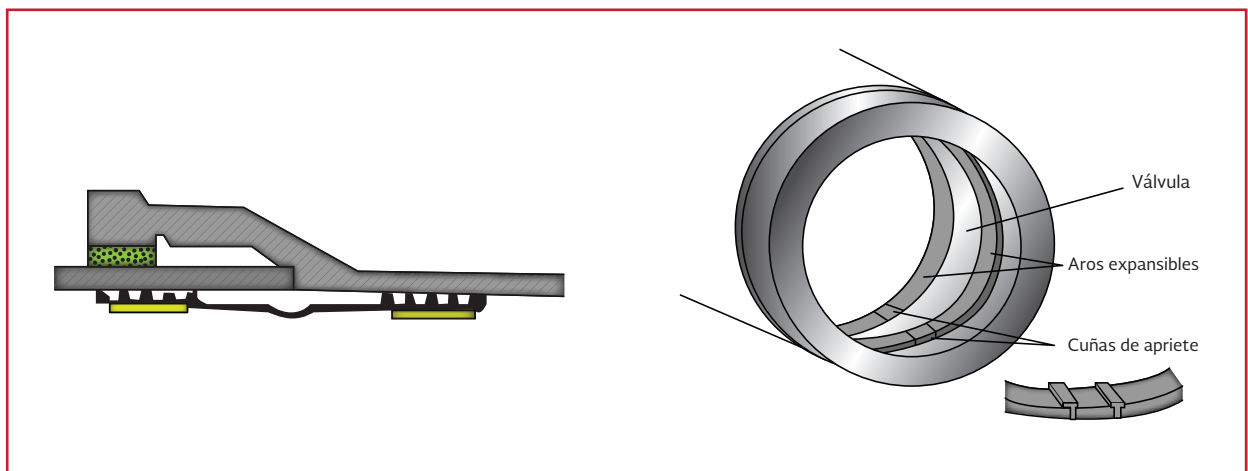
puede impermeabilizarse una zona de mayor longitud. Los carretes estándar soportan hasta 20 bar de presión interna. Para presiones superiores, caso poco frecuente, se deberá hacer pedidos especiales. Es un sistema muy utilizado y relativamente económico pues los accesorios de montaje son sencillos y basta un par de instaladores especializados.

Se describen ahora tres métodos de reparación de tuberías muy usuales en colectores de aguas 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 puede operar en pequeños diámetros, inyectando diversos tipos de resinas en las pequeñas fisuras. Si la fisura es importante y/o la presión alta, hay que tomar precauciones antes de aplicar este sistema.

El mecanismo de revestimiento plástico se acopla a un robot de relleno, que se posiciona dentro de la tubería y cercano al punto a rehabilitar

Ilustración 1.35 Bandas de hermeticidad y anillos extensibles





(Ilustración 1.36). Otros sistemas repararán la tubería colocando encamisados con una chapa de acero o una manga de polietileno previamente tratadas con resina epoxi para ser pegadas en el interior, este método es adecuado para fisuras considerables pero para poca presión de servicio.

Ilustración 1.36 Robot multifunción (www.dnk-water.com)



Estos procedimientos se encaminan a reparar desde una fuga puntual hasta el caso de mejorar todo el tramo dañado, sin embargo para reparaciones de emergencia no programadas, se puede dificultar la ejecución de alguno de estos procedimientos por falta de disponibilidad de los equipos.

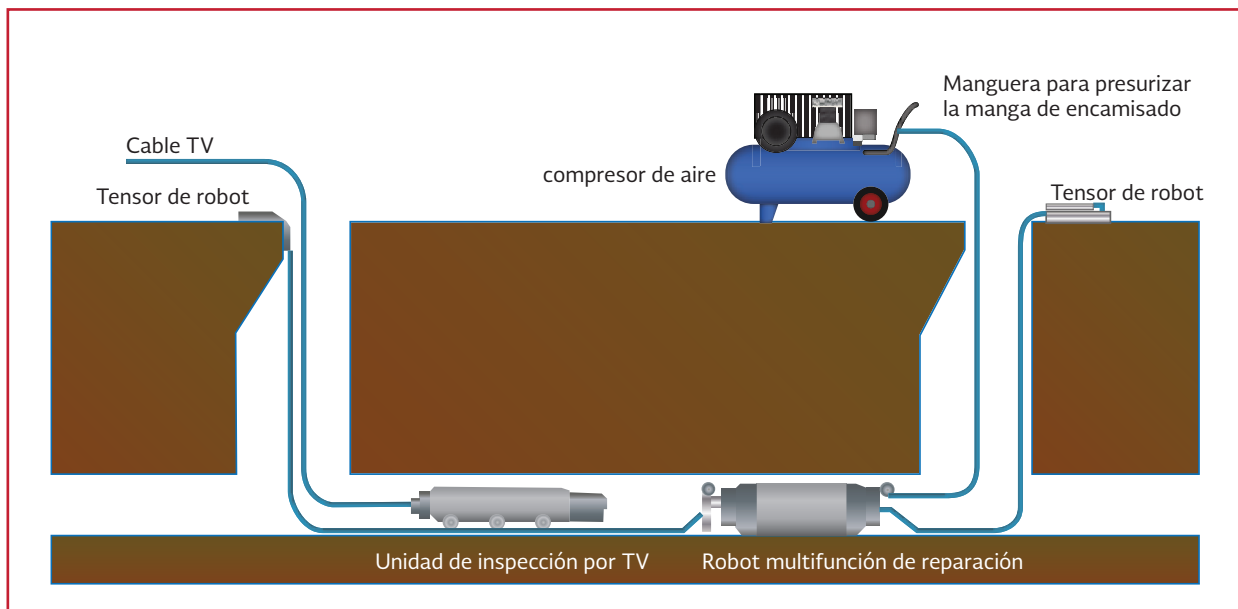
Para ejecutar una reparación con un robot multifunción, se debe definir el punto o tramo a rehabilitar; deben definirse dos puntos accesibles a ambos lados del sitio de reparación y abrir una zanja en cada uno (Ilustración 1.37). Siempre se debe realizar una limpieza previa de la pared interior de la tubería a reparar, limpiando con procedimientos mecánicos, o bien con agua a alta presión (de 200 a 1 000 bares en función del tipo de tubería y del nivel de incrustaciones).

### 1.12.2. ENTUBADO

Se trata de colocar un tubo nuevo en el interior de una tubería dañada. Es un sistema poco exigente en relación a la calidad de la limpieza que se debe realizar previo a la reparación.

En una emergencia la reparación podrá utilizar el entubado simple, que es un método que consiste de introducir en el interior de la tubería dañada un tramo de tubo nuevo de diámetro exterior ligeramente inferior al diámetro

Ilustración 1.37 Esquema de trabajo de un robot multifunción (adaptado de AEAS A, 2009)



tro interior de la tubería a reparar (Ilustración 1.38). Esto se consigue mediante unas mordazas y un elemento de tracción. El desplazamiento interior exige un espacio anular entre ambos tubos. Es muy importante rellenar este espacio mediante mortero mezclado con bentonita, u otro elemento que al fraguar impida el movimiento vibratorio del tubo nuevo. En este método se pierde mayor área hidráulica, pero permite proceder sin la ayuda de equipos especiales.

En tuberías a presión es preferible la reparación mediante el entubado ajustado que es un método donde la superficie exterior del nuevo tubo está en estrecho contacto con el interior de la tubería a reparar.

Para un entubado ajustado (*close fit*) se requiere reducir provisionalmente la sección del nuevo tubo a fin de que su desplazamiento se logre con facilidad por el interior de la tubería a reparar.

Este procedimiento se realiza *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 tubería a reparar. Por medio de una mordaza, un equipo de tracción y

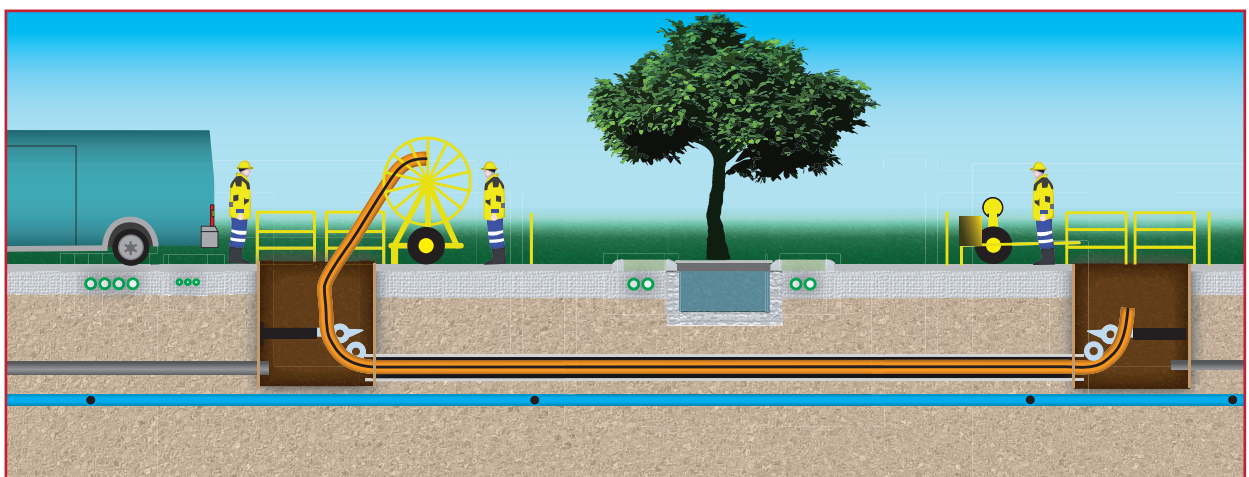
una protección en los puntos de giro, es arrastrado hasta el otro extremo. La recuperación del diámetro inicial generalmente se logra mediante presión de aire.

### 1.12.3. ENCAMISADO CURADO EN OBRA

Este tratamiento consiste de forrar la superficie interior de la tubería dañada con una camisa o manga elástica y resistente a la presión, impregnada con resina. Tras una adecuada limpieza, la manga se introduce por un extremo del tramo a reparar y a presión avanza por reversión hasta el otro extremo. Una vez colocado, procurando mantener estrecho el contacto entre la manga y el conducto, se provoca la polimerización de la resina (*cured in place*). El resultado es un nuevo tubo adaptado y adherido a la tubería original. Un robot permitirá recuperar desde el interior acometidas y conexiones intermedias. Se debe garantizar la compatibilidad de la manga frente al agua potable y presión de funcionamiento.

El tubo se deforma hasta dejarlo en forma de U, de esta manera es arrastrado por el interior de la tubería a reparar hasta cubrir el tramo pres-

Ilustración 1.38 Esquema de rehabilitación de una tubería existente mediante la técnica de close fit



tablecido y mediante una combinación de presión de aire y vapor de agua se logra recuperar la sección inicial. La Ilustración 1.39 muestra las etapas del proceso.

Otro sistema de reparación de tuberías es por sustitución (reventamiento o *bursting*). En este sistema se revienta el tramo de tubería dañada y simultáneamente se coloca en su lugar un tubo nuevo. Mediante un motor hidráulico se introducen por un costado del tramo de tubería a sustituir una serie de barras ligadas unas a otras por una unión elástica. En el otro extremo, se sujetan a un cono rompedor de diámetro superior a la tubería dañada, al que se fija también el tramo de tubo nuevo. Invertiendo el sentido de giro del motor hidráulico es arrastrado todo en conjunto. En el avance el cono rompe la tubería, empotra los tramos en el terreno circundante y arrastra simultáneamente el nuevo tubo que generalmente es de polietileno en bobina o tubos soldados (si el diámetro lo impide). Se considera que el terreno se ve afectado en una distancia de 1.5 veces el diámetro del nuevo tramo de tubo instalado (Ilustración 1.40).

### 1.13. APERTURA DEL SERVICIO

La puesta en operación de una tubería tras un vaciado parcial consiste en el proceso de llenado de

la tubería restituyendo las condiciones de presión y velocidad de funcionamiento antes del vaciado.

La operación de llenado de una tubería supone la expulsión del aire y sustitución por agua. Esta operación es crítica ya que si no se realiza en las condiciones adecuadas puede provocar nuevas fugas. La expulsión del aire se realiza a través de las válvulas de admisión y expulsión de aire.

La principal operación es determinar la velocidad de llenado en función de la capacidad de alivio de la tubería.

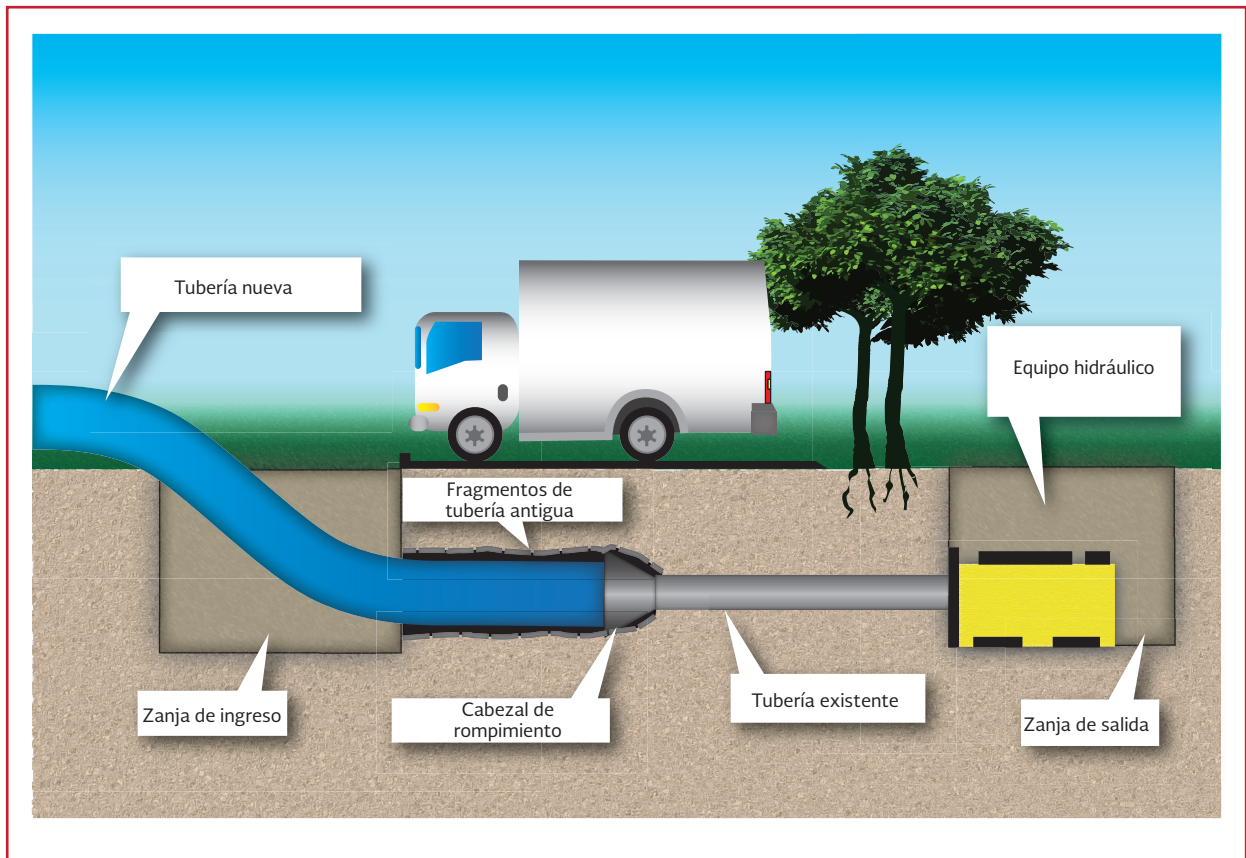
Esta velocidad de llenado inicial o de referencia se define en función de los datos facilitados por el proveedor de las válvulas instaladas e irá ajustándose conforme se proceda al llenado y se compruebe tramo a tramo la capacidad de alivio real. Los datos son proporcionados en gráficas similares a la mostrada en la Ilustración 1.41.

Para este proceso, se ubicará al personal en los puntos donde estén instaladas las válvulas 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

Ilustración 1.39 Tubo recuperado a través de encamisado (recuperado de <http://www.construnario.com>)



Ilustración 1.40 Revestimiento o bursting (adaptación de hstrial-ahayes5.homestead.com)



(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 tubería ha sido provocado por una fuga y reparada ésta, será necesario realizar una serie de tareas previas encaminadas a conseguir la limpieza y, en su caso, desinfección. En el caso de redes de menor diámetro en las que puede no existir válvulas de admisión y expulsión de aire, el llenado se realizará de forma controlada abriendo poco a poco y lentamente una válvula de la red, realizando la función de alivio las tomas domésticas de los propios usuarios o hidrantes. Cargada la tubería se comprobará que la reparación fue correcta

(sin fugas, ni goteos), se revisará la reparación y los aprietes de la tornillería.

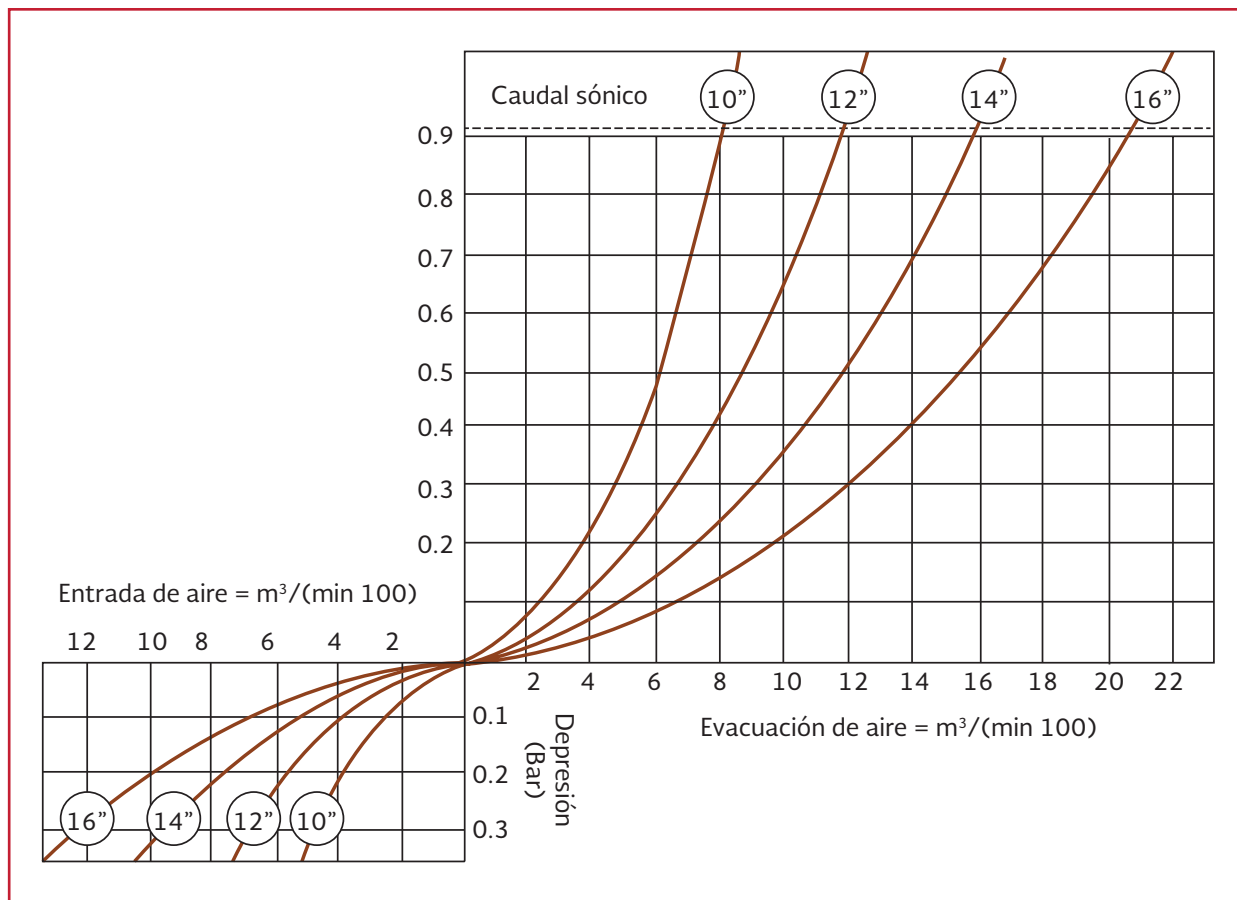
A continuación se detallan los procesos de lavado y desinfección que deben tenerse en cuenta especialmente cuando se trate de agua potable.

