



# EFICIENCIA ENERGÉTICA

## EN LAS INSTALACIONES INTERIORES

### USO Y CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

### **Título**

Eficiencia energética en las instalaciones interiores. Uso y características del agua.

### **Objeto**

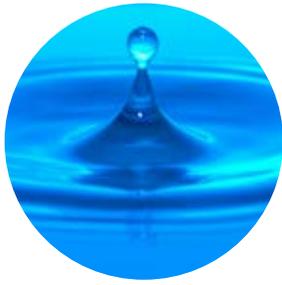
La presente guía ha sido redactada por la Asociación Española de Empresas de Tratamientos y Control de Aguas (AQUA ESPAÑA ), con el objetivo de promocionar la eficiencia en el uso final de la energía en los edificios.

### **Agradecimientos**

Agradecemos a todas las personas que han participado en la elaboración de esta guía y en particular a D. Jordi Marcó, Secretario Técnico de AQUA ESPAÑA, D. Adrià Gomila, Guldager Electrólisis, D. Santiago Fernández, Cilit, S.A., D. Francesc Redolad, ATH Aplicaciones Hidráulicas-Fluidra, Dña. Vanesa Picos, ATH Aplicaciones Hidráulicas-Fluidra, D. Jordi Mateo, Culligan, D. Francesc Peyrecave, Odyi, S.A., D. Sergi Martí, Stenco Industrial, D. Carlos Meseguer, Tratamientos de Agua IONFILTER, D. Carles Puig, Pevasa, D. Eloi Crespo, Sahicasa, Dña. Núria Adroer, Adiquímica y Dña. Daniela Brunsó, BASF.

# Índice

<b>1</b>	Introducción	4
	1.1 Objeto	4
	1.2 La influencia del agua en los sistemas energéticos en edificios	5
	1.3 La importancia de un correcto tratamiento y conservación de los fluidos caloportadores	7
	1.4 Aqua España y la Eficiencia Energética en las instalaciones interiores	8
<b>2</b>	Legislación a considerar.	9
	2.1 Eficiencia energética	9
	2.2 Calidad del agua de consumo humano	13
	2.3 Otra legislación y normativas vigentes	15
<b>3</b>	Características del agua. Problemas y soluciones básicas	16
	3.1 Partículas en suspensión	16
	3.2 Incrustaciones calcáreas	17
	3.3 La corrosión	25
<b>4</b>	Los diferentes tipos de agua en el interior de edificios. Características problemáticas y soluciones	31
	4.1 Agua fría de consumo humano	32
	4.2 Agua caliente sanitaria	40
	4.3 Circuitos cerrados de climatización	46
	4.4 Circuitos con torres de refrigeración	52



# 1. Introducción

## 1.1 Objeto

El Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, que transpone parcialmente la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, en lo relativo a la certificación de eficiencia energética de edificios, y por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios exige una serie de acciones para racionalizar y reducir el consumo de energía en los distintos equipos e instalaciones de los edificios.

En particular define la eficiencia energética de un edificio como: “consumo de energía, calculado o medido, que se estima necesario para satisfacer la demanda energética del edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación, que incluirá, entre otras cosas, la energía consumida en calefacción, la refrigeración, la ventilación, la producción de agua caliente sanitaria y la iluminación.

En la siguiente tabla podemos ver la importancia de las diversas instalaciones en el consumo energético:

Circuito	% de Consumo energético
Calefacción	47%
Agua caliente	20%
Electrodomésticos	16%
Cocina	10%
Iluminación	7%

Tabla 1. Consumo energético en los diversos circuitos de un edificio

El RITE, el Código Técnico de la Edificación y diversas guías técnicas y documentos como la Guía Técnica del Agua Caliente Sanitaria Central permiten tener en cuenta to-

La eficiencia energética de las instalaciones de agua se ve alterada por las partículas en suspensión, la dureza del agua y los procesos de corrosión.

dos los aspectos a considerar para conseguir un correcto diseño de esas instalaciones, sin embargo, para asegurar el correcto funcionamiento de la propia instalación y equipos a lo largo de su vida útil es necesario asegurar un correcto mantenimiento de las mismas, y eso pasa por una selección correcta de los fluidos caloportadores así como por el aseguramiento de las características de esos fluidos caloportadores a lo largo del tiempo.

Entre esos fluidos hay uno que por su ubicuidad destaca sobre todos los demás: el agua.

Con un correcto tratamiento del agua no solamente se consigue un aumento en la eficiencia energética, sino que además se da una adecuada respuesta a la actual necesidad social, económica, política y medioambiental para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Para asegurar la máxima eficiencia energética y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> será pues clave conocer las características del agua de aporte y cómo pueden afectar a las instalaciones existentes, corrigiendo aquellas características que puedan ser perjudiciales en el momento del aporte y controlando que su composición físico-química se mantenga en el tiempo.

La combinación de ambas técnicas, un diseño correcto de la instalación con un tratamiento correcto del fluido caloportador asegurará no solo la máxima eficiencia energética de las instalaciones, sino también significativos ahorros en mantenimiento correctivo.

## 1.2 La influencia del agua en los sistemas energéticos en edificios

El agua que se recibe en un edificio, procedente de la red municipal, está siempre correctamente tratada de tal forma que el usuario la recibe limpia y sanitariamente potable; no obstante, en algunas ocasiones, incorpora impurezas o componentes que interaccionan con las tuberías, los equipos y las instalaciones y pueden originar problemas que afecten a la eficiencia energética de los diversos circuitos en un edificio.

En todos estos sistemas un correcto tratamiento y control del agua será pues esencial para evitar un consumo energético excesivo.

Los principales problemas que puede ocasionar el agua de aporte en una instalación se centran en tres categorías fundamentales cuyo estudio serán el objeto de esta guía:

- Partículas en suspensión.

A pesar del correcto tratamiento en origen, debido al arrastre y erosión en las redes de distribución, el agua de red puede contener en el punto de uso partículas en suspensión

Estas partículas, pueden ocasionar averías en los equipos de ACS, intercambiadores de calor, grifería, etc. y además favorecen el desarrollo de procesos de corrosión por aireación diferencial y pueden ser el origen de contaminaciones microbiológicas.



Fig. 1 – Agua con partículas en suspensión

- Incrustaciones

En muchas zonas de España el agua puede contener calcio y magnesio disueltos los cuales ocasionan la formación de depósitos de cal en el interior de calderas, calentadores, intercambiadores de calor, electrodomésticos y tuberías.

Estas incrustaciones calcáreas impiden el correcto funcionamiento de los equipos y además actúan como un aislante térmico que evita la correcta transmisión del calor. Este hecho aumenta considerablemente el consumo de energía y el tiempo requerido para calentar el agua.



