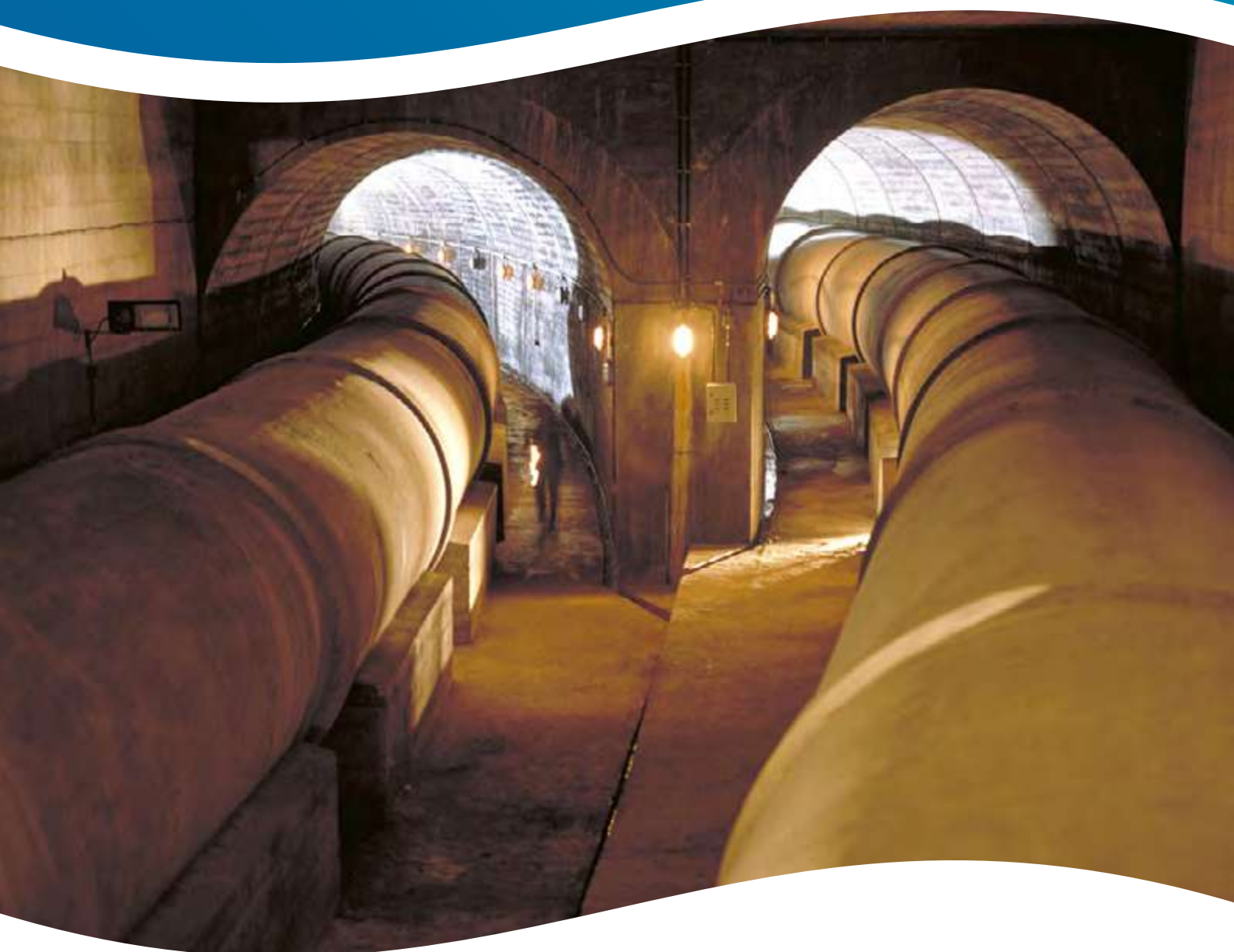


GUÍA MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE GRANDES ARTERIAS



COMISIÓN 3.ª
REDES DE ABASTECIMIENTO

a **Aeas**
Asociación Española de
Abastecimientos de
Agua y Saneamiento

An aerial photograph of a pipeline system, showing multiple parallel pipes stretching across a landscape. The image is overlaid with a semi-transparent blue filter. A large, white, stylized letter 'a' is centered on the image.