### 1.13.1. LAVADO Y DESINFECCIÓN

Después de la reparación y previamente al restablecimiento del servicio, es necesario volver a llenar la tubería y lavar el tramo de tubería afectado, a fin de eliminar sustancias que hayan ingresado a las tuberías durante la reparación. En el caso de redes de agua potable, el responsable de la operación previendo riesgos de contaminación, procederá a la desinfección de la tubería para garantizar la perfecta calidad del agua.



Ilustración 1.41 Ejemplos de tablas de velocidad de llenado (adaptado de AEAS A, 2009)



### 1.13.1.1. 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 calidad 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, 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 calidad del agua: grasas, pinturas de piezas, revestimientos, etcétera

El proceso de limpieza por barrido es el siguiente:

1. Llenado de la tubería en su totalidad o por tramos, dependiendo de si se dispone de puntos de descarga y de llenado
2. Realización del aseado en la tubería con 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 tubería. Con velocidades de 1 m/s se garantiza la eliminación del 80 por ciento del material sedimentado. En tuberías de gran diámetro se recomienda aseos discontinuos que son más eficientes y ahorran agua. De esta manera se consigue el arrastre de posibles elementos extraños en el interior de tuberías reparadas

3. De no ser posible la limpieza con agua por no disponer de caudal suficiente, será necesario realizar sucesivos ciclos de llenado y vaciado, buscando el máximo arrastre en cada ciclo
4. En tuberías de grandes diámetros la limpieza se puede realizar utilizando medios mecánicos, como inyección con mangueras de agua a alta presión (La presión máxima de trabajo debe ser tal que no dañe el revestimiento interior de la tubería reparada)
5. Una tubería ha quedado limpia cuando ha circulado un caudal igual o superior al de servicio, durante un tiempo mínimo o 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:

$$T = \frac{2L}{60} \quad \text{Ecuación 1.1}$$

donde:

$$T = \text{Tiempo (min)}$$

$$L = \text{Longitud del tramo que se limpia (m)}$$

Suponiendo una velocidad de 1 m/s

6. Durante la fase de arrastre se irán tomando muestras en los puntos de desagüe, por lo que se recomienda disponer de equipo portátil para medir in situ turbidez. 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:

$$T = \frac{L}{60} \quad \text{Ecuación 1.2}$$

la turbidez siga siendo inferior al valor anterior (5 UNF)

#### 1.13.1.2. Desinfección

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 usuarios agua por medio de pipas, por ello es importante que durante toda la operación de reparación se extremen medidas precautorias de contaminación no deseada 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 son las siguientes:

1. Vaciar completamente el tramo de tubería
2. Llenar la tubería con una solución de agua y cloro en 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 exceso de cloro. Se deben observar y aplicar las medidas de seguridad adecuadas para el manejo del cloro

3. Dejar 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 y cloro hacia la tubería en servicio, lo que provocaría una contaminación del agua potable por exceso de cloro
4. Transcurrido el tiempo fijado para la desinfección tomar muestras de la solución del interior de la tubería y comprobar que la concentración de cloro libre sea 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 de agua y cloro existente en la tubería. Es absolutamente necesario no dejar restos de esta solución en la tubería
6. Llenado de la tubería con agua potable y mantener la presión de servicio durante 24 horas
7. Transcurridas 24 horas, tomar muestras para analizarlas en un laboratorio acreditado. Es necesario 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: ventosas, desagües, acometidas,

toma específica, etc. Antes de tomar la muestra, dejar que salga agua en cantidad suficiente, para conseguir renovar la acumulada en la derivación. El número de muestras a tomar dependerá del número de elementos intermedios instalados, siendo la distancia máxima entre elementos de muestreo, de 200 metros. La toma de muestras las debe realizar personal calificado y experimentado utilizando los materiales y procedimientos de trabajo especialmente descritos para este fin

8. Una vez tomadas las muestras, se enviarán a la mayor brevedad a un laboratorio facultado para realizar los análisis siguientes:
  - a) Parámetros químicos
    - Si utiliza Cloro libre en la desinfección: El cloro libre residual debe cubrir un rango mínimo 0.2-0.4 ppm
    - Si utiliza Cloro combinado en la desinfección:
      1. Cloro residual total (mínimo 0.8 mg/L)
      2. Turbidez (recomendable  $\leq$  1 UNF; máximo 5 UNF)
      3. Oxidabilidad (5 mg O<sub>2</sub>/L)
  - b) 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 hasta que los resultados de los análisis

del laboratorio con la interpretación de un técnico autorizado sean iguales o inferiores a los recomendados en el apartado anterior. En caso contrario, repetir el proceso de desinfección

## 1.14. REPARACIONES DE PRIMERA MANO

### 1.14.1. AVISOS Y REPORTE DE FUGA

Los organismos operadores deberán contar con un sistema para el levantamiento de reportes y avisos de fugas por medio de:

- Reportes vía telefónica
- Reportes en oficina (atención a usuarios)
- Reportes de personal de campo

Estos reportes incluirán como mínimo la fecha, dirección, datos de usuario y descripción de la fuga (Ilustración 1.42).

Ilustración 1.42 Reporte de fuga para brigada de campo

Ilustración 1.42 muestra un formulario de reporte de fuga para brigada de campo. El formulario es del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Cuernavaca. El formulario está parcialmente completado con los siguientes datos:

- Fecha: 24/11/14
- Folio No.: 125335
- Nombre: Octavio Contreras
- Domicilio: Nueva Inglaterra 3170565
- Colonia: Lomas de Cortés
- Asunto: Eq. Pedro de Alvarado

El formulario también incluye campos para 'Observación' y 'NOMBRE Y FIRMA DEL USUARIO'.

Es importante contar en los organismos operadores con un Centro de Atención a Usuarios.

A menudo, el organismo operador recibe de fuentes externas la primera señal de problemas, como pueden ser usuarios, personal de otras dependencias, medios de comunicación; de hecho, como parte de la coordinación de la planificación de emergencia con otros organismos, cada dependencia debe recibir instrucciones sobre cómo reportar una emergencia al sistema de agua y a su vez debe indicar cómo el personal del organismo operador debe reportar, según el caso. El personal que recibe llamadas desde fuera, sobre todo por parte del público en general, necesita estar capacitado para recoger toda la información necesaria desde la primera llamada. Rara vez la persona que llama se pone en contacto por segunda ocasión. Para facilitar la tarea de notificación por parte de los usuarios, se recomienda que el organismo operador reparta formatos de notificación para que los usuarios sepan como y donde reportar cualquier emergencia. La Tabla 1.10 presenta un ejemplo de números de emergencia a los que los usuarios pueden llamar para reportar situaciones de emergencia y la Tabla 1.11 muestra un formulario de la información a recopilar.

## 1.15. DIAGNÓSTICO Y PLAN OPERATIVO

En toda actividad de reparación de tuberías se debe realizar un diagnóstico y producto de este, un plan operativo de trabajos de campo.



Tabla 1.10 Ejemplo de formato para que el usuario identifique la manera de notificar una emergencia

<b>Números de teléfono de emergencia</b>	
Los siguientes eventos constituyen una situación de emergencia	
1	Perdida de servicio
2	Fugas de agua
3	Cambio de color, limpieza ,sabor, olor
Si observas cualquiera de estas condiciones potenciales de emergencia, por favor cualquiera de los siguientes números de emergencia inmediatamente	
Atención a usuarios:	
Centro de control de operaciones:	
Número para emergencias después de los horarios de servicio:	
Si no te contestan en ninguno de estos números , por favor contacta al departamento de policía al número:	

Tabla 1.11 Ejemplo de notificación de situaciones de emergencia, por parte de los usuarios

<b>Instrucciones de reporte de emergencia</b>	
En la ocurrencia de una emergencia que involucra al servicio de agua por favor complete la forma y contacte al organismo operador	
1	Persona llamando en emergencia: <input type="text"/> número telefónico: <input type="text"/> Tiempo en que se recibió la llamada: <input type="text"/> Fecha: <input type="text"/> Hora: <input type="text"/>
2	Ubicación de la emergencia. Calle: <input type="text"/> Número: <input type="text"/> Otras referencias(locación aproximada, distancia desde un punto destacado, etcétera): <input type="text"/>
3	Condición en escena (revisa apropiadamente las siguientes opciones)
Fugas de agua:	<input type="checkbox"/> Filtraciones <input type="checkbox"/> Escurrimiento en calles <input type="checkbox"/> Chorro <input type="checkbox"/>
Inundaciones:	<input type="checkbox"/> Vialidad <input type="checkbox"/> Intersecciones <input type="checkbox"/> Casa <input type="checkbox"/> Construcción
Erosión:	<input type="checkbox"/> Taludes <input type="checkbox"/> Cimentaciones <input type="checkbox"/>
Energía eléctrica:	<input type="checkbox"/> Interrupciones <input type="checkbox"/> Pérdida total
Calidad del agua:	<input type="checkbox"/> Sabor <input type="checkbox"/> Olor <input type="checkbox"/> Color <input type="checkbox"/> Limpieza
4	Daño Actual/potencial: Describe brevemente la situación: <input type="text"/>
5	Restricciones de acceso, si es que existen: <input type="text"/>
6	Asistencia rápida disponible (Si es que alguna dependencia ya está atendiendo la emergencia y de qué forma): <input type="text"/>
7	Teléfonos de emergencia
Atención a dependencias:	
Centro de control de operaciones:	
Número para emergencias después de los horarios de servicio:	
Nombre, cargo y firma de quien lleno la forma	

El diagnóstico debe contemplar:

- Identificación y localización de la fuga
- Identificación del tipo de material, diámetro y espacios para realizar los trabajos
- Definición del sistema de reparación
- Definición de las piezas de reparación, sustitución, elementos de montaje y tornillería
- Definición de las operaciones necesarias (excavación, bombeo, reconexiones laterales, manejo del tránsito vehicular y peatonal)
- Definición de maquinaria, herramientas y equipo de protección personal para realizar los trabajos
- Definición de cuadrillas y personal operativo

El plan operativo debe contemplar:

- Programación del cierre del servicio (estimación del tiempo real de la reparación)
- Logística para realizar los trabajos en vía pública (afectación a tránsito vehicular y peatonal)
- Reparación de la fuga (trabajos de obra civil antes, durante y después de la reparación)
- Pruebas y registro de resultados
- Puesta en marcha del servicio

La logística para realizar los trabajos de reparación en vía pública deberá considerar la normatividad y reglamentación local en materia de

instalación, mantenimiento o retiro de ductos para la conducción de toda clase de fluidos en el subsuelo de la vía pública y espacios de uso común. Si no existiera, se podrá revisar:

- Condiciones de seguridad para realizar trabajos en altura. NOM-009-STPS-2011
- Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas. NOM-034-SCT2-2003
- Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales. NOM-086-SCT2-2004
- Manual de seguridad vial, imagen institucional y prevención de riesgos en zonas de trabajo, 2015.
- Reglamento de construcciones para el Distrito Federal

A fin de enriquecer y sumar a la experiencia del personal operativo y brigadas de campo, es oportuno y se recomienda que también conozcan, revisen y se capaciten sobre los sistemas de reparación para los diferentes materiales de tuberías.

- Acero
- Polietileno (PEAD)
- Policloruro de vinilo (PVC)
- Fibrocemento
- Fundición
- Concreto
- Fibra de vidrio

Adicionalmente conocer la información sobre los sistemas de:

- Reparación por unión mediante bridas
- Reparación de tuberías desde su interior
- Sustitución de tuberías

Según las condiciones, características de las tuberías y problemáticas de fugas se definirá el actuar frente a las actividades propias de reparación de fugas. Además, se resalta que estas actividades representan soluciones, si bien inmediatas, son temporales, con cierto rango de incertidumbre y susceptibles de presentarse nuevamente la fuga.

### 1.15.1. NECESIDADES DE ELEMENTOS Y PIEZAS DE REPARACIÓN

En función del tipo de tubería y de la fuga se definirá el sistema de reparación, los elementos y las piezas de reparación a utilizar. Generalmente se lleva un control de las piezas de reparación que se utilizan, tal como se muestra

en la Tabla 1.12. En función de este control y de la experiencia del personal operativo del organismo, se debe contar con un inventario de piezas las cuales deben estar disponibles para realizar los trabajos de mantenimiento y reparación de emergencia, las cuales deben estar correctamente clasificadas y resguardadas para garantizar su rápida localización y buen estado. En la Ilustración 1.43a se muestra varios almacenes donde se tienen las piezas de reparación resguardadas y clasificadas de forma adecuada mientras que la Ilustración 1.43b presenta una manera incorrecta de mantener las piezas de reparación.

En caso de falta de disponibilidad de estas piezas de reparación se deberán fabricar con insumos, materiales y elementos encontrados en la región, incluso hacer las adaptaciones requeridas a las necesidades de la reparación, atendiendo las técnicas locales en los talleres de herrería, maquinaria, herramienta y tornería según la pieza de reparación a fabricar.

Tabla 1.12 Elementos y piezas de reparación

Pieza	Tipo
Abrazadera	Reparación (reparación provisional)
	Flexible de acero inoxidable
	Autoblocante partida (resistente a esfuerzos axiales)
Acoplamiento	multidímetro o de gran tolerancia (simétricos o reducidos)
	sin tolerancia (tipo Gibault)
	carrete electrosoldable
	autoblocante (resistente a esfuerzos axiales)
Cople	De reparación
	Reparación autoblocante (enlace mecánico Dn <=90 mm)

Ilustración 1.43 Elementos y piezas de reparación





La Ilustración 1.44 muestra el procedimiento de emergencia realizado por el personal operativo del Sistema Operador de Agua Potable y Alcantarillado de Xicotepec de Juárez, Puebla (SOSA-

PAX) para reparar una válvula de nivel, de un tanque elevado. Esto debido a que no se contaba con remplazo ni la posibilidad de adquirir una nueva para restituir en el servicio en el momento.

Ilustración 1.44 Reparación de emergencia de una válvula de flotador por parte del personal de SOSAPAX



a) llegada al tanque



b) Desmontado de la válvula



c) Lijado del flotador



d) Mantenimiento de la válvula



e) Sellado de la fisura en el flotador



f) Reparación concluida



## 1.16. EJEMPLOS DE REPARACIONES

### *Sistema de reparación sustituyendo un tramo de tubería con unión mediante acoplamientos multidiametro de gran tolerancia*

Este caso representa una reparación realizada en una línea de conducción de PVC de 36 pulgadas de diámetro. La Ilustración 1.45 muestra las actividades realizadas desde la identificación de la fuga hasta la reparación de la tubería.

Ilustración 1.45 Reparación de fuga por sustitución de tramo

### *Sistema de reparación sustituyendo un tramo de tubería con unión mediante acoplamientos sin tolerancia (tipo Gibault)*

En la Ilustración 1.46 se muestra una reparación realizada de manera inmediata. Una vez reportada la fuga, el personal de brigadas identificó el sitio de la fuga, el material y diámetro de la tubería, además de preparar todo el material y equipo para la reparación de la fuga. Se realizó la excavación, identificación y corte del tramo de tubería dañada, sustitución, unión del tramo nuevo a la tubería, tapado de la zona excavada y restablecimiento del servicio en un aproximado de 4 horas.



a) Ubicación de la fuga y extracción de agua en la zona de trabajo de la reparación



b) Corte de tramo de tubería dañado



c) Instalación de acoplamientos



d) Apriete de pieza de reparación (acoplamientos)



Ilustración 1.46 Reparación de tramo de tubería en la red



Se recibe el reporte de fuga



8:00 am. Llega personal del organismo operador a atender el reporte



9:00 am. Excavación y detección de la tubería dañada



11:00 am. Reparación de la fuga



12:00 pm. Restablecimiento del servicio



12:30 pm. Restitución de pavimento



**Sistema de reparación en tubería de Asbesto cemento (8 pulgadas) con corte de tubería y unión mediante acoplamientos y juntas Gibault**

Esta reparación respondió a los siguientes pasos: recepción del reporte de la fuga, programación de personal de brigada, identificación de la fuga, ma-

terial y diámetro de la tubería. Cortes y adaptaciones de material y piezas para la reparación de la fuga. Las actividades en sitio se resumen en: excavación, identificación y corte del tramo de tubería dañada, unión de tramo mediante juntas Gibault, tapado de la excavación y restablecimiento del servicio. Todo esto se muestra en la Ilustración 1.47.

Ilustración 1.47 Reparación de tubería asbesto cemento, realizada por personal del SAPAC





Ilustración 1.47 Reparación de tubería asbesto cemento, realizada por personal del SAPAC (continuación)



e)



f)



g)



h)

### 1.16.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS

#### **Ventajas**

- Las reparaciones se hacen *in situ*
- Resuelven inmediatamente la fuga
- Disminuyen la presión y queja social
- Justificación de programas de mejoramiento de infraestructura hidráulica
- Fortalece programa de mantenimiento preventivo

- No es necesario sustituir las tuberías
- Solución económica

#### **Desventajas**

- Solución temporal
- Susceptible de presentarse nuevamente la fuga
- Dificultad de fabricación de piezas
- Dificultad de adaptaciones en la reparación



## 1.17. SUSTITUCIÓN DE TUBERÍAS

### 1.17.1. REPARACIÓN FRENTE A SUSTITUCIÓN DE TUBERÍAS

Las alternativas disponibles para corregir las frecuentes roturas de tuberías para los organismos operadores son limitadas; la mecánica es reparar las roturas a medida que se van presentando o bien reemplazar segmentos de las tuberías dañadas. La reparación, usualmente se realiza para atender una emergencia, requiere cortar el servicio, y puede implicar reemplazos de uno o dos segmentos de tubería.

Si las tuberías se rompen con frecuencia, se puede diseñar e implementar un programa sistemático de reemplazo de tuberías, en lugar de continuar reparando fallas y continuas fugas. Para ello, se requiere tomar una decisión basada en un análisis económico, comparando los costos actuales de una reparación continua con los costos del programa de reemplazo para el tramo o tramos de tubería. Este análisis económico debe comparar los costos de ambas alternativas e incluir el valor de los costos indirectos que son difíciles de estimar (por ejemplo, interrupciones del servicio).

Una aproximación a la cuantificación de la necesidad de cambio, es el uso de una frecuencia crítica de rotura de tubería,  $J^*$ . Si una tubería se rompe con una frecuencia mayor que  $J^*$ , es oportuno y recomendable el reemplazo de la tubería. Si una tubería se rompe a una tasa inferior, es aceptable continuar acciones de reparación de la tubería, pues los costos así lo permiten:

$$J^* = \frac{[(K r C_r - C_d)e^{-bT} - C_w Q_0]}{C_b} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

donde:

$J^*$	=	Frecuencia crítica de rotura, en Num de roturas/(año km)
$K$	=	1000, en unidades internacionales
$r$	=	Tasa de interés
$C_r$	=	Costo del cambio de tubería (\$/m)
$b$	=	Indice de aumento de roturas (fracción)
$T$	=	Horizonte de tiempo planeado (año)
$C_w$	=	Costo de fugas (\$/m)
$Q_0$	=	Frecuencia de fugas, en m/(km año)
$C_b$	=	Costo de rotura (\$/rotura)
$C_d$	=	costo de detección y de reparación de fugas (\$/km)

El parámetro  $b$  es un indicador de la velocidad de deterioro de la tubería. En varios estudios, se ha encontrado que el incremento anual del índice de rotura,  $b$ , varía desde 0.02 a 0.04. Los valores de  $C_w$  están basados en las velocidades estimadas de fugas y su duración prevista. Los valores de  $C_r$  y  $C_b$  deben incluir, en la extensión posible, estimaciones de cualquier costo directo.