Fig. 2 – Incrustación calcárea en una tubería

- La corrosión

La composición química del agua, el diseño de la instalación y las condiciones de funcionamiento, pueden favorecer en algunos casos el desarrollo de procesos de corrosión en determinados metales, originando fugas de agua, desarrollo de microorganismos en los óxidos (que actúan como nutrientes) y formación de biocapas.

En todos estos casos el rendimiento energético de las instalaciones se reducirá considerablemente.



Fig. 3 – Ejemplo de tubería de acero con corrosión interior y tubería de acero inoxidable con una fuga.

### 1.3 La importancia de un correcto tratamiento y conservación de los fluidos caloportadores

Las tres problemáticas asociadas al agua descritas en el punto anterior pueden y deben evitarse para mantener una adecuada eficiencia energética en las instalaciones de un edificio.

Para ello en cada caso será necesario conocer las características del agua y las sustancias que incorpora, y atendiendo a su uso y a las tipologías y equipos presentes en un circuito, definir las diversas problemáticas que pueden darse en esos circuitos y de ahí los tratamientos que pueden efectuarse para mantenerlos en perfecto estado de funcionamiento y con una óptima eficiencia energética.

De esta forma se evitará que el consumo energético se eleve progresivamente para poder satisfacer las necesidades del usuario, haciendo inútil el mejor de los diseños.



Fig. 4 – Los problemas del agua originan un aumento del consumo energético

Como ejemplo, la siguiente tabla nos muestra el incremento en las emisiones de CO<sub>2</sub> en un edificio sin ningún tipo de tratamiento, con un consumo medio anual de 38.000 kWh, en función de los mm de incrustaciones calcáreas depositadas en los sistemas de intercambio de calor.

INCREMENTO EN LA EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> (Kg/año)	INCRUSTACIÓN (mm)					
	0 mm	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
Caldera de gas natural	0	767	1.380	1.917	2.454	2.915
Caldera eléctrica	0	1.140	2.052	2.850	3.648	4.332

Con un correcto tratamiento, además de mejorar el rendimiento de los intercambiadores de calor evitando la incrustación calcárea o la incrustación de óxidos sobre las paredes de intercambio térmico, también evitaremos incrementos de pérdida de carga en el interior de las tuberías por lo mismos motivos, evitando reducciones de caudal o un mayor dimensionamiento y consumo de bombeo.

También es importante subrayar que un correcto diseño y mantenimiento preventivo evitará paradas y vaciados debidos a la perforación por corrosión de acumuladores de ACS y tuberías con los consiguientes ahorros:

- Costes del tiempo transcurrido sin dar servicio
- Agua calentada o enfriada a la alcantarilla
- Costes de reparación y renovación de instalaciones
- Fallo de las previsiones del tiempo de amortización de las instalaciones

## El tratamiento del agua en la normativa Europea

Diversos documentos y guías hoy por hoy ya dan cuenta y recomiendan, incluso exigen, que las buenas prácticas de mantenimiento de fluidos se tengan en cuenta para conseguir el máximo rendimiento de la instalación.

La Directiva 2010/31/UE relativa a eficiencia energética en edificios en particular indica en su artículo 26 que “Las operaciones de inspección periódica y de mantenimiento de las instalaciones de calefacción y aire acondicionado por personal cualificado contribuyen a ajustarlas correctamente a las especificaciones de los equipos, garantizando de ese modo su óptimo rendimiento desde el punto de vista medioambiental, de seguridad y energético. Es conveniente asimismo realizar una evaluación independiente de toda la instalación de calefacción y aire acondicionado a intervalos regulares durante su ciclo de vida, y especialmente antes de su sustitución o mejora. Con el fin de reducir las cargas administrativas sobre propietarios y arrendatarios de edificios, los Estados miembros deben procurar combinar en la medida de lo posible las inspecciones y la expedición de certificados.”

Siguiendo esta Directiva diversos países de la Comunidad Europea ya han establecido como obligatorias prácticas para el aseguramiento de la calidad de agua en los edificios así como la realización de inspecciones periódicas en las que el control de agua es un factor clave.

La República Italiana, en su Decreto 59/2009 establece la obligatoriedad de realizar un tratamiento químico para instalaciones de calefacción de potencia inferior a 100 kW y de descalcificación para potencias entre 100 y 350 kW.

La Guía de Servicios Domésticos en un Edificio del Gobierno Británico, se especifica la necesidad de realizar un adecuado tratamiento del agua en los circuitos de agua caliente sanitaria para evitar las incrustaciones calcáreas.

En concreto la Guía indica que “La cal puede ser controlada mediante el uso de inhibidores químicos de incrustaciones, inhibidores combinados de incrustaciones y de corrosión, dosificación de polifosfatos, reductores de incrustaciones electrolíticos o descalcificadores del agua”.

### 1.4 Aqua España y la Eficiencia Energética en las instalaciones interiores

En atención a los puntos anteriormente expuestos, y con el objetivo de valorizar las mejores prácticas en el diseño de instalaciones térmicas así como maximizar el ahorro energético y la eficiencia de esas instalaciones, Aqua España, la asociación Española de empresas de Tratamientos y Control de Agua ha impulsado el desarrollo de esta “Guía Técnica de eficiencia energética en las instalaciones interiores. Uso y características del agua” como una herramienta que sea de utilidad para todos los profesionales implicados en el rendimiento energético de los circuitos de agua y en los procedimientos de certificación energética de un edificio.

Con este objetivo, la Guía describe las características del agua así como la problemática de cada circuito particular y analiza las actuaciones preventivas y correctivas más apropiadas en cada caso, incluyendo las operaciones de mantenimiento necesarias y los tratamientos del agua más adecuados.

## 2. Legislación a considerar.

La legislación existente relativa a las instalaciones interiores de agua de un edificio centra sus exigencias y recomendaciones en los siguientes conceptos básicos:

- Una mejor eficiencia energética
- El mantenimiento de la calidad del agua de consumo humano
- El cumplimiento de la legislación y normativa vigente aplicable para cada tipo de instalación.

### 2.1. Eficiencia energética

La legislación europea más significativa es, sin duda alguna, la Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios. De esta Directiva deriva el Real Decreto 235/2013 así como las modificaciones incorporadas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios – RITE - y en el Código Técnico de la Edificación para su cumplimiento.

#### 2.1.1. Directiva 2010/31/UE

La Directiva 2010/31/UE fomenta la eficiencia energética de los edificios, indica los requisitos mínimos en las instalaciones técnicas de los edificios, determina los plazos para conseguir edificios de consumo de energía casi nulo y establece criterios básicos para la realización de certificados de eficiencia energética y para la información al usuario.