a

Índice

1. Objeto y campo de aplicación	7
2. Tipología de materiales utilizados en la construcción de arterias	9
3. Estado de las grandes conducciones. Necesidad de evaluación del estado de las grandes arterias	10
3.1. Problemática y modos de fallo.....	10
3.1.1. Tuberías de acero	12
3.1.2. Tuberías de fundición dúctil.....	12
3.1.3. Tuberías de fundición gris.....	12
3.1.4. Tuberías de hormigón armado.....	13
3.1.5. Tuberías de hormigón pretensado.....	19
3.1.6. Tuberías de PRFV.....	21
3.2. Mantenimiento y control de la corrosión	21
3.2.1. Corrosión externa en zonas aéreas y en arquetas inundables	22
3.2.2. Riesgos de corrosión externa y corrientes vagabundas en tuberías enterradas...	22
4. Métodos de inspección y evaluación	24
4.1. Inspección visual.....	24
4.1.1. Inspección de circuito cerrado de televisión (CCTV)	24
4.1.2. Escaneo láser.....	25
4.2. Métodos electromagnéticos.....	25
4.2.1. Dispersión del flujo magnético (MFL)	25
4.2.2. Prueba de corrientes parásitas de campo remoto (RFEC)	26
4.2.3. Electromagnetismo de banda ancha (EMBA).....	27
4.2.4. Prueba de corrientes parásitas pulsadas (PEC).....	27
4.2.5. Radar de penetración en el suelo (GPR).....	27
4.3. Métodos acústicos.....	28
4.3.1. Sistema de perfiles mediante sonar.....	28
4.3.2. Impacto-Eco	28
4.3.3. Métodos acústicos internos y externos para detección de fugas de tuberías de gran diámetro.....	29
4.4. Métodos de ultrasonidos	33
4.4.1. Ultrasonidos de onda guiada	33
4.4.2. Ultrasonidos discretos.....	34
4.4.3. Tecnología Transductores multi-elemento o "Phased Array"	34
4.4.4. Inspección UT combinada.....	35
4.5. Otros métodos	35
4.5.1. Métodos radiográficos	35
4.5.2. Métodos de termografía.....	36
4.5.3. Método del trazador de gas	37
4.5.4. Conductividad de bajo voltaje.....	39
4.5.5. Detección de fugas por satélite	40
5. Tecnologías de inspección para tuberías de hormigón y metálicas	45
5.1. Inspección de tuberías de hormigón.....	45
5.1.1. Tecnología electromagnética	45

5.1.2. Tecnología electromagnética para identificar espesor y corrosión de las camisas.....	60
5.2. Inspección de tuberías metálicas.....	61
5.2.1. Inspección electromagnética.....	64
5.2.2. Inspección ultrasónica.....	66
6. Estrategias de gestión con las roturas.....	70
6.1. Protección, inspección y supervisión.....	70
6.2. Decisiones estratégicas de apoyo.....	70
6.3. Rehabilitación y sustitución.....	71
6.4. Metodología detallada de FEA (análisis de elementos finitos).....	72
7. Sistemas de reparación, rehabilitación y reemplazo.....	76
7.1. Introducción y resumen de sistemas.....	76
7.2. Polímeros reforzados con fibra.....	85
7.3. Entubado continuo con tubería de diversos materiales.....	101
7.3.1. Entubado continuo simple / con espacio anular.....	101
7.3.2. Entubado continuo ajustado/sin espacio anular.....	102
7.4. Proyección de cemento (cement mortar lining).....	106
7.5. Rehabilitación continua estructural con tubería flexible reforzada (Kevlar).....	109
8. Normativa de aplicación.....	112
9. Tuberías de acero.....	116
9.1. Introducción.....	116
9.2. Métodos de mantenimiento, rehabilitación/repación.....	116
9.2.1. Corrosión y protección catódica externa de tuberías enterradas de acero.....	116
9.3. Experiencias.....	118
9.3.1. Experiencia N.º 1 – Rehabilitación con manga continua.....	118
9.3.2. Experiencia N.º 2 – Rehabilitación interior con fibra de carbono.....	123
9.3.3. Experiencia N.º 3 – Refuerzo exterior con fibra de carbono.....	126
9.3.4. Experiencia N.º 4 – Encamisado con tubería de fundición dúctil.....	128
9.3.5. Experiencia N.º 5 – Rehabilitación con Primus Line.....	133
10. Tuberías fundición dúctil.....	138
10.1. Introducción.....	138
10.2. Métodos de mantenimiento, rehabilitación/repación.....	142
10.3. Experiencias.....	142
10.3.1. Experiencia N.º 1.....	142
10.3.2. Experiencia N.º 2.....	143
11. Tuberías fundición gris.....	144
11.1. Introducción.....	144
11.2. Métodos de mantenimiento, rehabilitación/repación.....	145
11.3. Experiencias.....	146
11.3.1. Experiencia N.º 1 – Refuerzo exterior con fibra de carbono.....	147
11.3.2. Experiencia N.º 2 – Rehabilitación interior con tecnología primusline.....	152
11.3.3. Experiencia N.º 3.....	155
11.3.4. Experiencia N.º 4.....	157
11.3.5. Experiencia N.º 5.....	157
12. Tuberías hormigón armado.....	159
12.1. Introducción.....	159
12.2. Métodos de mantenimiento, rehabilitación/repación.....	163
12.2.1. Corrosión y protección catódica de tuberías enterradas de hormigón armado.....	163
12.3. Experiencias.....	163
12.3.1. Experiencia N.º 1 – Reparación juntas fibra de vidrio y refuerzo estructural fibra de carbono.....	163