Se puede aplicar esta fórmula de forma aproximada, utilizando valores para velocidad de fugas, costo de instalación de tuberías y costo de cualquier rotura en función del tipo de tubería. La velocidad crítica de rotura para cada tipo se compara posteriormente, con la velocidad de rotura de cada tubería individual ( $J$ ). Si  $J > J^*$ , debe considerarse la sustitución de la tubería.

Una vez que se ha identificado un conjunto de posibles tuberías con necesidad de reemplazo, pueden determinarse los parámetros específicos teniendo en cuenta los aspectos de emplazamiento.

La aproximación anterior tiene en cuenta el costo de roturas, reparaciones, reemplazos, y pérdidas de agua. Sin embargo, el cambio de tuberías también tiene los beneficios de mejorar la calidad del agua y los caudales. Si alguno de estos factores resulta significativo, también deben ser tomados en cuenta en el análisis.

Sin embargo, es difícil proporcionar un valor económico de una mejora de calidad del agua o del caudal.

## 1.18. PROCESO DE SUSTITUCIÓN DE TUBERÍAS

### 1.18.1. TRABAJOS CONSTRUCTIVOS DURANTE LA SUSTITUCIÓN DE TUBERÍAS

#### *Pozos de observación*

Consiste en la excavación de pozos de observación con el objetivo de identificar y ubicar adecuadamente las tuberías, la excavación se realizará según la localización, dimensiones y demás especificaciones descritas en las memorias técnicas del proyecto o según las indicaciones del responsable de sustitución.

Ilustración 1.48 Excavación de pozo por personal de ODAPAS Nezahualcoyotl



#### *Excavación de zanjas*

Se ejecutarán las excavaciones necesarias para el retiro de la tubería existente, la instalación de la tubería nueva y la construcción de cajas de válvulas, las cuales se especifican en la memoria técnica, en los planos del proyecto y en los reportes fotográficos, igualmente se realizará el retiro de los escombros y demás materiales resultantes, producto de la excavación.

Ilustración 1.49 Excavación de zanja por personal de ODAPAS Nezahualcoyotl



Las zanjas se realizarán tomando las precauciones necesarias para evitar accidentes de los trabajadores o terceras personas y cuidando de no afectar construcciones cercanas, siempre cumplir con la normatividad vigente en la comunidad.

Al romper las zonas de pavimento se harán las protecciones necesarias. La rotura de pavimentos se programa poco antes de iniciar la excavación con el fin de reducir las interrupciones en el tránsito de vehículos.

Ilustración 1.50 Corte de Pavimento por personal de ODAPAS Nezahualcoyotl



El corte deberá cumplir los siguientes requisitos:

- La superficie del corte debe quedar vertical
- El corte se hará según líneas rectas y figuras geométricas definidas
- Se utilizará equipo especial de corte, (martillo neumático, sierra mecánica, etc.). Se harán cortes transversales cada metro en toda la longitud del pavimento a retirar
- Una vez cortado el pavimento se demolerá y los escombros se acopiarán para su posterior retiro de la obra, en un sitio donde no perjudique el tránsito vehicular ni la marcha normal de los trabajos y

donde esté a salvo de contaminación con otros materiales

### ***Sustitución de tubería de la red de agua***

Se realizará la colocación de la tubería nueva de acuerdo con el material y diámetros especificados en el proyecto considerando las especificaciones indicadas por el proveedor. Además, se sustituirán tomas domésticas afectadas en el proyecto de sustitución de tuberías.

Ilustración 1.51 Preparación de tubería por personal de ODAPAS Nezahualcoyotl



Dependiendo de la rigidez de la tubería y características mecánicas del suelo a usar para su confinamiento, cada fabricante recomienda profundidades mínimas y máximas de colocación de la tubería. Para se deberán atender las recomendaciones presentadas en el libro de *Estudios Técnicos Para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Topografía y Mecánica de Suelos* del MAPAS. Complementariamente, para identificar de forma visual los materiales recomendados para el acostillado y relleno final de la tubería se recomienda consultar la norma ASTM-D-2488-Práctica estándar para la descripción e identificación de los Suelos, o el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).



Se rellenará con material producto de la excavación o mejorado, realizando la compactación considerando las sugerencias presentadas en el libro *Proyectos ejecutivos* del MAPAS.

Ilustración 1.52 Relleno de zanjas con material producto de banco por personal de ODAPAS Nezahualcoyotl



También se realizarán las reparaciones o reemplazos de las cajas de válvulas necesarias durante los trabajos de sustitución de tuberías. Y se realizarán las excavaciones necesarias para la instalación de nuevas cajas de válvulas según indicaciones del proyecto.

Ilustración 1.53 Restitución de caja de válvulas después de una reparación (ODAPAS, Nezahualcoyotl)



### **Reposición del pavimento nuevo**

La reposición del pavimento comprende el suministro, transporte, colocación y compactación del asfalto o concreto, incluyendo la colocación de la base granular y las pruebas que se requieran para el control de resistencias.

Se deberá suministrar, colocar y compactar la base granular de acuerdo con las Normas de la SCT y cumpliendo con las especificaciones dispuestas y estén aprobadas por la supervisión, podría aplicarse la capa respectiva ya sea concreto flexible, concreto rígido o pavimento asfáltico. El trabajo de reposición consiste de todas las operaciones que se realizan para reparar los pavimentos, guarniciones, banquetas, camellones, etcétera.

Ilustración 1.54 Restitución de carpeta asfáltica después de una reparación (ODAPAS, Nezahualcoyotl)



#### **1.18.1.1. Levantamiento de escombros y limpieza de obra**

Al finalizar cualquier parte de los trabajos, se deberá retirar inmediatamente todo el equipo, construcciones provisionales y sobrantes de materiales. Se deberá disponer satisfactoriamente todos los sobrantes, escombros y basuras que resulten de las obras.



# 2

## REPARACIÓN DE CAJAS DE VÁLVULAS Y PIEZAS ESPECIALES

### 2.1. DEFINICIONES

#### *Válvulas*

Son dispositivos que permiten el control de flujo en una conducción, atendiendo a situaciones de corte y control de flujo, acumulación de aire, por llenado y vaciado de la conducción, depresiones y sobrepresiones generadas por fenómenos transitorios, y retroceso del agua por paro del equipo de bombeo, entre otras.

#### *Piezas especiales*

Son elementos de unión entre los componentes de una conducción de agua, se utilizan para efectuar intersecciones de conductos, variación de diámetros, cambio de dirección, conexiones con válvulas y equipos de bombeo, etc. Este grupo está constituido por juntas, carretes, extremidades, tes, cruces, codos y reducciones, entre otros.

#### *Caja de válvulas*

La caja de válvulas es una estructura de mampostería, tabique o concreto prefabricado donde se ubican las válvulas y piezas especiales. Se

pueden dividir en cajas para válvulas de líneas de conducción y cajas para cruceros.

### 2.2. VÁLVULAS MÁS COMUNES EN REDES DE AGUA

Las válvulas se pueden clasificar según su función (observe la Ilustración 2.1):

1. Aislamiento o seccionamiento
2. Control de flujo

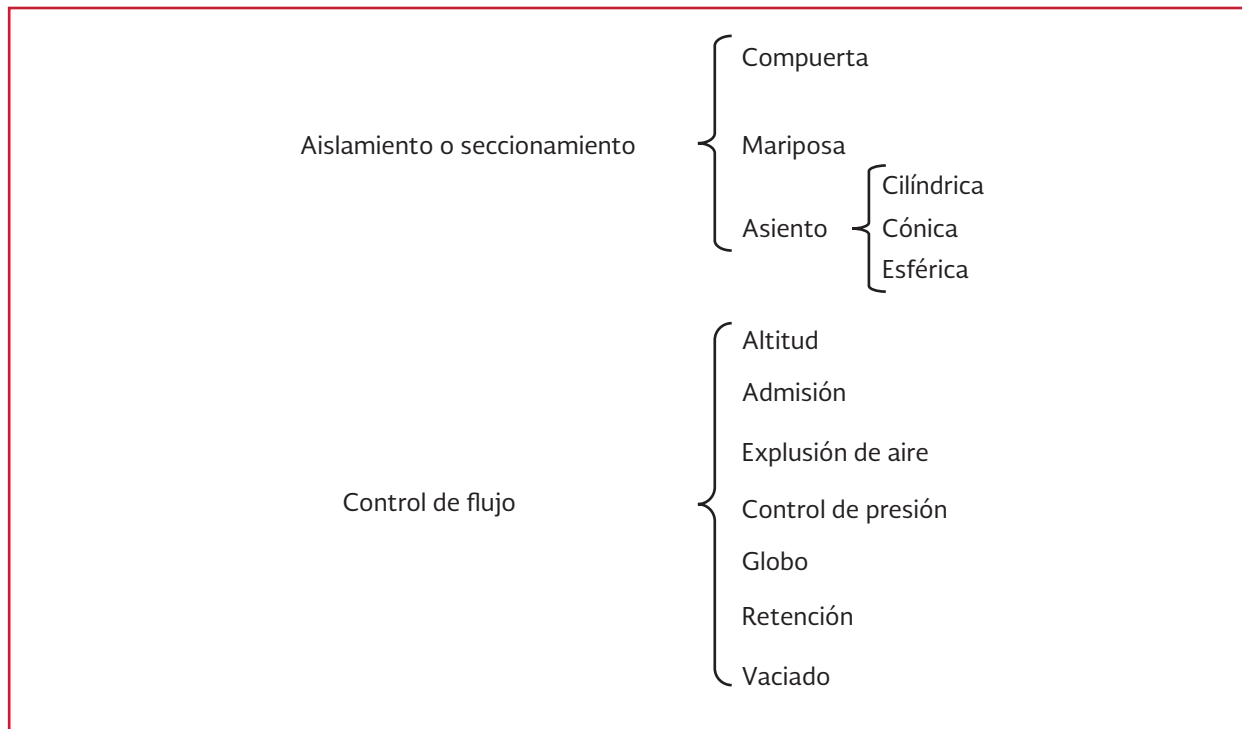
Los diseños de las válvulas más comunes en conducciones y redes de agua se presentan en la Ilustración 2.2.

En redes de distribución son más usuales las válvulas que se operan manualmente mediante volantes y palancas debido a que las maniobras de cierres y aperturas son frecuentes.

### 2.3. MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS Y PIEZAS ESPECIALES

La conducción eficiente de agua requiere de la instalación de válvulas de seccionamiento y

Ilustración 2.1 Clasificación de válvulas



control de flujo que permiten mantener en adecuadas condiciones el servicio de agua en los organismos operadores, evitando sobrepasar los límites de operación y funcionamiento en líneas de conducción o distribución. De una correcta elección del tipo y características de las válvulas depende en gran parte la eficiencia de los sistemas de abastecimiento de agua.

La selección de una válvula debe revisar su capacidad, tipo, temperatura de operación, clase y tipo de tubería en la que se instalará, forma y arreglo de las conexiones, política de operación, y finalmente, la facilidad para la realizar las maniobras.

Para las redes de agua potable y alcantarillado que prácticamente operan a temperatura ambiente, las consideraciones de temperatura no influyen mayormente en la elección de la válvula.

Para mayor referencia sobre la adecuada selección de válvulas se recomienda consultar los libro *Calculo estudio y diseño de instalaciones mecánicas, Selección de equipo y materiales electromecánicos e Instalación y montaje de equipo electromecanico* del MAPAS, Por su parte el mantenimiento de válvulas y piezas especiales se aborda con detalle en el libro *Pruebas, puesta en servicio, operación y mantenimiento de equipos y materiales electromecánicos* del MAPAS.

### 2.3.1. SÍNTESIS DEL MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS

Los procedimientos de reparación y mantenimiento de válvulas se resumen en:

- Comprobación y revisión del estado de la empaquetadura, si hay fugas que no

Ilustración 2.2 Principales válvulas



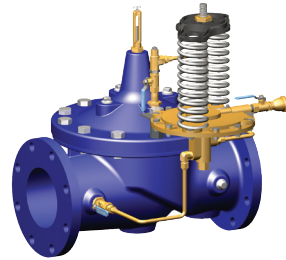
a) Válvula de compuerta



b) Válvula de mariposa



c) Válvula de diafragma



d) Válvula de altitud



e) Válvula de admisión



f) Válvula de expulsión



g) Válvula de presión



h) Válvula de globo



i) Válvula de retención



j) Válvula de vaciado

se eliminan apretando el prensa-estopa, es necesario hacer los remplazos correspondientes

- Verificación del apriete de pernos y tuercas para evitar fugas
- Revisión del estado de los elementos y partes para el correcto funcionamiento según el tipo de válvula (asiento, bonete, cuerpo, disco (compuerta), empaque (sello del vástago), junta, vástago, volante, tapa, flotador, cubierta, esprea, brazo, etc.) a fin de definir si es necesario realizar el mantenimiento, cambios o remplazos correspondientes
- Pintura y recubrimiento de las válvulas y accesorios para lo cual se recomienda usar pintura anticorrosiva

Cada actividad se verá influenciada por el tamaño de la válvula, en particular sobre las maniobras para realizar el desmontaje del cuerpo de la válvula de la tubería; si es necesario subirla o bajarla según la posición y estado en que se encuentre in situ. Si se requiere reemplazarla en el lugar, o bien llevarla a un taller de reparación, en tanto será necesario considerar el equipo, maquinaria y herramientas para un adecuado desmontaje, embalaje y traslado al taller de reparación.

Para el mantenimiento y reparación de válvulas de diámetros mayores de manera general se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

1. Aislamiento de flujo. Si la válvula está en servicio es necesario cerrar el flujo aguas arriba de la válvula y esperar que el flujo y la presión disminuyan hasta alcanzar

condiciones que permitan iniciar las maniobras en la válvula

2. Desmontar la válvula de la tubería. Es importante asegurar el cuerpo de válvula con calzas y cuerdas atadas a una grúa o retroexcavadora. Aflojar y quitar tuercas y tornillería, juntas y empaques en la unión (válvula - tubería)
3. Retirar la válvula. Auxiliado de una grúa o retroexcavadora levantar el cuerpo de la válvula y posicionarlo en el sitio donde se preparará para el embalaje y traslado.
4. Embalaje y traslado de la válvula al taller
5. Mantenimiento y reparación en taller. Realizar los siguientes pasos:
  - Recepción de la válvula a reparar en el taller
  - Elaboración de orden de trabajo conforme a los procedimientos y formatos de los organismos operadores
  - Limpieza exterior de la válvula. Usar trapos limpios con agua (evitar uso de solventes)
  - Desmontar los elementos y partes de la válvula. Según el tipo de válvula desmontar: tuercas, bonete, vástago, anillos, pernos, discos, empaques, etc)
  - Limpieza de elementos y partes desmontadas
  - Revisión de elementos y partes de la válvula. Checar cada parte desmontada para el mantenimiento o cambio respectivo. Asegurar que las partes metálicas móviles y sellados no estén dañados
  - Reparación de elementos y partes desmontadas. Según los daños se



realiza el mantenimiento, reparación y remplazo de los elementos y partes dañadas

- Montar los elementos y partes de la válvula. Según el tipo de válvula montar: bonete, vástago, anillos, pernos, discos, etc); usar empaques, tuercas y tornillos nuevos

En la ejecución de este procedimiento, se deberá observar toda la información específica respecto a desmontaje y montaje de válvulas según los fabricantes y proveedores de las mismas. Se recomienda elaborar una bitácora de actividades, plano o diagrama de desmontaje y marcado de partes en el proceso de desmontaje para facilitar el trabajo posterior de montaje. También se deberá dar cumplimiento a las políticas, reglamentos y principios de seguridad aplicados en el organismo operador o taller de servicio externo.

Un taller bien equipado contará con todo lo necesario para el correcto mantenimiento y reparación de válvulas, entre otros:

- Banco de trabajo
- Aparatos y sujetadores para levantar y empacar válvulas de gran peso
- Mangueras y reguladores para inyección aire
- Tubería, piezas y accesorios
- Conectores de conexión rápida de mangueras

La verificación de fugas en válvulas es mediante la aplicación de aire a una presión moderada, para lo

cual se debe habilitar un juego de bridas especialmente taladradas para la conexión con mangueras y ranuradas para bridas de válvulas de diversos diámetros.

Algunas ventajas del mantenimiento y reparación de válvulas en un taller son: menor tiempo de trabajo, calidad de reparación e inspección, pruebas de hermeticidad del asentamiento (que en condiciones de válvula instalada es complicado), mantenimiento de las válvulas de compuerta metálica, globo y retención mediante el relleno de las superficies de los asientos con metal de soldadura o con revestimiento de cara dura, reemplazo de tornillos y tuercas.

La reparación de una válvula se considera viable si los costos no superan el 60 por ciento del precio del remplazo. Los costos de reparación en promedio son del 40 al 50 por ciento del costo de reposición. Por lo general, no es recomendable reparar una válvula si no se puede aprovechar el cuerpo porque los costos de reparación son muy elevados.

La Ilustración 2.3 muestra los trabajos de remplazo de válvulas, realizado por personal del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de Cuernavaca (SAPAC).

## 2.4. CAJAS DE VÁLVULAS

Las cajas de válvulas son fabricadas en el lugar según las especificaciones de dimensionamiento de acuerdo a requerimientos particulares y necesidades de operación en las conducciones y redes de agua.

Ilustración 2.3 Trabajos en mantenimiento y remplazo de válvulas de diámetros mayores (SAPAC)



### 2.4.1. DISEÑO DE CAJAS DE VÁLVULAS

Sus dimensiones deben permitir el acceso y libre movimiento para la instalación, operación y sustitución de válvulas y accesorios.

#### 2.4.1.1. Generalidades sobre el diseño

- Las cajas de válvulas deben estar construidas en los sitios marcados según

los planos del proyecto de agua potable aprobados por el organismo operador

- La cimentación debe construirse previamente a la colocación de las válvulas y piezas especiales, aun nivel necesario para que queden asentadas correctamente
- Las cajas se recomiendan construir de concreto o de tabique común (11x14x28) colocado y junteado con mortero arena cemento en proporción (según recomendaciones de la región), de acuerdo al dimen-



sionamiento aprobado (ver Ilustración 2.4)

- El interior de la caja se debe cubrir con un aplanado de cemento-arena en proporción (según recomendaciones de la región), con un espesor mínimo de dos centímetros, terminado con llana o regla y pulido fino de cemento
- Se debe dejar una distancia mínima de 30 cm entre el muro de la caja y la brida, pieza especial o válvula más próxima, así como una altura mínima de 1.20 cm del lomo del tubo al lecho inferior de la losa superior de la caja
- Las tapas de las cajas de operación de válvulas deben ser de fierro fundido marco y tapa de 50 x 50 cm y peso de 75 kg con mecanismo de apertura y cierre

Además, se recomienda considerar las siguientes especificaciones:

- Los perfiles estructurales de 150 mm (6") de peralte empleados para la construcción del contramarco, serán del tipo liviano
- El dado de operación de la válvula deberá quedar centrado con la tapa de la caja
- Soldar a los contramarcos una varilla perimetralmente, a fin de amarrar más sólidamente al contramarco con la losa del techo
- La losa del techo, llevará un emparrillado de 3/8" a 10 cm en ambas direcciones
- La losa del piso será de 10 cm de espesor con un refuerzo de varilla de 3/8" a

Ilustración 2.4 Construcción de caja de válvula por parte del personal de la ADOSASPACOO



30cm en ambas direcciones (observe la Ilustración 2.5)

- Se deberá instalar un sistema de desfogue de la caja con sistema anti retorno (válvula check)
- Construir el piso siempre que su desplante sea sobre tierra u otro material semejante. Si el terreno es tepetate ordinario, roca alterada o roca firme fisurada, construir la losa sin plantilla. Si es roca firme, no se construye losa, haciendo el desplante de los muros directamente sobre el terreno

En cruces que contengan válvulas de seccionamiento, se recomienda construir cajas de ta-

bique rojo o block de adocreto con castillos, traveses y losas de concreto armado.

El diseño y tamaño de las cajas de válvulas estará en función del tipo, número de válvulas y piezas especiales a utilizar en el sitio de control.