Entre los artículos más significativos destacan:

#### Artículo 4 - Requisitos mínimos de eficiencia energética

1. Los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para garantizar que se establezcan unos requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios o unidades de este con el fin de alcanzar niveles óptimos de rentabilidad.



#### Artículo 8 - Instalaciones técnicas de los edificios

1. A efectos de optimizar el consumo de energía de las instalaciones técnicas de los edificios, los Estados miembros fijarán unos requisitos en relación con la eficiencia energética general, la instalación correcta y el dimensionado, control y ajuste adecuados de dichas instalaciones presentes en los edificios existentes. Los Estados miembros podrán aplicar asimismo dichos requisitos a las instalaciones de los edificios nuevos.

Se establecerán requisitos para las instalaciones técnicas de los edificios que sean nuevas, sustituyan a las existentes o las mejoren y se aplicarán siempre que ello sea técnica, funcional y económicamente viable.

Las instalaciones a las que se aplicarán los requisitos serán como mínimo las siguientes:

- a) instalaciones de calefacción;
- b) instalaciones de agua caliente;

.....

#### Artículo 9 - Edificios de consumo de energía casi nulo

1. Los Estados miembros se asegurarán de que:

- a) a más tardar el 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo, y de que
- b) después del 31 de diciembre de 2018, los edificios nuevos que estén ocupados y sean propiedad de autoridades públicas sean edificios de consumo de energía casi nulo.

#### Artículo 11 - Certificados de Eficiencia Energética

1. Los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para establecer un sistema de certificación de la eficiencia energética de los edificios.

#### Artículo 20 - Información

1. Los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para informar a los propietarios o arrendatarios de los edificios o unidades de estos sobre los distintos métodos y técnicas que contribuyan a la mejora de la eficiencia energética.

En líneas generales la Directiva 2010/31/UE establece que los Estados Miembros de la Unión Europea tomarán las medidas necesarias para:

- Garantizar que se establezcan unos requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios
- Fijar unos requisitos en relación con la eficiencia energética general, la instalación correcta y el dimensionado, control y ajuste adecuados de las instalaciones presentes en los edificios; en forma particular para los circuitos de agua de:
  - Instalaciones de calefacción;
  - Instalaciones de agua caliente
- Establecer un sistema de Certificación de la Eficiencia Energética
- Facilitar información sobre los distintos métodos y técnicas que contribuyan a la mejora de la eficiencia energética

### 2.1.2. Real Decreto 235/2013

El Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, incorpora al derecho español la regulación prevista en la Directiva 2010/31/UE.

Entre los artículos más significativos destacan:

Artículo único. Aprobación del Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

2. Cuando se construyan, vendan o alquilen edificios o unidades de éstos, el Certificado de Eficiencia Energética o una copia de éste se deberá mostrar al comprador o nuevo arrendatario potencial y se entregará al comprador o nuevo arrendatario, en los términos que se establecen en el Procedimiento básico.

Procedimiento básico - Artículo 1.3 - Definiciones

i) Eficiencia energética de un edificio: consumo de energía, calculado o medido, que se estima necesario para satisfacer la demanda energética del edificio en unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación, que incluirá, entre otras cosas, la energía consumida en calefacción, la refrigeración, la ventilación, la producción de agua caliente sanitaria y la iluminación.

La legislación busca conseguir la mejor eficiencia energética, y el mantenimiento de la calidad del agua.

#### Procedimiento básico - Artículo 3. Documentos reconocidos.

1. Con el fin de facilitar el cumplimiento de este Procedimiento básico se crean los denominados documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética, que se definen como documentos técnicos, sin carácter reglamentario, que cuenten con el reconocimiento conjunto del Ministerio de Industria, Energía y Turismo y del Ministerio de Fomento.

2. Los documentos reconocidos podrán tener el contenido siguiente:

- a) Programas informáticos de calificación de eficiencia energética.
- b) Especificaciones y guías técnicas o comentarios sobre la aplicación técnico-administrativa de la certificación de eficiencia energética.
- c) Cualquier otro documento que facilite la aplicación de la certificación de eficiencia energética, excluidos los que se refieran a la utilización de un producto o sistema particular o bajo patente.

### En líneas generales Real Decreto 235/2013:

Establece el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios que se aplica, entre otros conceptos, a la energía consumida en calefacción y la producción de agua caliente sanitaria.

Impulsa la creación de documentos reconocidos para la certificación de eficiencia energética, incluyendo especificaciones y guías técnicas, como este documento.

#### 2.1.3. Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios - RITE

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios – RITE – ha sido modificado por el Real Decreto 238/2013, de 5 de abril para la incorporación de los criterios de eficiencia energética descritos en el Real Decreto 235/2013 y en la Directiva Europea 2010/31/UE.

Aparte de los diversos conceptos técnicos incorporados es importante destacar que el titular de la instalación será responsable de que se realice el mantenimiento de la instalación térmica por una empresa mantenedora habilitada y de las inspecciones obligatorias.

Las instalaciones térmicas se inspeccionarán periódicamente a lo largo de su vida útil, con el fin de verificar el cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética. Serán inspeccionados periódicamente los sistemas de calefacción y agua caliente sanitaria que cuenten con generadores de calor de potencia útil nominal igual o mayor que 20 kW, excluyendo los sistemas destinados únicamente a la producción de agua caliente sanitaria de hasta 70 kW de potencia útil nominal.

#### 2.1.4. Código Técnico de la Edificación

La Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación con los criterios de eficiencia energética descritos en el Real Decreto 235/2013 y en la Directiva Europea 2010/31/UE

El Documento Básico DB-HE incorpora la sección HE 0 y las exigencias básicas HE 1 a HE 5:

- HE 0 Limitación del consumo energético
- HE 1 Limitación de la demanda energética
- HE 2 Rendimiento de las instalaciones térmicas
- HE 3 Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación
- HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria
- HE 5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

## 2.2. Calidad del agua de consumo humano

La legislación básica referente a la calidad del agua de consumo humano es el Real Decreto 140/2003. Este Real Decreto se complementa con la Orden Ministerial SSI 304/2013 sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano.

### 2.2.1. Real Decreto 140/2003

El Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, tiene por objeto establecer los criterios sanitarios que deben cumplir las aguas de consumo humano y las instalaciones que permiten su suministro desde la captación hasta el grifo del consumidor y el control de éstas, garantizando su salubridad, calidad y limpieza, con el fin de proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación.

Surge como transposición de la Directiva Europea 98/83/CE y establece todos los parámetros que deben controlarse en el agua de consumo humano y las concentraciones máximas admisibles para cada uno de ellos.