13. Tuberías hormigón pretensado.....	173
13.1. Introducción.....	173
13.2. Métodos de mantenimiento, rehabilitación/reparación.....	175
13.3. Experiencias.....	175
13.3.1. Experiencia N° 1 – Reparación y rehabilitación interior con fibra de carbono.....	175
14. Tuberías PRFV	185
14.1. Introducción.....	185
14.2. Métodos de mantenimiento, rehabilitación/reparación.....	188
14.2.1. Generalidades.....	188
1.2.2. Corrosión y protección de piezas especiales de acero	189
14.3. Experiencias.....	189
14.3.1. Experiencia N° 1 – Reparaciones puntuales	189
14.3.2. Experiencia N° 2 – Reparaciones puntuales	191
15. Monitorización	195
15.1. Monitorización de la presión y mitigación de los transitorios.....	195
15.2. Monitorización acústica de rotura de espiras	196
Bibliografía	201



1

Objeto y campo de aplicación

En todo sistema de abastecimiento, las conexiones de las captaciones con las estaciones de tratamiento, depósitos de cabecera, y red de distribución, se realizan mediante tuberías de gran diámetro, generalmente denominadas arterias.

Las arterias de un sistema de abastecimiento constituyen la red estratégica para mantener la carga hidráulica, y, por tanto, las condiciones de caudal y presión en la red de distribución.

Actualmente, la mayoría de las empresas de abastecimiento tienen la red dividida en sectores, y los sectores se alimentan por las grandes conducciones o arterias reseñadas.

La carga hidráulica, y las condiciones de caudal y presión en los sectores de la red de distribución es proporcionada por las grandes conducciones. El estado de conservación, y por ende la vida útil de una gran conducción depende de factores externos que han podido afectar la capacidad estructural de la tubería, como, por ejemplo, fenómenos de corrosión, asientos diferenciales del terreno, ataques químicos como carbonatación, presencias de corrientes vagabundas, especialmente cerca de líneas eléctricas, o vías de FFCC electrificadas, mal drenaje de la zanja en la instalación de la tubería, etc.

Generalmente, son las roturas de las tuberías de hormigón pretensado y fundición gris, las que registran los caudales más elevados, y esto es debido a que la sección de la rotura supone una parte muy importante de la sección de la conducción.

Las grandes tuberías, cuando se construyeron, habitualmente discurrían por zonas no urbanizadas, en mitad del campo, y en bastantes casos, por el desarrollo urbanístico han quedado integradas dentro de la ciudad.

A continuación, expondremos procedimientos preventivos de mantenimiento y de reparación de las grandes conducciones, algunos de ellos de muy reciente aplicación en España, como consecuencia de la dificultad de renovación de una gran conducción o arteria que ha quedado en zonas de difícil tránsito, como tramas urbanas con gran densidad de viviendas, cruces de vías de comunicación con altas densidades de tráfico, profundidad importante al desarrollarse el planeamiento.

Esta Guía, sólo pretende exponer las posibles soluciones para el mantenimiento y renovación de las arterias. Las soluciones son variadas, y cada una exigirá un estudio particularizado para determinar la más conveniente a criterio del ingeniero que esté al frente del mantenimiento de la red.

En los apartados 2 y 3 la Guía analiza los problemas que se plantean según los distintos materiales empleados en las tuberías y algunas operaciones generales de mantenimiento preventivo para evitar la corrosión de las mismas.

Los apartados 4 y 5 describen los métodos existentes de inspección y evaluación del estado de las grandes arterias.

En los apartados 6 y 7 se contemplan las estrategias de gestión de las roturas y los distintos métodos de reparación y rehabilitación existentes.

Los capítulos 9 a 14 describen las mejores soluciones de mantenimiento, rehabilitación y reparación aplicables para los distintos materiales y presentan algunos casos prácticos.

Finalmente se aborda la Monitorización y se relacionan algunas normas y referencias.

Agradecer la inestimable colaboración de otras empresas abastecedoras, de sus ingenieros, y de AEAS que ha promovido la redacción de esta Guía sin cuyo apoyo no podría haber visto la luz. Han intervenido de forma directa en la elaboración de este documento los siguientes profesionales:

Adriá Gomila
GULDAGER

David Hervás Jorge
Canal de Isabel II, S.A.

Diego V. Limones González
Canal de Isabel II, S.A.

Ferrán Bosch
XYLEM

Francesc Robles
NAVEC

Francisco Biel Sanchis
Global Omnium

Gabriel Casado Mateos-Aparicio
Canal de Isabel II, S.A.

Jon Gorriti Cabrejas
Consortio de Aguas Bilbao Bizkaia

José Luis Lavilla Martínez
AQUALIA

Juan Roman Corchado Mesa
Aguas de Barcelona

Luis Cornejo García
AQUALIA

Mario Losañez
NAVEC

Miguel Ángel Pardo
HAWLE

Miguel Ángel Pérez Navarro
Saint Gobain

Pablo Duran Zafrilla
Global Omnium

Pedro Pina
XYLEM

Sergi Menéndez Olcina
Aguas de Barcelona

Xavier Barreau Orubeondo
Pipeline Infrastructure