Para el diseño y tamaño de las cajas de válvulas en función del tipo de válvulas, referirse al apartado 2.4 del libro *Diseño de redes de distribución de agua potable* del MAPAS, en donde se presenta:

- Consideraciones de diseño y construcción para las cajas de válvulas de líneas de conducción, específicamente, los da-

Ilustración 2.5 Colado de losa de caja de válvula por parte del personal de la Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Tizayuca, Hidalgo





tos para diferentes diámetros de válvulas de separación mínima entre paños internos de muros, piso y losa a cualquier extremo de válvulas, así como el plano de referencia (en planta y elevación)

- Consideraciones de diseño y construcción para las cajas de válvulas en crueros, específicamente, los datos para diferentes diámetros y número de válvulas de las dimensiones generales y recomendaciones para selección de caja para operación de válvulas, así como planos de referencia (en planta y elevación)

## 2.4.2. LIMPIEZA Y DESAZOLVE

En este apartado se presenta un procedimiento general para la limpieza y desazolve de cajas de válvulas.

1. Ubicación de las cajas de válvulas que requieren de limpieza o desazolve, y verificar, si su ubicación se encuentra en zona de alto riesgo (Ilustración 2.6a)
2. Programar recorridos de las cuadrillas de campo
3. Revisar que el personal cuente con el equipo y herramientas necesarios para la ejecución de los trabajos, así como el equipo de protección personal adecuado
4. Verificar el tipo de vialidad, si requiere permiso de tránsito
5. Proteger de manera correcta y eficiente el área de trabajo del tránsito de vehículos y peatones (en vialidades principales mayor restricción)
6. Verifica el nivel de oxígeno en el interior de la caja de válvula
7. Realizar la limpieza y desazolve retirando (agua, basura, escombros, etc.) del in-

terior de la caja de válvulas y limpiar el área de trabajo (Ilustración 2.6b y c)

8. Retirar el material remanente y equipo empleado durante la limpieza o desazolve de la caja

## 2.4.3. REPARACIÓN Y RESTAURACIÓN

### 2.4.3.1. Principales daños a cajas de válvulas

#### ***Daños por hundimientos***

Los movimientos de la superficie terrestre predominantemente en sentido vertical descendente, con frecuencia causan daños a la infraestructura hidráulica, entre otros, colapsos en tuberías, tanques y elementos de control, tal es caso de las cajas de válvulas, cuyos daños pueden ser: fisuras o roturas de sus muros, desacoples en válvulas, accesorios y piezas especiales.

#### ***Daños por falta de protección***

La falta de protección a la infraestructura hidráulica también tiene efectos de daño en cajas de válvulas, algunos a resaltar: colapso por erosión, socavación, desbordes y enterramiento, incluso destrucción total por impacto de rocas y diferentes materiales en fenómenos de deslizamiento e inundaciones.

### 2.4.3.2. Procedimiento de restauración y/o replazo

Localización y reparación de fugas en cajas de válvulas

Esta actividad se realiza con base en una inspección visual de todas las cajas de válvulas de la red

## Ilustración 2.6 Limpieza y desazolve de cajas de válvulas



a) Estado inicial



b) Retiro de basura y lodo



c) Limpieza de la válvula

de distribución. En algunos casos será necesaria la sustitución de la válvula dañada, o bien la reparación cambiando algunas piezas o empaques. Se deben elaborar y dar seguimiento a las estadísticas de reparación de fugas en caja de válvulas. Existe la posibilidad de localizar cajas de válvulas cubiertas con pavimento. Importante es, recopilar planos que permitan localizar las cajas de válvulas, elaborar un plan de inspección, priorizando, por ejemplo, desde las cajas de válvulas más antiguas, las de mayor diámetro o las de mayor presión. Los recorridos de inspección se deben organizar en función de los horarios de suministro, los problemas de tráfico y ruido, la organización y programación de las cuadrillas de reparación, etcétera. Se debe contar con formatos

de campo para captura de información. Para la detección y localización de las fugas en cajas de válvulas enterradas se utilizan equipos localizadores de objetos metálicos; una vez localizadas estas cajas con fugas, se marcan y se entregan los reportes a las cuadrillas de reparación.

Algunos indicadores importantes a evaluar y dar seguimiento son:

- Porcentaje de cajas inspeccionadas, que es la razón entre el número de cajas inspeccionadas y el número de cajas por inspeccionar
- Porcentaje de ocurrencia de fugas en cajas de válvulas, que es la razón entre nú-

mero de cajas con fuga y el número de cajas inspeccionadas

- Porcentaje de ocurrencia de fugas por tipo de válvula, lugar de la fuga, tipo de falla
- Gasto unitario de fuga en caja de válvula

A continuación, se presenta un procedimiento general para la restauración y/o remplazo de cajas de válvulas.

1. Ubicación de las cajas de válvulas que requieren ser restauradas y/o remplazadas, y verificar, si su ubicación se encuentra en zona de alto riesgo
2. Programar la cuadrilla que realizará los trabajos de campo
3. Revisar que el personal cuente con el equipo y herramientas necesarios para la ejecución de los trabajos, así como el equipo de protección personal adecuado
4. Verificar el tipo de vialidad, si requiere permiso de tránsito
5. Proteger de manera correcta y eficiente el área de trabajo del tránsito de vehículos y peatones (en vialidades principales mayor restricción)
6. Verifica el nivel de oxígeno en el interior de la caja de válvula
7. Cuantificar y adquirir el tipo de material necesario de acuerdo al daño de la caja
8. Realizar la restauración y/o remplazo de la caja de válvulas, según los procedimientos constructivos de obra civil que correspondan. En función del daño y material de construcción de las cajas

de válvulas será el procedimiento de restauración. Los principales tipos de cajas de válvulas en función de sus procesos constructivos son:

- Caja de válvulas (mampostería)
  - Caja de válvulas (tabique)
  - Caja de válvulas (concreto prefabricado)
9. Retirar (agua, basura, escombros, etc.) del interior de la caja de válvulas y limpiar el área de trabajo
  10. Retirar el material remanente y equipo empleado durante la limpieza o desazolve de la caja

En el caso de cajas de válvulas nuevas se deberá considerar excavaciones, esta actividad comprende la ejecución de toda clase de excavaciones necesarias para la construcción de las cajas de válvulas para conectarlas a las tuberías con las profundidades indicadas en los planos y en las especificaciones técnicas. Las excavaciones para la instalación de válvulas y accesorios, deberán realizarse de acuerdo con los requerimientos técnicos especificados por el personal de operación, quien vigilara la mano de obra calificada en el proceso de montaje e instalación de dichos accesorios (Ilustración 2.7).

Las válvulas de cierre, de interconexión, deberán protegerse con cajas de inspección en mampostería, con ladrillo dispuesto en soga o en tizón de acuerdo con el sitio en donde se van a proyectar, en zona verde, en vía vehicular o peatonal, de acuerdo con lo estipulado en el libro de *Diseño de Redes de distribución de agua potable* del MAPAS.

Ilustración 2.7 Restauración y/o remplazo de cajas de válvulas





# 3

## MAQUINARIA Y EQUIPO USADA EN LOS PROCESOS DE REPARACIÓN, SUSTITUCIÓN Y MANTENIMIENTO

En este apartado se cita y describe de manera general la maquinaria y equipo utilizado con frecuencia durante los trabajos reparación, sustitución y mantenimiento de infraestructura hidráulica.

### 3.1. MÁQUINAS EXCAVADORAS

Maquinas autopropulsadas sobre ruedas o sobre orugas. Como excavadoras, su acción se da por debajo del nivel del suelo mediante el movimiento ascendente y descendente de una cuchara; como máquinas de carga, excava y carga

mediante un desplazamiento y movimiento de brazos, en ambas situaciones excava, levanta, transporta y descarga materiales (Ilustración 3.1). En general, las máquinas excavadoras se clasifican en dos categorías: las excavadoras con cuchara y las retroexcavadoras. Estas últimas, pueden contar con un bastidor diseñado para montaje de un equipo de carga frontal y otro de retroexcavación trasero, ambos con posibilidad de ser utilizados alternativamente. Su chasis puede estar montado sobre cadenas o neumáticos (en este caso, el mecanismo de fijación de la maquina al suelo es mediante gatos hidráulicos).

Ilustración 3.1 Máquinas excavadoras



Su campo de aplicación en las operaciones sobre infraestructura hidráulica es para cargar y transportar materiales, piezas de reparación y tramos de tubería (en cortas distancias), abertura de zanjas para reparación de tuberías de redes de agua potable, alcantarillado, reparación de cajas y pozos de visita, localización de fugas, etcétera.

Pueden estar dotadas de accesorios como el martillo rompedor, usado en demoliciones de muros, levantamientos de firmes y pavimentos.

En cuanto al tamaño en general se pueden diferenciar tres tipos retroexcavadoras:

- Excavadoras compactas
- Excavadoras de ruedas
- Excavadoras de cadenas o sobre orugas

### 3.1.1. EXCAVADORAS COMPACTAS

Las excavadoras compactas considerando el peso operativo y profundidad de excavación se pueden categorizar de acuerdo con la Tabla 3.1 y un ejemplo de estas se presenta en la Ilustración 3.2.

Ilustración 3.2 Excavadora compacta



Tabla 3.1 Categorías de excavadoras compactas

Categoría	Peso operativo (Kg)	Profundidad de excavación (m)
1	2 660 – 2 790	2.80 – 3.10
2	3 435 – 3 565	3.43 – 3.71
3	8 450 – 8 650	4.47 – 4.87

Por su parte, la Ilustración 3.3 y la Tabla 3.2, muestran el perímetro de trabajo de este tipo de excavadoras.

Debe tomarse en consideración que las categorías, capacidades y dimensiones presentadas son solo para brindar una idea de los tipos de equipos que existen y estos valores son distintos de acuerdo con la marca y modelo de excavadora.

Ilustración 3.3 Perímetro de trabajo de excavadoras compactas

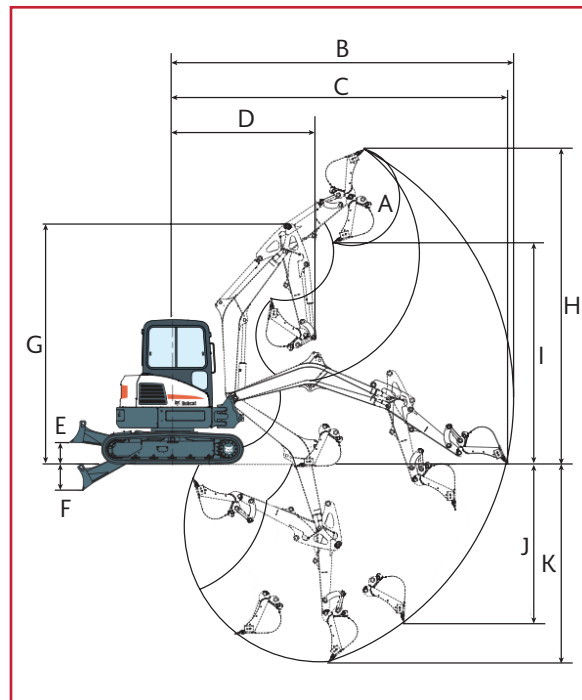


Tabla 3.2 Perímetro de trabajo de excavadoras compactas

Medida	Categoría			Unidad
	1	2	3	
A	185 °	185°	185°	grados
B	5.8	6.06	6.19	m
C	8.67	5.94	6.08	m
D	2.49	2.54	2.38	m
E	0.38	0.38	0.38	m
F	0.46	0.46	0.46	m
G	4.09	4.26	4.26	m
H	5.34	5.59	5.85	m
I	3.69	3.92	4.17	m
J	2.53	2.81	3.19	m
K	3.30	3.52	3.92	m

### 3.1.2. EXCAVADORAS DE RUEDAS

Las excavadoras de ruedas considerando la capacidad de la cuchara y peso operativo se pueden categorizar de acuerdo con la Tabla 3.3 y un ejemplo de estas se presenta en la Ilustración 3.4.

Ilustración 3.4 Excavadoras de ruedas



Tabla 3.3 Categorías de excavadoras de ruedas

Categoría	Peso operativo (kg)	Capacidad de la cuchara (m³)
1	18 000	0.65
2	20 100	1.03

Por su parte, la Ilustración 3.5 y la Tabla 3.4, muestran el perímetro de trabajo de este tipo de excavadoras.

Debe tomarse en consideración que las categorías, capacidades y dimensiones presentadas son solo para brindar una idea de los tipos de equipos que existen y estos valores son distintos de acuerdo con la marca y modelo de excavadora.

Ilustración 3.5 Perímetro de trabajo de excavadoras de ruedas

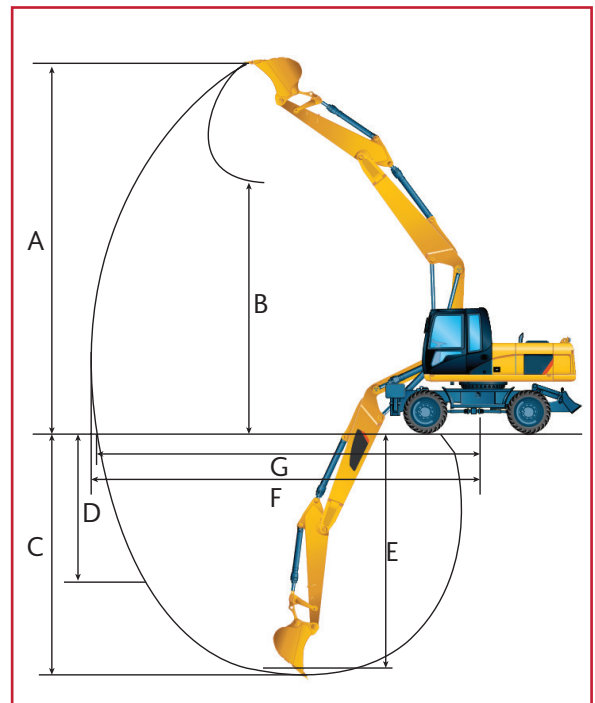


Tabla 3.4 Perímetro de trabajo de excavadoras de ruedas

Medida	Categoría		Unidad
	1	2	
A	8.98	10.38	m
B	6.00	6.95	m
C	5.39	5.59	m
D	3.51	3.72	m
E	5.17	5.37	m
F	8.9	9.10	m
G	8.71	8.91	m

### 3.1.3. EXCAVADORAS DE CADENAS O SOBRE ORUGAS

Las excavadoras de cadenas o sobre orugas incluso por sus dimensiones pueden considerar rango de categorías mayores según la capacidad de la cuchara y peso operativo se pueden categorizar de acuerdo con la Tabla 3.5 y un ejemplo de estas se presenta en la Ilustración 3.6.

Por su parte, la Ilustración 3.7 y la Tabla 3.6, muestran el perímetro de trabajo de una excava-

Tabla 3.5 Categorías de excavadoras de cadenas o sobre orugas

Categoría	Peso operativo (Ton)	Capacidad de la cuchara (m <sup>3</sup> )
1	13.4 – 15.6	0.55 – 0.93
2	20.4 – 23.7	0.92
3	20.9 – 33.1	0.44-1.76
4	24.4 – 25.7	0.8 – 1.85
5	29.0 – 31.6	1.2 – 1,5
6	33.7 – 36.0	1.0 – 2.29
7	34.3 – 38.7	10 – 2.53
8	37.8 – 53.1	1.6–3.8
9	69.3 – 71.7	2.48 – 6.6

Ilustración 3.6 Excavadoras de cadenas o sobre orugas



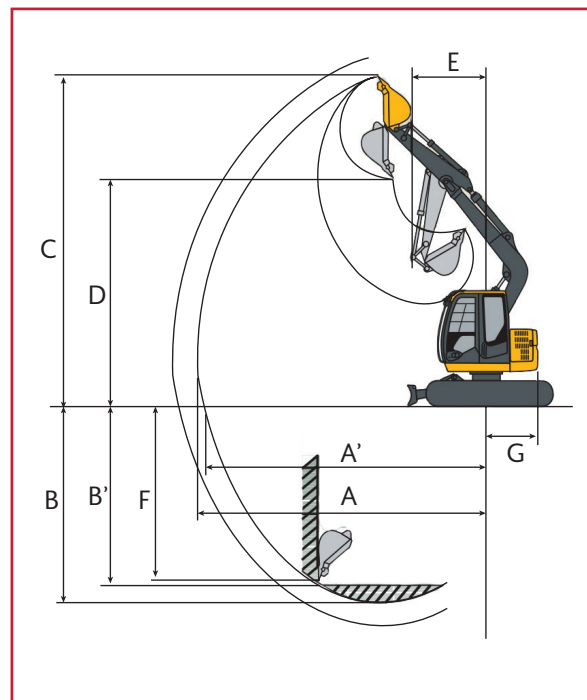
dora de cadenas o sobre orugas, de categoría 1, que son las más usuales para usar en zonas urbanas.

Debe tomarse en consideración que las categorías, capacidades y dimensiones presentadas son solo para brindar una idea de los tipos de equipos que existen y estos valores son distintos de acuerdo con la marca y modelo de excavadora.

Tabla 3.6 Perímetro de trabajo de excavadoras de cadenas o sobre orugas

Medida	Categoría 1		Unidad
	Mínimo	Máximo	
A	6.43	6.92	m
A'	6.26	6.76	m
B	4.11	4.61	m
B'	3.76	4.33	m
C	7.21	7.61	m
D	5.12	5.51	m
E	1.80	2.16	m
F	3.67	4.22	m
G	1.29	1.29	m

Ilustración 3.7 Perímetro de trabajo de excavadoras de cadenas o sobre orugas





## 3.2. EQUIPO DE BOMBEO

Los equipos de bombeo más conocidos y que con mayor frecuencia son utilizados en los trabajos de extracción de agua en la zona de reparación o sustitución de tuberías, reparación o remplazo de cajas de válvula, pozos de visitas, etcétera, son las bombas sumergibles y motobombas (Ilustración 3.8).

### *Bomba de Achique sumergible*

Las bombas de achique, en general, están compuestas de un motor eléctrico protegido por una carcasa y por una rejilla de protección para evitar la penetración de objetos. Sus principales componentes son:

- Rejilla de admisión
- Carcasa del motor
- Punto de sujeción
- Conducto de salida
- Toma de alimentación eléctrica

Su mayor utilidad es en trabajos para extracción o evacuación de aguas y lodos.

A manera de ejemplo, la Ilustración 3.8 presenta una comparación de tres modelos de bomba sumergible para achique. En general este tipo de equipos de bombeo, no se recomiendan para cargas mayores de 10 metros, puesto que comúnmente no están diseñadas para estas condiciones. En estos casos se deberá buscar una solución alternativa al problema.

### *Motobomba*

Las motobombas son bombas en cuyo cuerpo estructural tiene acoplado un motor eléctrico o de combustión interna, sobre el eje del motor, eje también de la bomba se mueve la turbina (Ilustración 3.10). De igual forma, es utilizada para evacuar el agua durante los trabajos de mantenimiento y reparación de infraestructura hidráulica. Tiene una entrada y una salida, ambas se pueden conectar a mangueras de entrada y desfogue.