Cuando se realiza un tratamiento de agua en un edificio es muy importante tener presente los siguientes artículos y conceptos:

#### Artículo 4 - Responsabilidades y competencias

7. Los propietarios del resto de los inmuebles que no estén recogidos en el apartado 3, son responsables de mantener la instalación interior a efectos de evitar modificaciones de la calidad del agua de consumo humano desde la acometida hasta el grifo.

#### Artículo 9 - Sustancias para el tratamiento del agua.

1. Cualquier sustancia o preparado que se añada al agua de consumo humano deberá cumplir con la norma UNE-EN correspondiente para cada producto y vigente en cada momento.

Artículo 10 - Tratamiento de potabilización del agua de consumo humano.

4. Los aparatos de tratamiento de agua en edificios, según se definen en el artículo 2.20, no deberán transmitir al agua sustancias, gérmenes o propiedades indeseables o perjudiciales para la salud y debe cumplir con lo dispuesto en el artículo 14 y garantizar que el agua cumpla con el anexo I.

5. Los fabricantes de aparatos de tratamiento de agua en instalaciones interiores deberán cumplir con:

a) El Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación en particular, con lo señalado en la Sección HS4. Suministro de agua, si los aparatos de tratamiento de agua se instalan en la entrada de los edificios.

b) La norma UNE 149101. Equipo de acondicionamiento de agua en el interior de los edificios. Criterios básicos de aptitud de equipos utilizados en el tratamiento del agua de consumo humano en el interior de edificios, u otra norma o estándar análogo que garantice un nivel de protección de la salud, al menos, equivalente, si los aparatos de tratamiento de agua se instalan en los grifos.

Los fabricantes tendrán un periodo de dos años para adecuarse a lo dispuesto en este apartado.

6. Los responsables de las instalaciones donde se instalen los aparatos de tratamiento de agua en la entrada de la instalación o los responsables de las instalaciones públicas o con actividad comercial que instalen estos aparatos en los grifos, deberán estar en posesión de la documentación del fabricante conforme señalan los apartados 5.a) y b)

Artículo 14 - Productos de construcción en contacto con el agua de consumo humano.

1. Los productos que estén en contacto con el agua de consumo humano, por ellos mismos o por las prácticas de instalación que se utilicen, no transmitirán al agua de consumo humano sustancias o propiedades que contaminen o empeoren su calidad y supongan un incumplimiento de los requisitos especificados en el anexo I o un riesgo para la salud de la población abastecida.

En líneas generales cuando se realiza un tratamiento del agua en un edificio debe siempre tenerse en consideración que según el Real Decreto 140/2003:

- Los propietarios son responsables del mantenimiento de la instalación interior
- Las sustancias que se añadan al agua de consumo humano deben cumplir con la norma UNE-EN correspondiente (ver la Orden Ministerial SSI 304/2013 que se detalla a continuación)
- Los equipos de tratamiento en edificios no pueden transmitir al agua sustancias, gérmenes o propiedades indeseables o perjudiciales para la salud. Deben cumplir el Código Técnico de la Edificación si se instalan en la entrada de los edificios y la Norma UNE 149101 (o equivalente) si se instalan en los grifos.

### 2.2.2. Orden Ministerial SSI 304/2013

La Orden Ministerial SSI 304/2013, de 19 de febrero, tiene su origen en el Artículo 9 del Real Decreto 140/2003 y se aplica con el objetivo esencial de la protección de la salud humana asegurando el uso adecuado de las sustancias utilizadas en el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano.

Cuando en un tratamiento de agua en un edificio se adicionan productos químicos es muy importante tener presente los siguientes artículos y conceptos:

#### Artículo 5. Prohibiciones de uso.

Queda prohibida la utilización de cualquier sustancia o mezcla que no esté contemplada en el anexo I de esta orden y que no cumpla los requisitos establecidos en esta orden y en el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero.

#### Artículo 7. Cumplimiento de normas técnicas de calidad.

1. Los fabricantes de las sustancias y mezclas que se agreguen al agua para ser empleadas en los procesos de tratamiento de potabilización, señaladas en el anexo I de esta disposición, deberán suministrar a los distribuidores de estos productos, la documentación que se describe en el anexo III, para demostrar que cumplen lo dispuesto en los apartados 1 y 2 del artículo 9 del Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero.

2. A su vez, los distribuidores y los envasadores deberán facilitar la citada documentación a los usuarios intermedios, para que la tengan a disposición de la autoridad sanitaria competente, ante una eventual inspección.

3. En el caso de sustancias generadas «in situ», los apartados 1 y 2 se aplicarán únicamente a sus precursores, siempre que estén incluidos en el anexo I.

En líneas generales cuando en un tratamiento de agua en un edificio se adicionan productos químicos debe siempre tenerse en consideración que según la Orden Ministerial SSI 304/2013:

- Sólo pueden utilizarse sustancias que cumplan con la norma UNE-EN correspondiente
- Se debe disponer de la documentación que acredite el cumplimiento de la Norma.

## 2.3. Otra legislación y normativas vigentes

Además de lo anteriormente descrito se deberá tener en consideración toda la legislación y normativas aplicables para cada instalación concreta, por ejemplo el Real Decreto 865/2003 para la prevención de la legionelosis y su Guía técnica, la Norma UNE 112076 para la prevención de la corrosión, la Norma UNE-EN 12499 sobre protección catódica interna, etc.



## 3. Características del agua. Problemas y soluciones básicas

El agua que se recibe en un edificio, procedente de la red municipal, está correctamente filtrada y desinfectada de tal forma que el usuario la recibe siempre limpia, clara y sanitariamente potable; no obstante, en algunas ocasiones, el agua puede incorporar impurezas o componentes que pueden interaccionar con las tuberías, los equipos y las instalaciones y en algunos casos, causar incrementos de consumos al afectar a los equipos e instalaciones. Los principales problemas que puede originar el agua de aporte en una instalación se deben habitualmente a:

- La presencia de partículas en suspensión
- La formación de incrustaciones calcáreas
- Los procesos de corrosión de determinados metales.

### 3.1. Partículas en suspensión

Es muy frecuente desenroscar el atomizador de un grifo y hallarlo con pequeñas partículas o piedrecillas.

El tratamiento en la planta de potabilización incluye siempre una adecuada filtración del agua, no obstante el camino que el agua recorre hasta el punto de consumo generalmente es largo e incluye kilómetros de tubería. En estas redes, con el paso del tiempo, se van acumulando materiales sobre la superficie interna de las tuberías, conjuntamente con incrustaciones calcáreas, óxidos, etc. Todas estas partículas se irán desplazando por el propio flujo del agua y las oscilaciones de la presión de la red y finalmente llegarán hasta la instalación del usuario, donde pueden originar:

- Averías en los equipos electrodomésticos o industriales y en la grifería sanitaria.
- Procesos de corrosión por aireación diferencial.

Por ello, es importante prever en el aporte de agua la instalación de un elemento filtrante que retenga las partículas extrañas y deje pasar sólo el agua.

#### 3.1.1. Tratamientos - Filtración

Los principales tipos de filtros usados son los siguientes:

- Filtro de bobinado.

En este tipo de filtros un soporte central sostiene la malla filtrante sobre el cual se realiza el enrollamiento de un hilo. El tejido así constituido actúa como medio filtrante. En estos filtros cuando el elemento filtrante se ensucia o colmata, simplemente se sustituye por uno nuevo.

- Filtro de malla lavable.

En este tipo un soporte sostiene el elemento filtrante el cual está tejido con hilo de material sintético. El elemento filtrante puede ser lavado periódicamente, por lo que al contrario del anterior podrá ser reutilizado, siendo su coste de mantenimiento notablemente más bajo.

- Filtro autolimpiante.

Para evitar el problema que presenta la continua limpieza o sustitución del elemento filtrante han sido desarrollados los filtros autolimpiantes, los cuales realizan su lavado simplemente apretando o girando un mando o sin necesidad de manipulación alguna en los modelos automáticos.

Se trata generalmente de filtros de malla de tejido sintético en los cuales y mediante una simple operación manual o automática, se consigue la limpieza total del elemento filtrante evitando su sustitución. Los modelos automáticos están desarrollados para realizar el lavado en forma automática por tiempo o bien por presión diferencial (pérdida de carga) una vez que el elemento filtrante se haya colmatado.

### Selección de un filtro

En la selección de un filtro para una instalación de agua en un edificio el tamaño de poro es un elemento importante a considerar. Cuando la filtración se realiza, como es habitual, en el punto de entrada, el tamaño de poro debe ser lo suficientemente pequeño para retener las partículas finas, pero por otra parte no debe ser excesivamente pequeño ya que ello podría ocasionar una retención y acumulación de lodos y fangos dando lugar a un importante riesgo de proliferación bacteriana.

La Norma UNE-EN 13443-1 especifica un valor de 80 - 150 micras y el Código Técnico de la Edificación de 25-50 micras.

El RD 865 /2003 para la prevención de Legionella exige un sistema de filtración según la norma UNE-EN 13443-1 (80 a 150 micras), en el agua de aporte a la instalación interior de agua de consumo humano.

Por su parte el Código Técnico de la Edificación requiere la utilización de un filtro de 25-50 $\mu$ m, con malla de acero inoxidable y baño de plata, para evitar la formación de bacterias y autolimpiante.

Asimismo el RD 140/2003 especifica que los fabricantes de aparatos de tratamiento de agua en instalaciones interiores deberán cumplir con el Código Técnico de Edificación si los aparatos de tratamiento de agua se instalan en la entrada de los edificios.

Por ello en cada tipo de instalación deberemos validar el uso del mismo y el agua de aporte a fin de decidir el filtro mas adecuado.

## 3.2. Incrustaciones calcáreas

El agua de lluvia, prácticamente pura en altitudes elevadas, absorbe, a medida que cae, oxígeno, dióxido de carbono y otros gases del aire, así como polvo, humos y vapores. Al entrar en contacto con el suelo modifica su calidad, tomando las características del entorno, según sea su geología y topografía. Así las aguas que discurren por zonas calcáreas tienen un pH más alcalino, y son más duras que las procedentes de regiones



graníticas que tienden a un contenido relativamente alto de dióxido de carbono libre, con un pH más ácido.

La dureza total del agua se define técnicamente como la cantidad de sales de elementos alcalino-térreos (berilio, magnesio, calcio, estroncio, bario y radio) presentes en el agua, no obstante, en la práctica, para el cálculo de la dureza del agua se utilizan únicamente las concentraciones de calcio y magnesio existentes ya que estos son los únicos elementos que se hallan normalmente en cantidades significativas.

Estos iones en determinadas circunstancias (elevación de la temperatura, presencia de iones bicarbonato, aumento del valor del pH) forman unos precipitados, la incrustación, conocidos como "cal", que se adhieren a las tuberías e instalaciones, obstaculizando el paso del agua y el intercambio de calor.

La excesiva dureza de un agua afecta a su calidad, pero no debe confundirse con su carácter incrustante.

En efecto, un agua excesivamente dura puede presentar problemas en el lavado de la ropa y de la vajilla, en las máquinas de café y de hielo y por supuesto en la producción de vapor, además de poder ser menos agradable en la ducha por las mayores dificultades para producir espuma.

Un agua incrustante es aquella en la que precipitan carbonatos de calcio y magnesio a partir de los bicarbonatos, cuya solubilidad disminuye al aumentar la temperatura. El contenido de CO<sub>2</sub> libre en el agua es determinante para que el agua sea más o menos incrustante.

### 3.2.1. Conceptos técnicos

La dureza de un agua se expresa generalmente en miligramos por litro (o ppm), grados franceses (°f) o alemanes (°d) según las siguientes fórmulas:

$$^{\circ}f = \frac{\text{mg/L de calcio y magnesio expresados como CaCO}_3}{10}$$

$$^{\circ}d = \frac{\text{mg/L de calcio y magnesio expresado como OCa}}{10}$$

Los problemas que puede originar el agua de aporte se deben a la presencia de pequeñas partículas en suspensión, a la dureza del agua (incrustaciones calcáreas) y a la composición química del agua que puede favorecer en algunos casos los procesos de corrosión.

Las concentraciones de calcio y magnesio deben expresarse en una unidad común para poderse sumar, ya que no produce la misma incrustación 1 gramo de calcio que 1 gramo de magnesio. Para ello se utiliza la expresión química “expresado como CaCO<sub>3</sub> (carbonato cálcico)” o “expresado como OCa (óxido cálcico)”.

Para transformar la concentración de ion calcio (Ca<sup>2+</sup>) en carbonato cálcico se debe dividir dicho valor por 20 (peso equivalente del ion calcio) y multiplicar por 50 (peso equivalente del carbonato cálcico).

Para transformar la concentración de ion magnesio (Mg<sup>2+</sup>) en carbonato cálcico se ha de dividir dicho valor por 12,15 (peso equivalente del ion magnesio) y multiplicar por 50 (peso equivalente del carbonato cálcico).