Ilustración 3.8 Equipos de bombeo



Ilustración 3.9 Tres modelos de equipos de bombeo sumergibles para achique

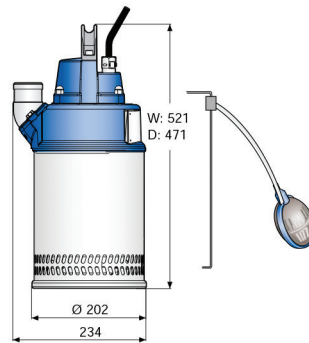
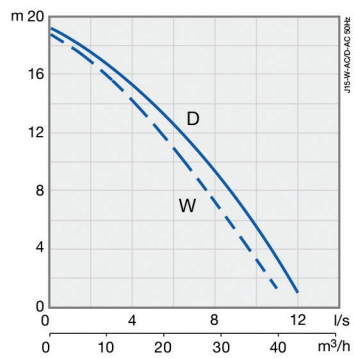
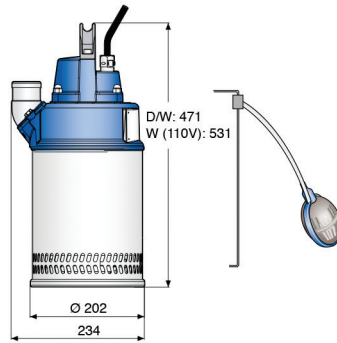
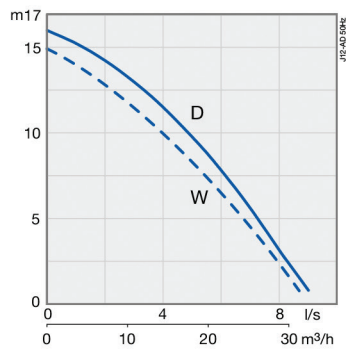
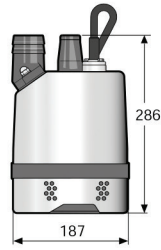
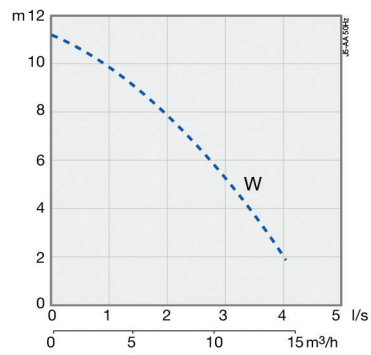


Ilustración 3.10 Bomba centrífuga con motora gasolina



### 3.3. EQUIPOS DE CORTE DE TUBERÍA

#### *Sierra manual (corte con segueta)*

Es una herramienta manual de corte formada por una sierra montada con tornillos sobre un arco tensor. El arco es el soporte de la sierra que realiza el corte de la tubería. Se utiliza generalmente en tuberías de asbesto cemento, fibrocemento, polietileno y PVC de diámetros menores a 8 pulgadas.

#### *Cortadora de tubos de fibrocemento*

Este equipo utilizado para cortar tubos de fibrocemento se basa en el principio de “apriete y

prensado”. Constituye una herramienta que requiere poco espacio para su correcta utilización. En el mercado existen varios modelos según su capacidad de alcance de diámetro de tubos. Es utilizada también para cortar tubos de fundición gris, tubos de cerámica y hormigón.

#### *Cortadora de disco normal*

Este equipo es portátil utilizado para cortar mediante el movimiento rotatorio de un disco abrasivo determinados materiales. Se pueden diferenciar tres tipos: fresadora de hormigón para cortes en el hormigón, rozadora para hacer surcos en el hormigón y tronzadora para cortar barras de metal.

Ejemplos de estos equipos de corte se muestran en la Ilustración 3.11.

### 3.4. EQUIPO PARA ABERTURAS Y CIERRES

#### *Martillo mecánico*

Este equipo denominado martillo rompe pavimentos, generalmente utilizado para demoler y hacer agujeros en pavimentos o demoler muros. Se recomienda su uso por personal

Ilustración 3.11 Equipos de corte de tubería (Segueta, cortadora de disco manual y corte de tubería fibrocemento)



profesional. Existen tres tipos de martillos: neumáticos, hidráulicos y eléctricos. El martillo neumático es un taladro detonador portátil cuyo funcionamiento es basado en mecanismos de aire comprimido. El martillo hidráulico funciona a través de un fluido hidráulico que circula a altas presiones. El martillo eléctrico cuya fuente de energía es la electricidad. Funcionan como martillos que golpean las superficies a fin de romperlas en trozos. El martillo hidráulico suele ser de mayor dimensión, generalmente se acopla a una excavadora o tractor.

### ***Zanjeadoras***

Son máquinas utilizadas para la apertura de zanjas. Mediante palas mecánicas abren y desprenden el material del suelo abriendo zanjas según las necesidades de la obra civil. En trabajos de reparación, sustitución o remplazo de infraestructura hidráulica para agua potable y alcantarillado, el tamaño y profundidad de la zanja lo determinará las necesidades de los trabajos. Este tipo de maquinaria tiene limitantes de actuación y desempeño sobre rocas.

### ***Cilindro compactador***

Equipo utilizado para trabajos de compactación en la construcción de carreteras y tramos asfálticos y en la reparación de zanjas y aceras. Está provisto de espacio lateral saliente que permite hacer compactación óptima hasta los bordes de los espacios a reparar.

### ***Apisonadores o bailarinas***

Equipo que produce una fuerza de impacto para la compactación de suelos. Están clasificados como apisonadores de impacto vibratorio (esto debido al número de golpes dados al suelo por minuto (500 a 800 por minuto).

### ***Pavimentadora de asfalto***

Máquina que aporta y distribuye el asfalto mediante una adecuada aplicación de los agregados y agente aglutinante utilizados en la pavimentación y reparación de caminos. El asfalto es puesto y compactado por esta máquina. Ejemplos de estos equipos de corte se muestran en la Ilustración 3.12.



Ilustración 3.12 Equipos para aberturas y cierres (ODAPAS, Nezahualcoyotl).







## CONCLUSIONES

Con el presente documento se da a los organismos operadores las recomendaciones para seleccionar los materiales y aplicar los procedimientos constructivos para la reparación de tuberías, y cajas de válvulas, que aseguren una adecuada vida útil y una economía real en la administración general de dichos organismos.

Algunas de las causas principales de fugas en los sistemas de distribución de agua son: una incorrecta elección de los materiales de la red, deficiente instalación y asentamiento de las tuberías, corrosión, deficiencias en las válvulas, sobrepresiones, acciones externas. Estas causas se deben tener en cuenta en el manejo operacional de la red y en su mantenimiento preventivo, con el fin de prolongar su vida útil sin fallos.

El tipo de reparación a realizar sobre la tubería dependerá del daño que se haya producido sobre la misma, así como del material y tipo de tubería.

Existen distintos sistemas de rehabilitación de tuberías. El método tradicional requiere abrir una zanja y la intervención de personal especializado. Las tecnologías actuales de rehabilitación de tuberías permiten disponer de maquinaria especializada y de materiales, principalmente plásticos, para recubrir las paredes internas de las tuberías afectadas, y dar solución los problemas de filtraciones y pérdidas de fluidos, sin necesidad de realizar obra civil y reduciendo por tanto, los costos de la intervención.

En los casos en los que la red esté seriamente dañada, es recomendable la renovación de la red para evitar los innumerables fallos y roturas producidas, los costos derivados de su reparación y las molestias para los vecinos de las zonas afectadas. Además, en muchos casos, la antigüedad de las redes hace aconsejable también su renovación y sustitución.

La conducción o transporte del agua por medio de tuberías requiere muchas veces el control del flujo, su regulación, o impedir que este pueda retornar en contra de un determinado sentido de circulación. Muchas veces se requiere poder mantener el flujo a una determinada presión de servicio o liberar el exceso de presión cuando esta sobrepasa ciertos límites de seguridad. Para estas

variadas funciones se utilizan válvulas que, intercaladas convenientemente en las tuberías, deben cumplir a cabalidad el fin para el cual se las eligió.

La correcta elección de válvula, según el tipo y las características para una aplicación determinada, es crucial, pues de esta elección depende en gran parte la eficiencia de la válvula. Para la elección del tipo de válvula se debe tener en cuenta su capacidad, la clase de fluido, su temperatura, la clase y tipo de tubería en la cual se va a instalar, la forma de realizar las conexiones, la manera como se va a operar y, finalmente, las facilidades para su buena maniobra y mantenimiento.



# A

## PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

### A.1. SOLDADURA DE ARCO

#### *Alcance*

Delimitar claramente los procesos de soldadura, metal base, así como la especificación aplicable.

#### *Metal base*

Indicar el tipo(s) de metal(es) base, dar su composición química o hacer referencia a una especificación, delimitar espesores.

Indicar cuando se requerirá que el metal base sea tratado (tratamiento térmico, trabajo en frío o limpieza) antes de iniciar el proceso de soldadura.

#### *Proceso de soldadura*

**Definir claramente tanto el proceso como las operaciones a ser utilizadas.**

#### *Metal de aporte*

Especificar la composición, tipo o clasificación del metal de aporte o relleno. Establecer los tipos y tamaños de los electrodos que pueden

usarse para soldar diferentes espesores en diferentes posiciones.

#### *Tipo y rango de la corriente*

Establecer el tipo de corriente a utilizar; cuando se requiera corriente directa c.d, indicar la polaridad adecuada. Además, cuando se tenga que soldar en diferentes posiciones y espesores, especificar el rango de corriente para cada tamaño de electrodo.

#### *Tensión para el arco y velocidad de avance*

Para la mayoría de los métodos de soldadura por arco se requiere determinar un rango de tensión. Además, para procesos automáticos es necesario establecer rangos para la velocidad de avance.

#### *Diseño de la unión*

Indicar las tolerancias permisibles en el diseño de la unión, así como la secuencia de la soldadura. Haciendo referencia a dibujos, especificaciones en normas o indicar el espesor del metal base así como los detalles de la unión mediante un croquis de la sección transversal. Las especi-

ficaciones de los detalles de las uniones se deben haber especificado desde el diseño.

### ***Preparación de la unión y de la superficie***

Señalar los métodos que pueden usarse para preparar las caras de la unión, así como el grado de limpieza requerido.

Con respecto a la preparación de la superficie, ésta puede realizarse mediante un proceso de maquinado o esmerilado seguido por uno de limpieza (utilizando vapor, tela o por inmersión).

### ***Detalles de la soldadura***

Especificar claramente todos los detalles que puedan afectar la calidad de la soldadura; por ejemplo, dar el tamaño de electrodo más apropiado para diferentes tipos de uniones y posiciones de trabajo o dar la secuencia de las fases para depositar el metal de aporte en la unión.

### ***Posición para soldar***

Establecer la posición (plana, horizontal, vertical y sobrecabzal) en la cual deberá realizarse la soldadura.

### ***Pre calentamiento y temperaturas interfaces***

Cuando el pre calentamiento o las temperaturas interfaces sean factores significativos para producir una unión sin defectos o que puedan modificar sus propiedades será necesario establecer límites de temperaturas para llevar a cabo dichos procesos.

### ***Rechazado/repujado***

Aunque no se recomienda usar indiscriminadamente el rechazado, en ocasiones éste puede emplearse para evitar el agrietamiento o para corregir distorsiones de la soldadura o del metal base.

Cuando se requiera su utilización, incluir los detalles de su aplicación y las herramientas adecuadas para llevarlo a cabo. Por ejemplo, la aplicación de la soldadura debe efectuarse por capas, para esto, tómese como referencia la Ilustración 10.16.

### ***Temperatura inicial***

El calentamiento de entrada en la mayoría de los casos es de gran importancia durante la soldadura de aceros tratados térmicamente, de fierros sensibles a grietas y aleaciones no ferrosas. En cualquier caso en que pueda influir en las propiedades finales de la unión, es recomendable incluir parámetros para su control.

### ***Preparación del segundo lado de la soldadura***

Cuando la unión vaya a ser soldada por ambos lados, especificar el método para preparar el segundo lado y establecer el protocolo de pruebas necesario.

### ***Tratamiento térmico pos soldadura***

Cuando se requiera llevar a cabo un tratamiento térmico de pos soldadura, especificar el procedimiento para llevarlo a cabo. Se debe dar una descripción completa del tratamiento a realizar o hacer referencia a un documento aplicable.

## **Registros**

Especificar el número de registro(s) así como los requerimientos específicos e información que éste(os) deberá contener. Debido a que una especificación puede prepararse de diferentes formas la información anterior no siempre será aplicable a la especificación de todos los procedimientos de soldadura. Algunos procesos especiales requerirán información más detallada, la cual podrá incluirse como notas o instrucciones adicionales.

## **A.2. SOLDADURA CON LLAMA (GAS)**

Los elementos básicos que se deben tomar en cuenta para la soldadura con llama son los mismos que en el caso de soldadura con arco; sin embargo, debido a la naturaleza del proceso es necesario incluir otras variables como son:

### ***Tipo de gas combustible***

El tipo de gas combustible utilizado debe especificarse, indicando el tipo de flama (oxidante, reductora o neutral).

### ***Tamaño de boquilla***

Especificar el tamaño de las boquillas. Estos tamaños se basan en el tamaño del orificio mediante el cual se controla el consumo de gas.

### ***Presión del oxígeno y del combustible***

Establecer rangos de presión para los reguladores utilizados durante el proceso.

## ***Diseño de la unión y tolerancias***

Indicar mediante dibujos el diseño y las tolerancias permisibles de la unión.

### ***Puntos a soldar***

Especificar el número, tamaño y localización de los puntos a soldar.

### ***Detalles de la soldadura***

Especificar todos los detalles que puedan afectar la calidad de la soldadura, por ejemplo: número de capas, tamaño del metal de aporte, velocidad de avance y amplitud del zig-zag.

### ***Posición***

Aunque la soldadura con gas puede llevarse a cabo en cualquier posición siempre se deberá especificar cuál de éstas debe emplearse.

### ***Detalles de la unión***

En este caso se considerarán cambios en los detalles o tipo de la unión como por ejemplo omitir el respaldo sobre una unión soldada de un sólo lado.

### ***Espesor de la placa***

El espesor de las placas de pruebas para una soldadura a tope varía dependiendo del rango requerido por producción, el cual generalmente varía entre 3/8 y 1 pulgada. Para calificar un soldador para espesores limitados (hasta 3/4 pulgadas) normalmente deben utilizarse placas de

3/8 pulgadas y para espesores restringidos éstas deberán ser de 1 pulgada.

### **Técnica**

En un proceso de soldadura en posición vertical, un cambio en la dirección del avance requiere de recalificación. A este respecto, la mayoría de las normas recomiendan que la calificación del soldador, cuando el proceso involucre alguna otra posición además de la plana, se realice utilizando como mínimo una opción más difícil (horizontal-2, vertical-3 o sobrecabeza-4). Así, por ejemplo, un soldador que se calificó soldando en una posición vertical, horizontal o sobre cabeza, se supone que está calificado en una posición plana.

Algunas recomendaciones de seguridad para el soldador:

1. Utilizar careta
2. Utilizar guantes
3. Utilizar “overall” y botas
4. Utilizar mascarilla para proteger boca y nariz contra los gases que pueden producirse durante el proceso de soldadura
5. Verificar que no existan gases explosivos en el ambiente donde se va a efectuar la soldadura

## **A.3. MÉTODOS DE SOLDADURA**

Método de soldadura de arco metálico protegido (SMAW):

1. Verificar que las partes que se soldarán tengan la alineación correcta

2. Verificar que las partes que se soldarán estén secas y libres de polvo, grasa o cualquier tipo de suciedad
3. Seleccionar el electrodo adecuado para los materiales que se van a soldar, se recomienda consultar los códigos de soldadura
4. Conectar y encender la máquina eléctrica para soldar (consultar el manual de usuario de la máquina)
5. Conectar una de las terminales de la máquina a las partes que se van a soldar y la otra al electrodo
6. Cerrar el arco, aproximando el electrodo a las partes que se van a soldar
7. Mover el electrodo con la velocidad requerida de acuerdo con las características de la máquina (consultar el manual de usuario)

### **Método de soldadura con llama (gas)**

1. Verificar que las partes que se soldarán tengan la alineación correcta
2. Verificar que las partes que se soldarán estén secas y libres de polvo, grasa o cualquier tipo de suciedad
3. Seleccionar el material de aporte adecuado para los materiales que se van a soldar. Para esto, se recomienda consultar los códigos de soldadura
4. Encender el soplete para soldar (consultar el manual de usuario)
5. Aproximar el material de aporte a las partes que se van a soldar
6. Aproximar la flama del soplete al material de aporte en las partes que se van a soldar
7. Aplicar el material de aporte con la velocidad requerida (consultar código de soldadura)



#### A.4. PRUEBAS

Si se requiere realizar pruebas a las soldaduras, pueden utilizarse los métodos de líquidos penetrantes y/o radiografía.

#### A.5. MATERIALES DE SOLDADURA (REFERENCIA DE LA NORMA ASME B31.3)

Los electrodos de soldadura y los metales de aporte utilizados deben producir metal de soldadura que cumpla con lo siguiente:

- La resistencia a la tensión nominal del metal de soldadura debe ser igual o superior a la resistencia a la mínima especificada para los metales base que se sueldan, o el más débil de los dos si es una junta de dos metales con diferentes resistencias
- El análisis químico nominal del metal de soldadura debe ser similar al análisis químico nominal de los principales elementos de aleación del metal base
- Si se sueldan metales base de distinto análisis químico, el análisis químico nominal del metal de soldadura debe ser similar a cualquiera de los metales base o de una composición intermedia, excepto para aceros austeníticos unidos a aceros ferríticos
- Cuando los aceros austeníticos se unen a aceros ferríticos, el metal de soldadura debe tener, predominantemente, una microestructura austenítica
- Para metales no ferrosos, el metal de soldadura debe ser el recomendado por el fabricante del metal base no ferroso o por asociaciones industriales para dicho metal

#### A.6. MATERIALES DE RESPALDO PARA SOLDADURA (REFERENCIA DE LA NORMA ASME B31.3)

Al utilizar anillos de respaldo, estos deberán cumplir con lo siguiente:

- Anillos de respaldo de metal ferroso. Serán de calidad soldable y el contenido de azufre no superará el 0.05 por ciento
- Si se van a soldar dos superficies adyacentes a un tercer elemento, usado como anillo de respaldo, y uno o dos de los tres son ferríticos y el otro o los otros dos son austeníticos, entonces el uso satisfactorio de tales materiales se deberá demostrar con la calificación del procedimiento de soldadura

Los anillos de respaldo pueden ser de maquinado continuo o del tipo de banda partida. Algunos tipos de uso común se muestran en la Ilustración A.1.

- Anillos de respaldo de materiales no ferrosos y no metálicos. Se pueden utilizar anillos de respaldo de material no ferroso o no metálico, siempre y cuando el diseñador apruebe su uso

#### A.7. INSERTOS CONSUMIBLES

Se pueden utilizar insertos consumibles, siempre y cuando tengan la misma composición nominal del metal de aporte, no causen una aleación degradante del metal de soldadura. En la

Ilustración A.1 Anillos de respaldo e insertos consumibles típicos.

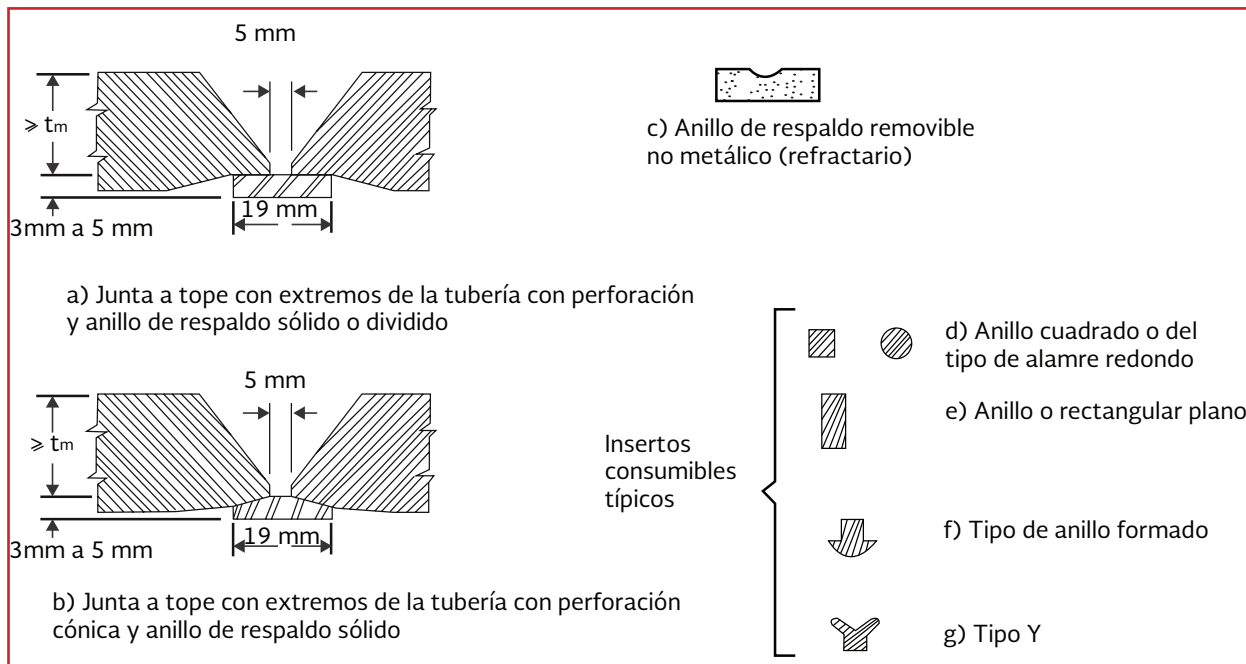


Ilustración A.8 inciso d a f, se muestran algunos tipos de uso común.