Para pasar de grados franceses a alemanes se pueden utilizar las siguientes fórmulas:

$$^{\circ}\text{f} \xrightarrow{\text{Multiplicar por } 0,56} ^{\circ}\text{d}$$

$$^{\circ}\text{f} \xrightarrow{\text{Dividir por } 0,56} ^{\circ}\text{d}$$

### Formación de incrustaciones

El calcio y el magnesio están disueltos en el agua conjuntamente con otros iones como cloruros, nitratos, sulfatos y bicarbonatos.

En forma particular los compuestos químicos que afectan a la formación de las incrustaciones son los bicarbonatos de calcio y de magnesio:



El bicarbonato cálcico, Ca(CO<sub>3</sub>H)<sub>2</sub> y el magnésico, Mg(CO<sub>3</sub>H)<sub>2</sub>, son solubles en agua y, por consiguiente, se hallan disueltos en ella en forma de iones; estos compuestos, no obstante, presentan un equilibrio químico que en determinadas condiciones puede conducir a la formación de precipitados sólidos conocidos como “cal”:



Bicarbonato cálcico → Carbonato cálcico + Dióxido de carbono + Agua



Bicarbonato magnésico → Hidróxido de magnesio + Dióxido de carbono

Si examinamos con mayor detalle la primera reacción de equilibrio (la segunda es muy similar y los conceptos expresados a continuación son los mismos) veremos que:



El bicarbonato cálcico es soluble y es la “cal” que está disuelta en el agua. El carbonato cálcico es insoluble en agua y es la “cal” que vemos precipitada e incrustada. El dióxido de carbono es un gas.

En toda reacción química de equilibrio, cuando la concentración de un componente aumenta o disminuye el equilibrio se desplaza siempre en el sentido necesario para anular la causa modificante. En este caso concreto, el equilibrio de esta reacción depende en forma muy importante de la concentración del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) presente en el agua. Al ser el dióxido de carbono un gas, su solubilidad en agua depende de la temperatura.

Cuando el agua se calienta (en un calentador, por ejemplo) el dióxido de carbono tiende a desprenderse disminuyendo su concentración en el agua. En este caso el equilibrio se desplaza en el sentido necesario para producir más dióxido de carbono con objeto de compensar el que se pierde, pero a la vez que produce más dióxido de carbono también genera como consecuencia mayor cantidad de carbonato cálcico el cual es insoluble y precipita formando las conocidas incrustaciones.

Este desplazamiento del equilibrio es el responsable de que las precipitaciones de carbonato cálcico se produzcan siempre en los puntos con mayor temperatura del circuito ya que en ese lugar el dióxido de carbono se desprende con mayor rapidez y el equilibrio se desplaza con formación de carbonato cálcico incrustante.

Cuando el equilibrio tiene tendencia a desplazarse en el sentido de formar incrustaciones, se trata de un agua con carácter incrustante y cuando tiene tendencia a desplazarse en el sentido contrario (de disolver estas incrustaciones) se trata de un agua agresiva.

Para la determinación del carácter incrustante o agresivo de un agua, en unas condiciones determinadas, pueden utilizarse diversos métodos de cálculo, por ejemplo, el Índice de Langelier, aunque existen tantas variables que, en muchos casos, es difícil realizar una estimación correcta de la temperatura a la que probablemente se iniciará la incrustación calcárea.

La incrustación está formada por carbonato cálcico (mármol) e hidróxido de magnesio y lógicamente su presencia representa en muchos casos un serio problema para las instalaciones, pues disminuye el rendimiento de los intercambiadores de calor pudiendo llegar a límites inadmisibles, aumenta la pérdida de carga en las tuberías, lo que se traduce en desequilibrios hidráulicos, aumenta la potencia absorbida en equipos de producción y provoca la caída de la eficiencia energética e incluso obstrucciones.

Debemos destacar que tanto la presencia de incrustación calcárea como de sedimentos, lodos y óxido, favorece el desarrollo y proliferación de *Legionella*, por lo que es importante mantener limpios los depósitos, tuberías, intercambiadores de calor y acumuladores de ACS.

Conviene saber que los problemas de incrustación son más propios de los circuitos abiertos. En los circuitos cerrados, al no existir prácticamente agua de aportación, la incrustación generalmente es mínima.



Fig.5: Capas de incrustación calcárea en el interior de una tubería de acero.

### Incrustación

El fenómeno de incrustación calcárea se produce en función de las características del agua y de las condiciones de trabajo, siendo independiente de la naturaleza del material en contacto con el agua. Interesa pues destacar que la incrustación es independiente del tipo de material de las tuberías.

En lo que si influye el material en contacto con el agua, es en la adherencia entre el tubo y las capas de incrustación que se depositan en su superficie. La incrustación se adhiere fuertemente a los materiales rugosos con los efectos citados anteriormente.

Contrariamente a lo que suele decirse, en aguas incrustantes el empleo de tuberías de cobre o plástico no evita el problema de las incrustaciones. La débil adherencia de los carbonatos sobre estos materiales muy lisos y los elevados coeficientes de dilatación, principalmente de los plásticos, favorecen el desprendimiento de “escamas” de incrustación por vibración o por dilatación, que pueden obstruir rápidamente las tuberías, principalmente en codos y otras figuras.

A continuación se indica el coeficiente de dilatación lineal de algunos materiales expresado en  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

- Mármol  $7,2 \times 10^{-6}$
- Tubo de acero galvanizado  $11,6 \times 10^{-6}$
- Tubo de acero inoxidable  $17,3 \times 10^{-6}$
- Tubo de cobre duro  $17,6 \times 10^{-6}$
- Tubo de PVC  $70,0 \times 10^{-6}$

Por ello en los plásticos pueden darse con mayor frecuencia las obstrucciones por rotura de la capa de incrustación, cuando por las altas temperaturas la incrustación dilata menos que el material de la tubería, facilitando el desprendimiento y rotura de la capa.

### Incrustaciones calcáreas y consumo energético

Las incrustaciones que se forman de cal actúan como un aislante térmico que impide la correcta transmisión del calor. Este hecho aumenta considerablemente el consumo de energía y el tiempo requerido para calentar el agua. En algunos casos la falta de disipación del calor puede conducir incluso a la destrucción del sistema de calentamiento (por ejemplo, en calentadores eléctricos).

La siguiente imagen nos permite valorar el efecto de las incrustaciones de cal en el consumo energético.

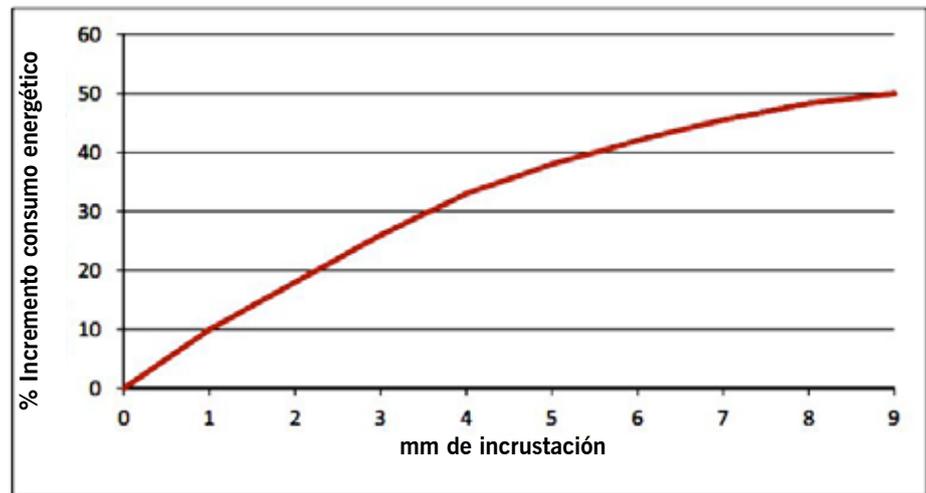


Fig. 6 – Incremento del consumo energético

En esta gráfica podemos ver claramente la importancia del control de las incrustaciones en la reducción del consumo energético. Simplemente con que se forme 1 mm de cal sobre una resistencia o un intercambiador de calor, el consumo energético aumentará alrededor de un 10 %.

### 3.2.2. Tratamientos

Los tratamientos tradicionales para la prevención de incrustaciones calcáreas se han basado normalmente en el concepto de la descalcificación mediante resinas de intercambio iónico. No obstante, el avance de la tecnología, permiten actualmente utilizar en múltiples casos otros tipos de tratamientos.

## Descalcificación

La descalcificación se basa en la utilización de resinas de intercambio iónico generalmente constituidas por copolímeros de estireno y divinilbenceno con grupos sulfonados que incluyen el ion sodio.

Cuando el agua atraviesa estas resinas, se intercambian los iones calcio y magnesio por el ion sodio de tal forma que los primeros quedan retenidos en la resina y este último se incorpora al agua de acuerdo con la reacción:



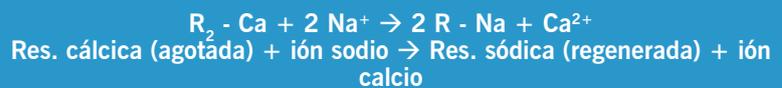
Resina sódica + ión calcio  $\rightarrow$  Resina cálcica + ión sodio

(en forma similar sucede con el ión magnesio)

Este proceso continúa hasta que la mayor parte de los iones sodio de la resina se han intercambiado, en cuyo momento la resina ya no es capaz de retener por completo los iones calcio y magnesio y se empiezan a producir fugas de dureza. En este momento se considera que la resina está agotada y es preciso proceder a su regeneración para volver a iniciar el ciclo.

Para regenerar la resina simplemente se invierte la reacción de intercambio mediante una concentración muy elevada de sodio. Esto se consigue a partir de una disolución saturada de cloruro sódico (salmuera).

En este proceso se invierte el intercambio y la resina se vuelve a cargar con iones sodio cediendo el calcio y magnesio retenidos que, conjuntamente con el ion cloruro restante, se conducirán a desagüe



## El agua descalcificada

Aunque la incrustación puede representar un problema para las instalaciones, el disponer de un agua excesivamente agresiva incrementa los riesgos de corrosión, pues se dificulta la formación de capas protectoras sobre algunos metales.

Si por su excesiva dureza o por el carácter incrustante del agua se instala un sistema de descalcificación, se recomienda no utilizar agua totalmente descalcificada para que no sea excesivamente agresiva.

Para minimizar el riesgo de corrosión es aconsejable que el agua descalcificada tenga una cierta dureza residual, orientativamente de 6° f a 15° f, aunque a efectos de evitar la corrosión cuando sea posible entendemos que sería mejor acercarse a los 15° f. Teniendo en cuenta que a la salida de un descalcificador el agua tiene una dureza de 0° f a 0,5° f, generalmente se incorpora una válvula para mezclarla con agua dura en la proporción adecuada. Cuando sea necesario deben tomarse medidas complementarias contra la corrosión interior de tubos y depósitos.

Como resumen interesa destacar que no debe descalcificarse excesivamente el agua para evitar el incremento del riesgo de corrosión.

Por otra parte, en algunos casos, la incrustación desprendida puede favorecer la formación de pilas de aireación diferencial, lo que representa un motivo más para evitar trabajar con aguas incrustantes.

### Inhibidores de la incrustación

En la técnica de dosificación de inhibidores de incrustaciones se adiciona en el agua un producto (sustancia o mezcla), en cantidades muy reducidas, que evita que la cal incruste. La cal no se elimina pero no precipita en los calentadores ni forma depósitos en las tuberías ni en los electrodomésticos.

Los productos que normalmente se utilizan se basan generalmente en polifosfatos y conforme a las exigencias de la legislación vigente (Orden Ministerial SSI 304/2013) cuando el agua se destina a consumo humano.

La eficacia de la dosificación de estos productos depende de la dureza del agua a tratar, así como de su alcalinidad, pH y temperatura. En general en la inmensa mayoría de aguas se puede evitar prácticamente en su totalidad las incrustaciones de calcio / magnesio e incluso eliminar progresivamente las incrustaciones ya existentes.

Las dosis que generalmente se aplican de estos inhibidores de incrustación en el agua destinada a consumo humano son muy reducidas. Su dosificación no modifica en absoluto las características organolépticas de olor, sabor y color, manteniendo su condición de agua apta para el consumo humano.

En circuitos cuya agua no se destina a consumo humano (por ejemplo, los de calefacción o los de las torres de refrigeración), además de las sustancias indicadas se utilizan frecuentemente otro tipo de inhibidores basados en policarboxilatos, fosfonatos, poliacrilatos, polímeros maleicos, etc.

### Equipos físicos

Los equipos físicos pueden evitar incrustaciones calcáreas sin adición de productos químicos y sin modificar su composición.

Como concepto general, su principio de operación en muchos casos se basa en la formación de cristales microscópicos de cal que permanecen en suspensión en el agua y que se repelen entre sí.

Cuando el agua así tratada llega, por ejemplo, a un calentador en el cual la elevación de la temperatura produciría la formación de incrustaciones, la cal que precipita no incrusta sobre las paredes sino que lo hace sobre estos cristales los cuales se arrastran por la corriente.

El efecto anti-incrustante que se crea en el agua es normalmente temporal y su duración y efectividad son muy variables según el tipo de equipo y principio de funcionamiento.