## A.8. PREPARACIÓN PARA LA SOLDADURA

**Limpieza.** Las superficies interiores y exteriores que se cortarán térmicamente o se soldarán, deberán estar limpias y libres de pintura, aceite, herrumbre, incrustaciones y cualquier otro material que pudiera causar daño a la soldadura o al metal base durante la aplicación del calor.

### Preparación final

- Información general. Se considera aceptable la preparación final sólo cuando la superficie esté razonablemente suave y lisa, y la escoria del corte por arco u oxígeno se haya retirado de la superficie cortada térmicamente. La decoloración remanente en la superficie cortada térmicamente no se considera una oxidación nociva

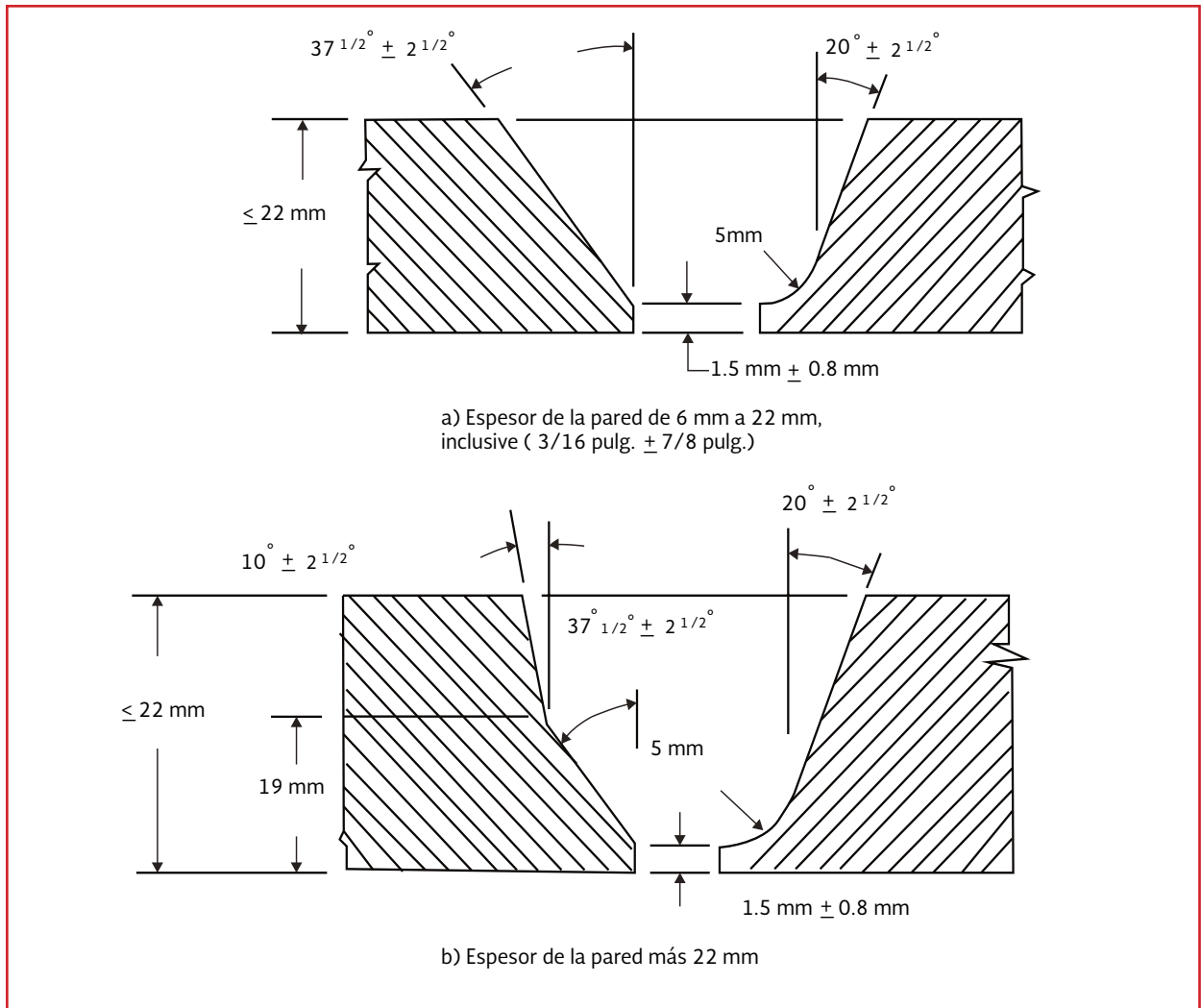
micamente no se considera una oxidación nociva

- Se considera aceptable la preparación final para las soldaduras de ranura especificadas en la norma ASME B16.25 vigente, o cualquier otra que cumpla con la especificación de soldadura. Ilustración A.2 inciso a y b, muestra los ángulos mitrados básicos de ASME B16.25 vigente y algunos ángulos mitrados en J adicionales

### Soldaduras circunferenciales

- Si los extremos de los componentes han sido cortados como se muestra en Ilustración A.2 inciso a o b, para ajustarse a los anillos de respaldo o a los insertos consumibles, o como se muestra en la ilustración A.3 inciso a o b, para corregir el desalineamiento interior, tal corte no deberá reducir el espesor de la pared

Ilustración A.2 Preparación de extremos para soldadura a tope típicos.



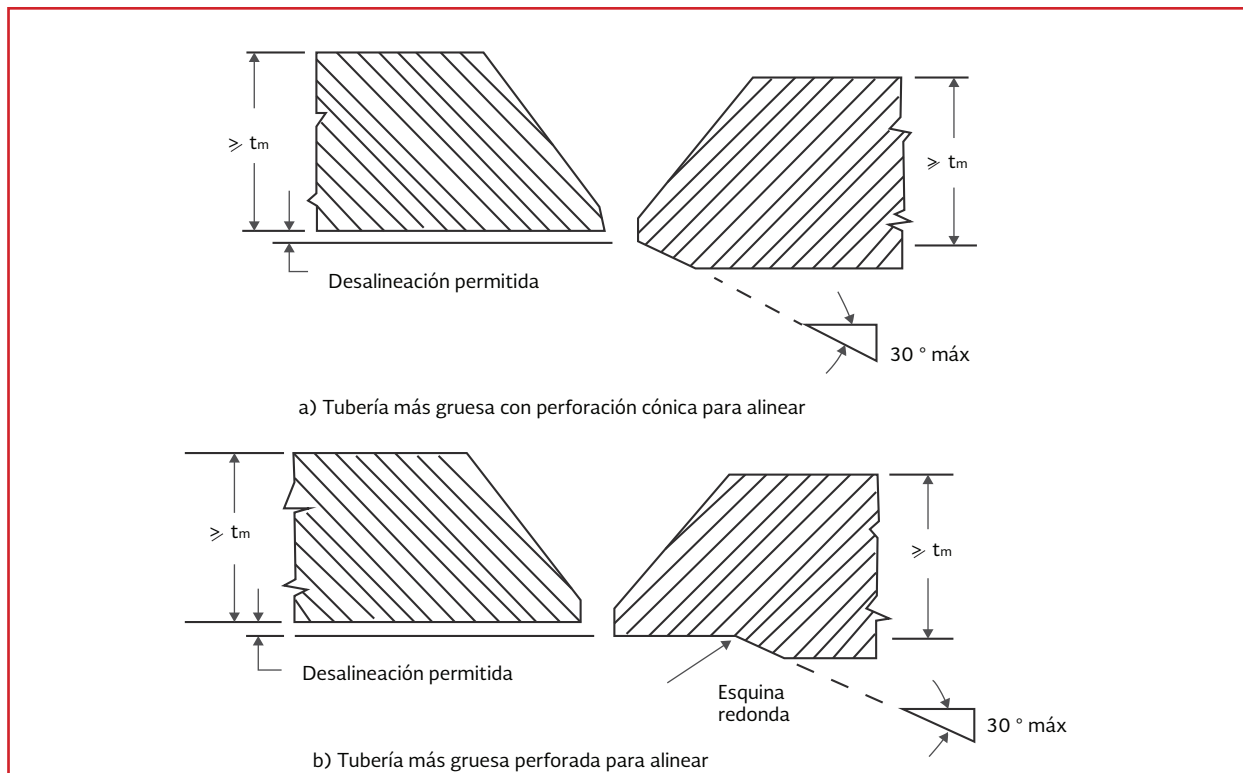
terminada por debajo del espesor de pared mínimo requerido,  $t_m$  (espesor de pared mínimo requerido, incluyendo tolerancias mecánicas, por corrosión y por erosión)

- Se pueden rebajar los extremos de los componentes para permitir que el anillo de respaldo quede completamente alojado, siempre y cuando el espesor neto remanente de los extremos terminados no sea inferior a  $t_m$
- Se permite adaptar los extremos de la tuberías de un mismo tamaño nominal a fin de mejorar la alineación, si se

mantienen los requisitos del espesor de pared

- Cuando sea necesario, se puede depositar metal de soldadura en el interior o en el exterior del componente para permitir la alineación o para realizar un maquinado que garantice el asentamiento satisfactorio de los anillos o insertos
- Cuando las juntas soldadas en ranura circunferenciales o mitradas en componentes con diferentes espesores de pared y uno es más de 1.5 veces el espesor del otro, la preparación final y la geometría deberán estar de acuerdo con los diseños

Ilustración A.3 Desalineaciones permitidas



aceptables para espesores desiguales indicados en ASME B16.25 vigente

- Los accesorios soldados a tope fabricados se pueden cortar para producir una junta angular para su unión a un tubo o a otros accesorios soldados a tope, siempre y cuando el desplazamiento angular total producido entre las dos partes unidas no exceda los tres grados

### Alineación

#### Soldaduras circunferenciales

- Las superficies internas de los componentes a unirse mediante soldaduras en ranura circunferenciales o mitradas estarán alineadas dentro de los límites di-

mensionales según la especificación del procedimiento de soldadura y el diseño de ingeniería

- Si las superficies externas de los componentes no están alineadas, la soldadura debe tener una transición entre ellas

#### Soldaduras de conexiones de ramales

- Las conexiones de ramales que se encuentren sobrepuestas a la superficie exterior de la tubería principal se contornearán, Ilustración A.4 inciso a y b
- Las conexiones de ramales insertadas a través de una abertura en la tubería principal se introducirán hasta alcanzar, al menos, la superficie interior de dicha tubería en todos los puntos, observe la



Ilustración A.4 Preparación para conexiones a ramales.

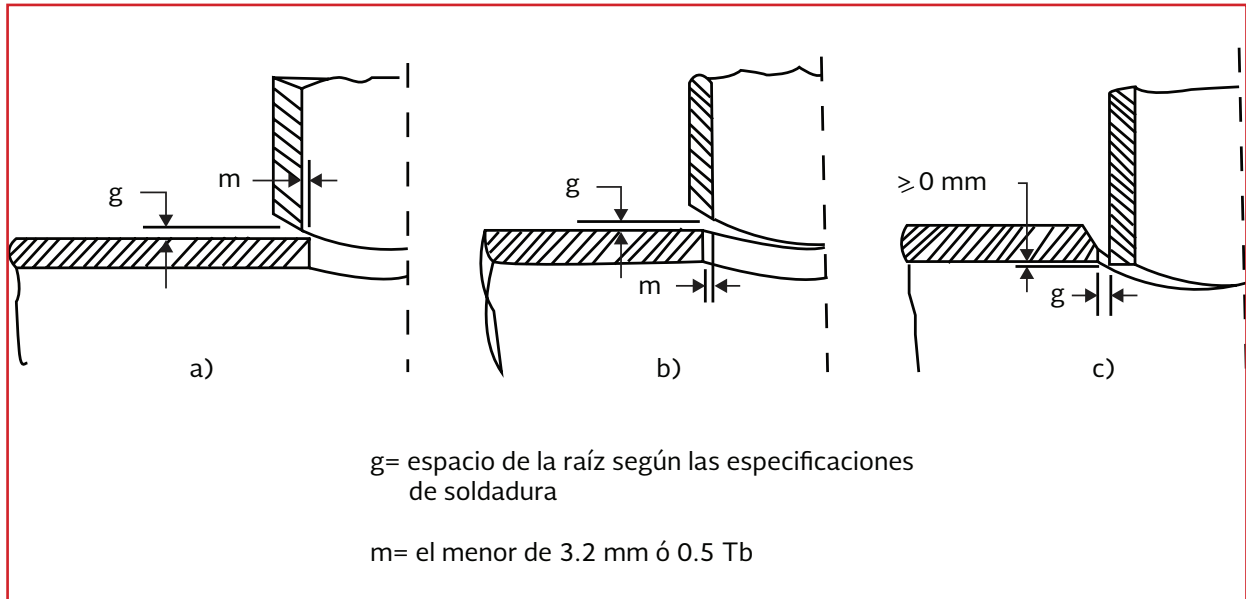


Ilustración A.4 inciso c

- Las aberturas de la tubería principal para las conexiones de ramales no se desviarán del contorno requerido en una dimensión superior a  $m$  de la Ilustración A.4. De ser necesario, para cumplir con esto, se puede agregar metal de soldadura para rectificar

#### Requisitos de soldadura

- Se le asignará un símbolo de identificación a cada soldador y operador calificado. Salvo especificación contraria en el diseño de ingeniería, se marcará con el símbolo de identificación del soldador u operador de soldadura, cada soldadura que soporte presión o en el área adyacente a ésta. Como alternativa al marcado de la soldadura, se llevarán registros apropiados
- Los puntos de armado en la raíz de la junta, deben realizarse con un metal de

aporte equivalente al que se utilizara en el pase de raíz. Los puntos de armado deben realizarlos soldadores u operadores de soldadura calificados. Los puntos de armado deben fundirse en el pase de raíz, excepto que aquellos que se encuentren agrietados deben removerse. Se eliminarán los puntos de armado puenteados (arriba de la soldadura)

- Se prohíbe el martillado en el pase de raíz y en el pase final de una soldadura
- No se realizará ninguna soldadura en áreas expuestas a lluvia, nieve, aguanieve, viento excesivo o si el área para soldar está helada o mojada
- Válvulas con los extremos para soldar. Toda secuencia y procedimiento de soldadura, así como cualquier tratamiento térmico, realizado a una válvula con el extremo para soldar, será tal que conserve la hermeticidad del asiento de la válvula

Ilustración A.5 Tamaños de soldadura de filete.

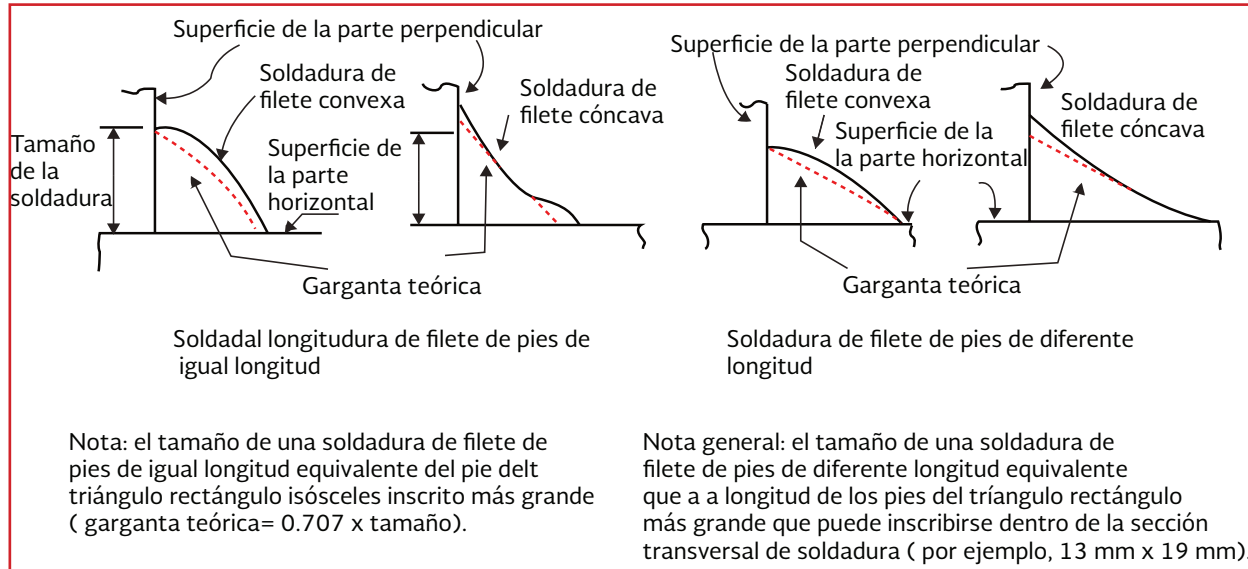
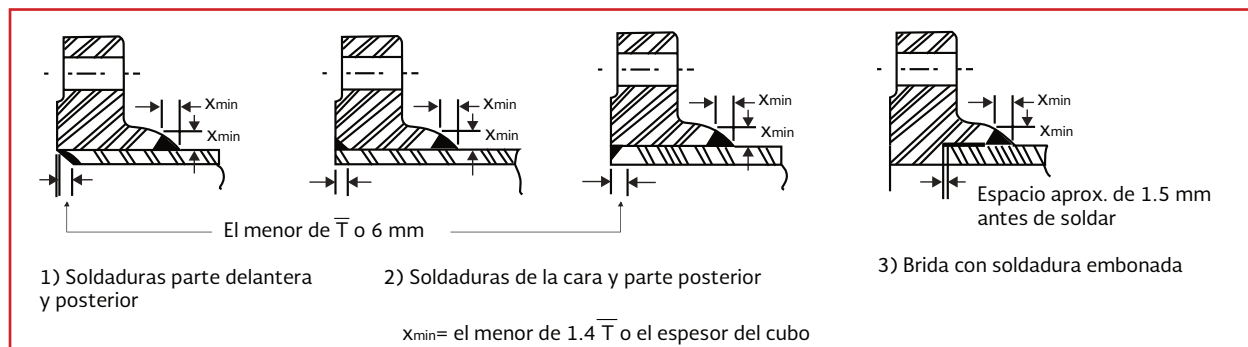


Ilustración A.6 Detalles típicos para bridas con accesorios soldados con soldadura tipo deslizante doble y embonada.



### Soldaduras de filete y embonada

- Las soldaduras de filete (incluidas las embonadas) pueden variar de convexas a cóncavas. El tamaño de la soldadura de filete se determina tal y como se muestra en la Ilustración A.5. La Ilustración A.6 muestra los detalles típicos de soldadura para las bridas de deslizamiento y

tipo embonada, y en la Ilustración A.7, se muestran las dimensiones mínimas de soldaduras para otros componentes con soldadura embonada

- Si se realiza una única soldadura en bridas de deslizamiento, ésta estará en el cubo de la brida Ilustración A.8

Ilustración A.7 Dimensiones mínimas de soldadura para componentes con soldadura embonada.

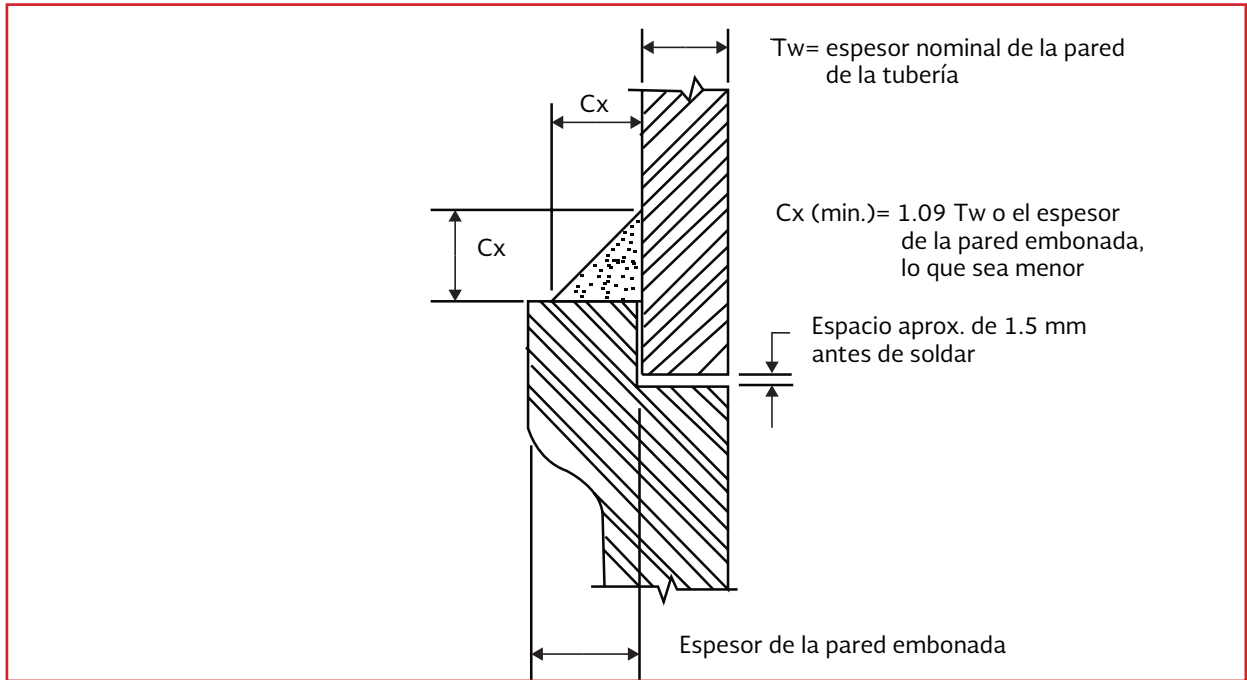


Ilustración A.8 Procesos de soldadura

Tamaño del filete	Posición de la soldadura			
	Base 1 F	Horizontal 1 F	Vertical hacia arriba 1F	Por encima de la principal 4F
1/4				
1/2				
3/4				

Ilustración A.8 Procesos de soldadura (continuación)

Espesor del material	Posición de la soldadura				
	Plano 1 G	Horizontal 2G	Vertical arriba 3G (U)	Vertical de abajo 3G(O)	
3/8					
1/2					
5/8					

Posición de la soldadura	Electrodo de soldadura sugerido	Diámetro de electrodo por espesor de material (in)		
		3/16	3/16	3/16
1G	E6010	3/16	3/16	3/16
2G	E6010	3/16	3/16	3/16
3G (U)	E7018	5/32	5/32	5/32
3G (D), 4G	E6010	5/32	5/32	5/32
	E7018	5/32	5/32	5/32

Ilustración A.8 Procesos de soldadura (continuación)

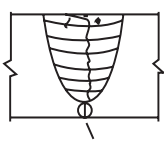
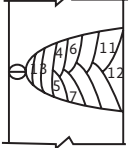
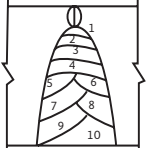
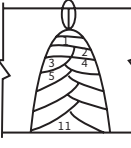
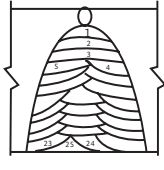
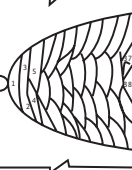
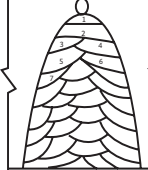
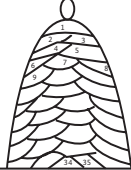
Posición de la soldadura	Electrodo de soldadura sugerido	Diámetro de electrodo por espesor de material (in)		
		1/4	1/2	3/4
1.F. 2F	E7024	1/4	1/4	1/4
3F (U)	E7018	5/32	5/32	5/32
4F	E6010	3/16	3/16	3/16
	E7018	5/32	5/32	5/32

Espesor del material (in)	Posición de la soldadura
1/8	Todas las posiciones 
3/16	
1/4	

Posición de la soldadura	Electrodo de soldadura sugerido	Diámetro de electrodo por espesor de material (in)		
		1/8	3/16	1/4
1G	E6010	3/32	1/8	5/32
2G, 3G (U)	E6010, E6012			
3G(D), 4G	E6014, E6013	3/32	1/8	5/32



Ilustración A.8 Procesos de soldadura (continuación)

Espesor de material (in)					
	Plano 1 G	Horizontal 2G	Vertical arriba vertical abajo 3G (UyD)	Desde arriba	
1					
2 y más					
	Posición de la soldadura	Electrodo de soldadura sugerido	Diámetro de electrodo por espesor de material (in)		
	1G	E6010	1/8	3/16	1/4
	2G, 3G (U)	E6010, E6012	3/32	1/8	5/32
	3G (D), 4G	E6014, E6013	3/32	1/8	5/32



## BIBLIOGRAFÍA

Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (2009). Mantenimiento de redes de agua a presión. Parte 1: Reparaciones. Comisión 3ª. AEAS, España.

Balairón Pérez, L. y Ase TUB (Asociación Española de Fabricantes de Tubos y Accesorios Plásticos). (2008). Tuberías de polietileno. Manual Técnico. AENOR Ediciones, Universidad de Salamanca, España.

De la Cruz, M. (2009) Reparación, rehabilitación y renovación de redes. AseTUB, España.

Empopasto S.A. E.S.P. (2011). Rehabilitación e instalación de válvulas de cierre, purgas, ventosas y construcción cajas de inspección red

de acueducto, zonas hidráulicas Cujacal Alto y Bajo, 1ª. Etapa. Pasto, NIT 891.200.686-3.

CEAS (2006). Procedimientos de construcción de obra pública, Construcción de Cajas para operación de válvulas, Procedimiento 03.002.07. Gobierno de Coahuila

IMTA (2011). Proyecto de sectorización de la red de agua potable y alcantarillado del municipio de Xicotepéc de Juárez, Puebla, Semarnat, México

Ways, L.W. (Ed.) (2000) Manual de sistemas de distribución de agua. McGraw-Hill, España.

SIAPA. (2008) Manual de procedimientos. Gerencia de Agua Potable y Alcantarillado, Guadaluajara, Jalisco, México.







# TABLA DE CONVERSIONES DE UNIDADES DE MEDIDA

Sigla	Significado	Sigla	Significado
mg	miligramo	kg/m <sup>3</sup>	kilogramo por metro cúbico
g	gramo	l/s	litros por segundo
kg	kilogramo	m <sup>3</sup> /d	metros cúbicos por día
mm	milímetro	Sm <sup>3</sup> /h	condiciones estándar de metro cúbico por hora
cm	centímetro	Scfm	condiciones estándar de pies cúbicos por minuto
m	metro	°C	grados Celsius
ml	mililitro	psia	libra-fuerza por pulgada cuadrada absoluta
l	litro	cm/s	centímetro por segundo
m <sup>3</sup>	metro cúbico	m/s	metro por segundo
s	segundo	HP	caballo de fuerza (medida de energía)
h	hora	kW	kilowatt
d	día	UNT	unidades nefelométricas de turbiedad
mg/l	miligramo por litro		

## Longitud

Sistema métrico	Sistema Inglés	Siglas
1 milímetro (mm)	0.03	in
1 centímetro (cm) = 10 mm	0.39	in
1 metro (m) = 100 cm	1.09	yd
1 kilómetro (km) = 1 000 m	0.62	mi
<b>Sistema Inglés</b>	<b>Sistema métrico</b>	
1 pulgada (in)	2.54	cm
1 pie (ft) = 12 pulgadas	0.30	m
1 yarda (yd) = 3 pies	0.91	m
1 milla (mi) = 1 760 yardas	1.60	km
1 milla náutica (nmi) = 2 025.4 yardas	1.85	km

## Superficie

Sistema métrico	Sistema inglés	Siglas
1 cm <sup>2</sup> = 100 mm <sup>2</sup>	0.15	in <sup>2</sup>
1 m <sup>2</sup> = 10 000 cm <sup>2</sup>	1.19	yd <sup>2</sup>
1 hectárea (ha) = 10 000 m <sup>2</sup>	2.47	acres
1 km <sup>2</sup> = 100 ha	0.38	mi <sup>2</sup>
Sistema Inglés	Sistema métrico	
1 in <sup>2</sup>	6.45	cm <sup>2</sup>
1 ft <sup>2</sup> = 144 in <sup>2</sup>	0.09	m <sup>2</sup>
1 yd <sup>2</sup> = 9 ft <sup>2</sup>	0.83	m <sup>2</sup>
1 acre = 4 840 yd <sup>2</sup>	4 046.90	m <sup>2</sup>
1 milla <sup>2</sup> = 640 acres	2.59	km <sup>2</sup>

## Volumen/capacidad

Sistema métrico	Sistema inglés	Siglas
1 cm <sup>3</sup>	0.06	in <sup>3</sup>
1 dm <sup>3</sup> = 1 000 cm <sup>3</sup>	0.03	ft <sup>3</sup>
1 m <sup>3</sup> = 1 000 dm <sup>3</sup>	1.30	yd <sup>3</sup>
1 litro (L) = 1 dm <sup>3</sup>	1.76	pintas
1 hectolitro (hL) = 100 L	21.99	galones
Sistema Inglés	Sistema métrico	
1 in <sup>3</sup>	16.38	cm <sup>3</sup>
1 ft <sup>3</sup> = 1 728 in <sup>3</sup>	0.02	m <sup>3</sup>
1 onza fluida EUA = 1.0408 onzas fluidas RU	29.57	mL
1 pinta (16 onzas fluidas) = 0.8327 pintas RU	0.47	L
1 galón EUA = 0.8327 galones RU	3.78	L

## Masa/peso

Sistema métrico	Sistema inglés	
1 miligramo (mg)	0.0154	grano
1 gramo (g) = 1 000 mg	0.0353	onza
1 kilogramo (kg) = 1 000 g	2.2046	libras
1 tonelada (t) = 1000 kg	0.9842	toneladas larga
Sistema Inglés	Sistema métrico	
1 onza (oz) = 437.5 granos	28.35	g
1 libra (lb) = 16 oz	0.4536	kg
1 stone = 14 lb	6.3503	kg
1 hundredweight (cwt) = 112 lb	50.802	kg
1 tonelada larga = 20 cwt	1.016	t

## Temperatura

$$^{\circ}C = \frac{5}{9}(^{\circ}F -$$

$$^{\circ}F = \frac{9}{5}(^{\circ}C) + 32$$

Otros sistemas de unidades		Multiplicado por	Sistema Internacional de Unidades (SI)	
Unidad	Símbolo	Factor de conversión	Se convierte a	
<b>Longitud</b>				
Pie	pie, ft.,'	0.30	metro	m
Pulgada	plg, in,"	25.40	milímetro	mm
<b>Presión/esfuerzo</b>				
Kilogramo fuerza/cm <sup>2</sup>	kg <sub>f</sub> /cm <sup>2</sup>	98 066.50	pascal	Pa
Libra/pulgada <sup>2</sup>	lb/ plg <sup>2</sup> , PSI	6 894.76	pascal	Pa
atmósfera técnica	at	98 066.50	pascal	Pa
metro de agua	m H <sub>2</sub> O (mca)	9 806.65	pascal	Pa
mm de mercurio	mm Hg	133.32	pascal	Pa
bar	bar	100 000.00	pascal	Pa
<b>Fuerza/ peso</b>				
kilogramo fuerza	kg <sub>f</sub>	9.80	newton	N
<b>Masa</b>				
libra	lb	0.45	kilogramo	kg
onza	oz	28.30	gramo	g
<b>Peso volumétrico</b>				
kilogramo fuerza/m <sup>3</sup>	kg <sub>f</sub> /m <sup>3</sup>	9.80	N/m <sup>3</sup>	N/m <sup>3</sup>
libra /ft <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	157.08	N/m <sup>3</sup>	N/m <sup>3</sup>
<b>Potencia</b>				
caballo de potencia	CP, HP	745.69	watt	W
caballo de vapor	CV	735.00	watt	W
<b>Viscosidad dinámica</b>				
poise	μ	0.01	pascal segundo	Pa s
<b>Viscosidad cinemática</b>				
viscosidad cinemática	v	1	stoke	m <sup>2</sup> /s (St)
<b>Energía/ Cantidad de calor</b>				
caloría	cal	4.18	joule	J
unidad térmica británica	BTU	1 055.06	joule	J
<b>Temperatura</b>				
grado Celsius	°C	tk=tc + 273.15	grado Kelvin	K

Nota: El valor de la aceleración de la gravedad aceptado internacionalmente es de 9.80665 m/s<sup>2</sup>

Longitud								
de / a	mm	cm	m	km	mi	milla náutica (nmi)	ft	in
mm	1.000	0.100	0.001					
cm	10000	1.000	0.010				0.033	0.394
m	1 000.000	100.000	1.000	0.001			3.281	39.370
km			0.001	1.000	0.621	0.540	3 280.83	0.039
mi			1 609.347	1.609	1.000	0.869	5 280.000	
nmi			1 852.000	1.852	1.151	1.000	6 076.115	
ft		30.480	0.305				1.000	12.000
in	25.400	2.540	0.025				0.083	1.000

Superficie								
de / a	cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	km <sup>2</sup>	ha	mi <sup>2</sup>	acre	ft <sup>2</sup>	in <sup>2</sup>
cm <sup>2</sup>	1.00						0.001	0.155
m <sup>2</sup>	10 000.00	1.00					10.764	1 550.003
km <sup>2</sup>			1.000	100.000	0.386	247.097		
ha		10 000.00	0.010	1.000	0.004	2.471		
mi <sup>2</sup>			2.590	259.000	1.000	640.000		
acre		4 047.00	0.004	0.405	0.002	1.000		
ft <sup>2</sup>	929.03	0.09					1.000	0.007
in <sup>2</sup>	6.45						144.000	1.000

Volumen								
de / a	cm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	L	ft <sup>3</sup>	gal. EUA	acre-ft	in <sup>3</sup>	yd <sup>3</sup>
cm <sup>3</sup>	1.000		0.001				0.061	
m <sup>3</sup>		1.000	1 000.000	35.314	264.200			1.307
L	1 000.000	0.001	1.000	0.035	0.264		61.023	
ft <sup>3</sup>		0.028	28.317	1.000	7.481			0.037
gal. EUA		0.004	3.785	0.134	1.000		230.974	
acre-ft		1 233.490				1.000		
in <sup>3</sup>	16.387		0.016		0.004		1.000	
Yd <sup>3</sup>		0.765		27.000				1.000

Gasto								
de / a	l/s	cm <sup>3</sup> /s	gal/día	gal/min	l/min	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /h	ft <sup>3</sup> /s
l/s	1.000	1 000.000		15.851	60.000	86.400	3.600	0.035
cm <sup>3</sup> /s	0.001	1.000	22.825	0.016	0.060	0.083		
gal/día		0.044	1.000			0.004		
gal/min	0.063	63.089	1 440.000	1.000	0.000	5.451	0.227	0.002
l/min	0.017	16.667	0.000	0.264	1.000	1.440	0.060	
m <sup>3</sup> /día	0.012	11.570	264.550	0.183	0.694	1.000	0.042	
m <sup>3</sup> /h	0.278		6 340.152	4.403	16.667	24.000	1.000	0.010
ft <sup>3</sup> /s	28.316			448.831	1 698.960	2 446.590	101.941	1.000



Eficiencia de pozo			
de	a	gal/min/pie	l/s/m
gal/min/pie		1.000	0.206
l/s/m		4.840	1.000

Permeabilidad							
de	a	cm/s	gal/día/Pie <sup>2</sup>	millones gal/día/acre	m/día	pie/s	Darcy
cm/s		1.000	21 204.78		864.000	0.033	
gal/día/pie <sup>2</sup>			1.000		0.041		0.055
millón gal/día/acre				1.000	0.935		
m/día		0.001	24.543	1.069	1.000		1.351
pie/s		30.480			26 334.72	1.000	
Darcy			18.200		0.740		1.000

Peso									
de	a	grano	gramo	kilogramo	libra	onza	tonelada corta	tonelada larga	tonelada métrica
Grano (gr)		1.000	0.065						
Gramo (g)		15.432	1.000	0.001	0.002				
Kilogramo (kg)			1 000.000	1.000	2.205	35.273			0.001
Libra (lb)			453.592	0.454	1.000	16.000			
Onza (oz)		437.500	28.350			1.000			
t corta				907.180	2 000.000		1.000		0.907
t larga				1 016.000	2 240.000		1.119	1.000	1.016
t métrica				1 000.000	2 205.000		1.101	0.986	1.000

Potencia									
de	a	CV	HP	kW	W	ft lb/s	kg m/s	BTU/s	kcal/s
CV		1.000	0.986	0.736	735.500	542.500	75.000	0.697	0.176
HP		1.014	1.000	0.746	745.700	550.000	76.040	0.706	0.178
kW		1.360	1.341	1.000	1 000.000	737.600	101.980	0.948	0.239
W				0.001	1.000	0.738	0.102		
ft lb/s					1.356	1.000	0.138	0.001	
kg m/s		0.013	0.013	0.009	9.806	7.233	1.000	0.009	0.002
BTU/s		1.434	1.415	1.055	1 055.000	778.100	107.580	1.000	0.252
kcal/s		5.692	5.614	4.186	4 186.000	3 088.000	426.900	3.968	1.000

Presión								
de	a	atmósfera	Kg/cm <sup>2</sup>	lb/in <sup>2</sup>	mm de Hg	in de Hg	m de H <sub>2</sub> O	ft de H <sub>2</sub> O
atmósfera		1.000	1.033	14.696	760.000	29.921	10.330	33.899
kg/cm <sup>2</sup>		0.968	1.000	14.220	735.560	28.970	10.000	32.810
lb/in <sup>2</sup>		0.068	0.070	1.000	51.816	2.036	0.710	2.307
mm de Hg		0.001	0.001	0.019	1.000	0.039	0.013	0.044
in de Hg		0.033	0.035	0.491	25.400	1.000	0.345	1.133
m de agua		0.096	0.100	1.422	73.560	2.896	1.000	3.281
ft de agua		0.029	0.030	0.433	22.430	0.883	0.304	1.000

Energía									
de	a	CV hora	HP hora	kW hora	J	ft.lb	kgm	BTU	kcal
CV hora		1.000	0.986	0.736				2 510.000	632.500
HP hora		1.014	1.000	0.746				2 545.000	641.200
kW hora		1.360	1.341	1.000				3 413.000	860.000
J					1.000	0.738	0.102		
ft.lb					1.356	1.000	0.138		
kgm					9.806	7.233	1.000		
BTU					1 054.900	778.100	107.580	1.000	0.252
kcal					4 186.000	3 087.000	426.900	426.900	1.000

Transmisividad				
de	a	cm <sup>2</sup> /s	gal/día/pe	m <sup>2</sup> /día
cm <sup>2</sup> /s		1.000	695.694	8.640
gal/día/ft		0.001	1.000	0.012
m <sup>2</sup> /día		0.116	80.520	1.000

Conversión de pies y pulgadas, a metros												
ft, in/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0.000	0.025	0.051	0.076	0.102	0.127	0.152	0.178	0.203	0.229	0.254	0.279
1	0.305	0.330	0.356	0.381	0.406	0.432	0.457	0.483	0.508	0.533	0.559	0.584
2	0.610	0.635	0.660	0.686	0.711	0.737	0.762	0.787	0.813	0.838	0.864	0.889
3	0.914	0.940	0.965	0.991	1.016	1.041	1.067	1.092	1.117	1.143	1.168	1.194
4	1.219	1.245	1.270	1.295	1.321	1.346	1.372	1.397	1.422	1.448	1.473	1.499
5	1.524	1.549	1.575	1.600	1.626	1.651	1.676	1.702	1.727	1.753	1.778	1.803
6	1.829	1.854	1.880	1.905	1.930	1.956	1.981	2.007	2.032	2.057	2.083	2.108
7	2.134	2.159	2.184	2.210	2.235	2.261	2.286	2.311	2.337	2.362	2.388	2.413
8	2.438	2.464	2.489	2.515	2.540	2.565	2.591	2.616	2.642	2.667	2.692	2.718
9	2.743	2.769	2.794	2.819	2.845	2.870	2.896	2.921	2.946	2.972	2.997	3.023
10	3.048	3.073	3.099	3.124	3.150	3.175	3.200	3.226	3.251	3.277	3.302	3.327
11	3.353	3.378	3.404	3.429	3.454	3.480	3.505	3.531	3.556	3.581	3.607	3.632
12	3.658	3.683	3.708	3.734	3.759	3.785	3.810	3.835	3.861	3.886	3.912	3.937
13	3.962	3.988	4.013	4.039	4.064	4.089	4.115	4.140	4.166	4.191	4.216	4.242
14	4.267	4.293	4.318	4.343	4.369	4.394	4.420	4.445	4.470	4.496	4.521	4.547
15	4.572	4.597	4.623	4.648	4.674	4.699	4.724	4.750	4.775	4.801	4.826	4.851
16	4.877	4.902	4.928	4.953	4.978	5.004	5.029	5.055	5.080	5.105	5.131	5.156
17	5.182	5.207	5.232	5.258	5.283	5.309	5.334	5.359	5.385	5.410	5.436	5.461
18	5.486	5.512	5.537	5.563	5.588	5.613	5.639	5.664	5.690	5.715	5.740	5.766
19	5.791	5.817	5.842	5.867	5.893	5.918	5.944	5.969	5.994	6.020	6.045	6.071
20	6.096	6.121	6.147	6.172	6.198	6.223	6.248	6.274	6.299	6.325	6.350	6.375
21	6.401	6.426	6.452	6.477	6.502	6.528	6.553	6.579	6.604	6.629	6.655	6.680
22	6.706	6.731	6.756	6.782	6.807	6.833	6.858	6.883	6.909	6.934	6.960	6.985
23	7.010	7.036	7.061	7.087	7.112	7.137	7.163	7.188	7.214	7.239	7.264	7.290
24	7.315	7.341	7.366	7.391	7.417	7.442	7.468	7.493	7.518	7.544	7.569	7.595
25	7.620	7.645	7.671	7.696	7.722	7.747	7.772	7.798	7.823	7.849	7.874	7.899
26	7.925	7.950	7.976	8.001	8.026	8.052	8.077	8.103	8.128	8.153	8.179	8.204
27	8.230	8.255	8.280	8.306	8.331	8.357	8.382	8.407	8.433	8.458	8.484	8.509
28	8.534	8.560	8.585	8.611	8.636	8.661	8.687	8.712	8.738	8.763	8.788	8.814
29	8.839	8.865	8.890	8.915	8.941	8.966	8.992	9.017	9.042	9.068	9.093	9.119
30	9.144	9.169	9.195	9.220	9.246	9.271	9.296	9.322	9.347	9.373	9.398	9.423
31	9.449	9.474	9.500	9.525	9.550	9.576	9.601	9.627	9.652	9.677	9.703	9.728
32	9.754	9.779	9.804	9.830	9.855	9.881	9.906	9.931	9.957	9.982	10.008	10.033
33	10.058	10.084	10.109	10.135	10.160	10.185	10.211	10.236	10.262	10.287	10.312	10.338
34	10.363	10.389	10.414	10.439	10.465	10.490	10.516	10.541	10.566	10.592	10.617	10.643
35	10.668	10.693	10.719	10.744	10.770	10.795	10.820	10.846	10.871	10.897	10.922	10.947

La segunda columna es la conversión de pies a metros; las siguientes columnas son la conversión de pulgadas a metros que se suman a la anterior conversión.

Tabla de conversión de pulgadas a milímetros								
Pulgadas	0	1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
0	0	3.175	6.35	9.525	12.7	15.875	19.05	22.225
1	25.4	28.575	31.75	34.925	38.1	41.275	44.45	47.625
2	50.8	53.975	57.15	60.325	63.5	66.675	69.85	73.025
3	76.2	79.375	82.55	85.725	88.9	92.075	95.25	98.425
4	101.6	104.775	107.95	111.125	114.3	117.475	120.65	123.825
5	127.0	130.175	133.35	136.525	139.7	142.875	146.05	149.225
6	152.4	155.575	158.75	161.925	165.1	168.275	171.45	174.625
7	177.8	180.975	184.15	187.325	190.5	193.675	196.85	200.025
8	203.2	206.375	209.55	212.725	215.9	219.075	222.25	225.425
9	228.6	231.775	234.95	238.125	241.3	244.475	247.65	250.825
10	254.0	257.175	260.35	263.525	266.7	269.875	273.05	276.225
11	279.4	282.575	285.75	288.925	292.1	295.275	298.45	301.625
12	304.8	307.975	311.15	314.325	317.5	320.675	323.85	327.025
13	330.2	333.375	336.55	339.725	342.9	346.075	349.25	352.425
14	355.6	358.775	361.95	365.125	368.3	371.475	374.65	377.825
15	381.0	384.175	387.35	390.525	393.7	396.875	400.05	403.225
16	406.4	409.575	412.75	415.925	419.1	422.275	425.45	428.625
17	431.8	434.975	438.15	441.325	444.5	447.675	450.85	454.025
18	457.2	460.375	463.55	466.725	469.9	473.075	476.25	479.425
19	482.6	485.775	488.95	492.125	495.3	498.475	501.65	504.825
20	508.0	511.175	514.35	517.525	520.7	523.875	527.05	530.225
21	533.4	536.575	539.75	542.925	546.1	549.275	552.45	555.625
22	558.8	561.975	565.15	568.325	571.5	574.675	577.85	581.025
23	584.2	587.375	590.55	593.725	596.9	600.075	603.25	606.425
24	609.6	612.775	615.95	619.125	622.3	625.475	628.65	631.825
25	635.0	638.175	641.35	644.525	647.7	650.875	654.05	657.225
26	660.4	663.575	666.75	669.925	673.1	676.275	679.45	682.625
27	685.8	688.975	692.15	695.325	698.5	701.675	704.85	708.025
28	711.2	714.375	717.55	720.725	723.9	727.075	730.25	733.425
29	736.6	739.775	742.95	746.125	749.3	752.475	755.65	758.825
30	762.0	765.175	768.35	771.525	774.7	777.875	781.05	784.225

Fórmulas generales para la conversión de los diferentes sistemas

Centígrados a Fahrenheit	$^{\circ}\text{F}=9/5^{\circ}\text{C}+32$
Fahrenheit a Centígrados	$^{\circ}\text{C}=5/9 (^{\circ}\text{F}-32)$
Réaumur a Centígrados	$^{\circ}\text{C}=5/4 ^{\circ}\text{R}$
Fahrenheit a Réaumur	$^{\circ}\text{R}=4/9 (^{\circ}\text{F}-32)$
Réaumur a Fahrenheit	$^{\circ}\text{F}=(9/4^{\circ}\text{R})+32$
Celsius a Kelvin	$^{\circ}\text{K}=273.15+^{\circ}\text{C}$
Fahrenheit a Rankine	$^{\circ}\text{Ra}=459.67+^{\circ}\text{F}$
Rankine a Kelvin	$^{\circ}\text{K}=5/9^{\circ}\text{Ra}$



Factores químicos de conversión					
	A	B	C	D	E
Constituyentes	epm a ppm	ppm a epm	epm a gpg	gpg a epm	ppm a ppm CaCO <sub>3</sub>
calcio Ca <sup>+2</sup>	20.04	0.04991	1.1719	0.8533	2.4970
hierro Fe <sup>+2</sup>	27.92	0.03582	1.6327	0.6125	1.7923
magnesio Mg <sup>+2</sup>	12.16	0.08224	0.7111	1.4063	4.1151
potasio K <sup>+1</sup>	39.10	0.02558	2.2865	0.4373	1.2798
sodio Na <sup>+1</sup>	23.00	0.04348	1.3450	0.7435	2.1756
bicarbonato (HCO <sub>3</sub> ) <sup>-1</sup>	61.01	0.01639	3.5678	0.2803	0.8202
carbonato (CO <sub>3</sub> ) <sup>-2</sup>	30.00	0.03333	1.7544	0.5700	1.6680
cloro (Cl) <sup>-1</sup>	35.46	0.02820	2.0737	0.4822	1.4112
hidróxido (OH) <sup>-1</sup>	17.07	0.05879	0.9947	1.0053	2.9263
nitrato (NO <sub>3</sub> ) <sup>-1</sup>	62.01	0.01613	3.6263	0.2758	0.8070
fosfato (PO <sub>4</sub> ) <sup>-3</sup>	31.67	0.03158	1.8520	0.5400	1.5800
sulfato (SO <sub>4</sub> ) <sup>-2</sup>	48.04	0.02082	2.8094	0.3559	1.0416
bicarbonato de calcio Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	805.00	0.01234	4.7398	0.2120	0.6174
carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> )	50.04	0.01998	2.9263	0.3417	1.0000
cloruro de calcio (CaCl <sub>2</sub> )	55.50	0.01802	3.2456	0.3081	0.9016
hidróxido de calcio Ca(OH) <sub>2</sub>	37.05	0.02699	2.1667	0.4615	1.3506
sulfato de calcio (CaSO <sub>4</sub> )	68.07	0.01469	3.9807	0.2512	0.7351
bicarbonato férrico Fe(HCO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	88.93	0.01124	5.2006	0.1923	0.5627
carbonato férrico Fe <sub>2</sub> (CO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	57.92	0.01727	3.3871	0.2951	0.8640
sulfato férrico Fe <sub>2</sub> (CO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	75.96	0.01316	4.4421	0.2251	0.6588
bicarbonato magnésico Mg(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	73.17	0.01367	4.2789	0.2337	0.6839
carbonato magnésico (MgCO <sub>3</sub> )	42.16	1.02372	2.4655	0.4056	1.1869
cloruro de magnesio (MgCl <sub>2</sub> )	47.62	0.02100	2.7848	0.3591	1.0508
hidróxido de magnesio Mg(OH) <sub>2</sub>	29.17	0.03428	1.7058	0.5862	1.7155
sulfato de magnesio (MgSO <sub>4</sub> )	60.20	0.01661	3.5202	0.2841	0.6312

epm = equivalentes por millón

ppm = partes por millón

gpg = granos por galón

p.p.m. CaCO<sub>3</sub> = partes por millón de carbonato de calcio



# ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 Ejemplos de tipos de roturas	1
Ilustración 1.2 Ejemplo de la formulación de árboles	3
Ilustración 1.3 Ejemplo de fugas en una tubería	9
Ilustración 1.4 Esquema de funcionamiento de un Geófono ( <a href="http://www.sps-srl.eu">www.sps-srl.eu</a> )	11
Ilustración 1.5 Aplicación de colorante para detección de fugas	13
Ilustración 1.6 Localización de fuga en tubería	13
Ilustración 1.7 Fuga en una junta entre tubos (ODAPAS, Nezahualcoyotl)	14
Ilustración 1.8 No olvidar elementos dentro de un tubo y utilizar el equipo de protección necesario ( <a href="http://www.ays-eloro.com">www.ays-eloro.com</a> )	17
Ilustración 1.9 Ademe en zanja para reparación ( <a href="http://sienasl.com">sienasl.com</a> )	17
Ilustración 1.10 Ejemplos de elementos de reparación	20
Ilustración 1.11 Equipo de protección personal - corte de tubería de fibrocemento ( <a href="http://www.amianto.info">www.amianto.info</a> )	27
Ilustración 1.12 Ejemplos de piezas de reparación (sin corte)	28
Ilustración 1.13 Reparación de tuberías con una abrazadera de reparación	28
Ilustración 1.14 Ejemplos de acoplamientos multidímetro o de gran tolerancia	29
Ilustración 1.15 Personal apretando tornillería de acoplamiento de gran tolerancia	30
Ilustración 1.16 Proceso de colocación del acoplamiento para una tubería de fibrocemento	31
Ilustración 1.17 Junta automática flexible tipo estándar (AEAS A, 2009)	32
Ilustración 1.18 Junta mecánica de acoplamiento (tipo express) (AEAS A, 2009)	33
Ilustración 1.19 Junta acerrojada interior (AEAS A, 2009)	33
Ilustración 1.20 Junta encerrojada exterior (AEAS A, 2009)	33
Ilustración 1.21 Junta de bridas	34
Ilustración 1.22 Ejemplo de piezas de reparación sin corte de tubería de hierro dúctil.	35
Ilustración 1.23 Ejemplo de piezas de reparación con corte de tubería	37
Ilustración 1.24 Reparación de tubería de concreto con elemento mecánico ( <a href="http://miraquehacemos.wordpress.com">miraquehacemos.wordpress.com</a> )	38
Ilustración 1.25 Soldadura exterior ( <a href="http://www.voestalpine.com">www.voestalpine.com</a> )	39
Ilustración 1.26 Uniones soldadas para tuberías de acero ( <a href="http://comunidadpipeline.blogspot.com">comunidadpipeline.blogspot.com</a> )	44
Ilustración 1.27 Aplicación de cintas de polietileno ( <a href="http://comunidadpipeline.blogspot.com">comunidadpipeline.blogspot.com</a> )	47
Ilustración 1.28 Unión mediante bridas ( <a href="http://miraquehacemos.wordpress.com">miraquehacemos.wordpress.com</a> )	48

Ilustración 1.29 Unión por laminación (www.todama.com)	51
Ilustración 1.30 Abrazadera autoblocante partida (www.gaorun-fitting.com)	52
Ilustración 1.31 Acoplamientos autoblocantes para distintos tipos de tubería	54
Ilustración 1.32 Ejemplo de cople electrosoldable (www.hdpesupply.com)	54
Ilustración 1.33 Carretes tope brida + brida loca metálica	55
Ilustración 1.34 Cabo extremo universal autoblocante	56
Ilustración 1.35 Bandas de hermeticidad y anillos extensibles	57
Ilustración 1.36 Robot multifunción (www.dnk-water.com)	58
Ilustración 1.37 Esquema de trabajo de un robot multifunción (adaptado de AEAS A, 2009)	58
Ilustración 1.38 Esquema de rehabilitación de una tubería existente mediante la técnica de close fit	59
Ilustración 1.39 Tubo recuperado a través de encamisado (recuperado de <a href="http://www.construnario.com">http://www.construnario.com</a> )	60
Ilustración 1.40 Revestimiento o bursting (adaptación de hstrial-ahayes5.homestead.com)	61
Ilustración 1.41 Ejemplos de tablas de velocidad de llenado (adaptado de AEAS A, 2009)	62
Ilustración 1.42 Reporte de fuga para brigada de campo	65
Ilustración 1.43 Elementos y piezas de reparación	69
Ilustración 1.44 Reparación de emergencia de una válvula de flotador por parte del personal de SOSAPAX	70
Ilustración 1.45 Reparación de fuga por sustitución de tramo	71
Ilustración 1.46 Reparación de tramo de tubería en la red	72
Ilustración 1.47 Reparación de tubería asbesto cemento, realizada por personal del SAPAC	73
Ilustración 1.48 Excavación de pozo por personal de ODAPAS Nezahualcoyotl	76
Ilustración 1.49 Excavación de zanja por personal de ODAPAS Nezahualcoyotl	76
Ilustración 1.50 Corte de Pavimento por personal de ODAPAS Nezahualcoyotl	77
Ilustración 1.51 Preparación de tubería por personal de ODAPAS Nezahualcoyotl	77
Ilustración 1.52 Relleno de zanjas con material producto de banco por personal de ODAPAS Nezahualcoyotl	78
Ilustración 1.53 Restitución de caja de válvulas después de una reparación (ODAPAS, Nezahualcoyotl)	78
Ilustración 1.54 Restitución de carpeta asfáltica después de una reparación (ODAPAS, Nezahualcoyotl)	78
Ilustración 2.1 Clasificación de válvulas	80
Ilustración 2.2 Principales válvulas	81
Ilustración 2.3 Trabajos en mantenimiento y remplazo de válvulas de diámetros mayores (SAPAC)	84
Ilustración 2.4 Construcción de caja de válvula por parte del personal de la ADOSASPACOO	85
Ilustración 2.5 Colado de losa de caja de válvula por parte del personal de la Comisión de Agua y Alcantarillado del Municipio de Tizayuca, Hidalgo	86



Ilustración 2.6 Limpieza y desazolve de cajas de válvulas	88
Ilustración 2.7 Restauración y/o remplazo de cajas de válvulas	90
Ilustración 3.1 Máquinas excavadoras	91
Ilustración 3.2 Excavadora compacta	92
Ilustración 3.3 Perímetro de trabajo de excavadoras compactas	92
Ilustración 3.4 Excavadoras de ruedas	93
Ilustración 3.5 Perímetro de trabajo de excavadoras de ruedas	93
Ilustración 3.6 Excavadoras de cadenas o sobre orugas	94
Ilustración 3.7 Perímetro de trabajo de excavadoras de cadenas o sobre orugas	94
Ilustración 3.8 Equipos de bombeo	95
Ilustración 3.9 Tres modelos de equipos de bombeo sumergibles para achique	96
Ilustración 3.10 Bomba centrífuga con motora gasolina	97
Ilustración 3.11 Equipos de corte de tubería (Segueta, cortadora de disco manual y corte de tubería fibrocemento)	97
Ilustración 3.12 Equipos para aberturas y cierres (ODAPAS, Nezahualcoyotl).	99
Ilustración A.1 Anillos de respaldo e insertos consumibles típicos.	108
Ilustración A.2 Preparación de extremos para soldadura a tope típicos.	109
Ilustración A.3 Desalineaciones permitidas	110
Ilustración A.4 Preparación para conexiones a ramales.	111
Ilustración A.5 Tamaños de soldadura de filete.	112
Ilustración A.6 Detalles típicos para bridas con accesorios soldados con soldadura tipo deslizante doble y embonada.	112
Ilustración A.7 Dimensiones mínimas de soldadura para componentes con soldadura embonada.	113
Ilustración A.8 Procesos de soldadura	113



# TABLAS

Tabla 1.1 Ejemplo de resumen estadístico para un mes	4
Tabla 1.2 Detalle de la ocurrencia de fugas en un mes	5
Tabla 1.3 Ejemplo de notificación pública	16
Tabla 1.4 Elementos para la reparación de perforaciones y pequeñas grietas sin corte de tubería (adaptado de AEAS A, 2009)	21
Tabla 1.5 Elementos para la reparación de tuberías sin esfuerzos axiales que requieren la sustitución de un tramo, con corte de tubería (adaptado de AEAS A, 2009)	22
Tabla 1.6 Elementos para la reparación de tuberías con esfuerzos axiales que requieren la sustitución de un tramo, con corte de tubería (adaptado de AEAS A, 2009)	23
Tabla 1.7 Relación del material de tubería con piezas de reparación para cualquier DN (adaptado de AEAS A, 2009)	24
Tabla 1.8 Relación entre separación en la unión con el diámetro (AEAS A, 2009)	35
Tabla 1.9 Situaciones en tuberías de acero y técnicas de tratamiento	42
Tabla 1.10 Ejemplo de formato para que el usuario identifique la manera de notificar una emergencia	66
Tabla 1.11 Ejemplo de notificación de situaciones de emergencia, por parte de los usuarios	66
Tabla 1.12 Elementos y piezas de reparación	68
Tabla 3.1 Categorías de excavadoras compactas	92
Tabla 3.2 Perímetro de trabajo de excavadoras compactas	93
Tabla 3.3 Categorías de excavadoras de ruedas	93
Tabla 3.4 Perímetro de trabajo de excavadoras de ruedas	93
Tabla 3.5 Categorías de excavadoras de cadenas o sobre orugas	94
Tabla 3.6 Perímetro de trabajo de excavadoras de cadenas o sobre orugas	94