Esta diversidad de equipos queda reflejado en la Guía técnica para la prevención y con-



trol de la legionelosis en instalaciones, la cual, en su Capítulo 2: Agua fría de consumo humano, indica que: «Bajo el concepto de equipos físicos pueden englobarse diversas técnicas y procedimientos algunos de los cuales solamente funcionan en unas determinadas condiciones. Es aconsejable que la eficacia de este tipo de equipos, esté contrastada con algún método de ensayo europeo reconocido, por ejemplo, el test DVGW W-512 (Alemania), ÖVGW W-35 (Austria) u otro test europeo equivalente».

### 3.3 La corrosión

El comportamiento de una instalación frente a la corrosión depende esencialmente de un proyecto y diseño correctos de la misma, y de una correcta definición tanto de los materiales a utilizar como de las condiciones de funcionamiento y de los métodos de protección a implementar.

Uno de los problemas más importantes que la corrosión de los metales provoca en instalaciones de suministro de agua para consumo humano, es la disminución de la calidad del agua. Otro aspecto destacable es evitar que el mal estado de las instalaciones facilite la proliferación de la bacteria *Legionella*.

Finalmente, una grave consecuencia de la corrosión en las instalaciones es la alteración de su eficiencia en la producción y el transporte de la energía térmica.

Por ello es esencial controlar la corrosión de las instalaciones en el interior de edificios con el objetivo de, aumentar su vida útil, mejorar su eficiencia energética y limitar las averías, facilitando y abaratando el uso y el mantenimiento de las mismas.

#### 3.3.1 Fundamentos de la corrosión

La corrosión de los metales es un fenómeno natural, que provoca una degradación de los mismos, con pérdida de sus propiedades y destrucción gradual de su estructura. Los minerales representan el estado combinado estable de los metales en la naturaleza, por lo que éstos, por los fenómenos de corrosión tienden a volver al estado combinado. La composición de los óxidos de hierro que aparecen tras un fenómeno de corrosión, es similar a la del mineral de hierro existente en las minas, habiéndose definido también la corrosión como el fenómeno inverso a la metalurgia.

El proceso de corrosión que afecta a las instalaciones es siempre un fenómeno electroquímico que se establece entre el metal y el medio agresivo que le rodea, generalmente el agua.

La corrosión se produce por la aparición en el metal de una zona anódica y una zona catódica, conectadas eléctricamente a través del metal y ambas en contacto con el mismo electrolito (medio agresivo, normalmente a base de agua).

El ánodo es aquella parte del metal en la que se producen las reacciones anódicas o de oxidación, con disolución del metal en el agua en forma de iones (ataque por corrosión) y liberación de electrones en el metal. Estos electrones se desplazan a través del metal hasta el cátodo en el que se producen reacciones catódicas o de reducción (el metal permanece normalmente inalterado).

El circuito eléctrico se cierra a través del agua mediante la circulación de iones. Los cationes (iones positivos como los protones o los iones de hierro, sodio, magnesio o calcio) se dirigen hacia el cátodo, mientras que los aniones (iones negativos como los iones cloruro o sulfato) se dirigen al ánodo.



Por lo tanto la degradación y desgaste del metal normalmente se produce tan solo en la zona anódica, permaneciendo la zona catódica inalterada.

Este efecto es claro en los casos de corrosión localizada en los que se pueden producir ataques profundos en ciertos puntos mientras otras zonas cercanas no se corroen.

La corrosión uniforme o corrosión generalizada se explica por comportarse ciertas zonas primero como ánodos, con lo que sufren un proceso de corrosión, mientras la zona vecina no es atacada al actuar catódicamente. La pequeña diferencia de potencial entre las dos zonas provoca que el óxido formado en la parte inicialmente anódica hace que ésta acabe siendo más catódica que la zona vecina, con lo que se invierte el proceso, con el resultado final de una corrosión generalizada.

La acidez del agua es importante en los fenómenos de corrosión, siendo el valor del pH el que nos permite cuantificarla. Si el pH es inferior a 7 estamos frente a un agua ácida, en el caso de pH 7 podemos decir que el agua es neutra y para valores superiores a 7 tenemos un agua básica o alcalina.

Cuando el medio agresivo tiene un pH ácido se produce la reacción catódica de reducción de los protones para formar hidrógeno. En presencia de un agua neutra, la reacción catódica principal consiste en la reducción del agua en presencia de oxígeno para formar iones OH<sup>-</sup>.

Reacciones anódicas:



Reacciones catódicas:



Denominando sentido convencional de la corriente por un conductor metálico, el opuesto al de los electrones, se dice que del ánodo sale corriente continua del metal al electrolito, produciéndose allí un ataque por corrosión y en el cátodo se produce una entrada de corriente continua desde el electrolito al metal sin que se produzca corrosión del mismo.

Esta corrosión de tipo electroquímico, característica de estructuras sumergidas o enterradas, es sumamente grave, no por la pérdida de metal en sí, que suele ser pequeña, sino por tratarse de una corrosión localizada que puede ser origen de picaduras profundas (pitting)



## Pilas de corrosión

La presencia simultánea del ánodo y el cátodo se denomina pila de corrosión y puede deberse a varias causas, presentando siempre una diferencia de potencial eléctrico entre sus dos semielementos.

La velocidad de corrosión en el ánodo depende de la diferencia de potencial de la pila, de las características del medio agresivo y de la relación de superficies entre el ánodo y el cátodo.

Las peores condiciones se dan cuando la superficie del ánodo es muy pequeña frente a la del cátodo. En estas condiciones la densidad de corriente anódica es muy elevada, lo que da lugar a picaduras rápidas y profundas.

Las pilas pueden tener su origen en el metal o en el electrolito, siendo en cada caso provocadas por la presencia de dos metales diferentes u otras causas que conducen a su formación.

Las pilas galvánicas o pares galvánicos se producen, normalmente, cuando existen dos metales distintos, unidos por un conductor de la electricidad y en contacto con el mismo electrolito (medio acuoso agresivo). En este caso el metal más activo actúa como ánodo y ve acelerada su corrosión, y el más noble permanece inalterado.

Un caso clásico es la mezcla de cobre y acero o acero galvanizado en circuitos con ciertos contenidos de oxígeno, en los que si no se toman las precauciones adecuadas, el cobre puede acelerar notablemente el proceso de corrosión del acero.

La existencia del fenómeno de corrosión en un mismo metal (pila de corrosión), es debida a la presencia de heterogeneidades y otros fenómenos de diversa índole, que describimos a continuación:

- Alteraciones en la uniformidad de la estructura cristalina del metal (por ejemplo en la precipitación de carburos de cromo al soldar ciertos aceros inoxidables, que hace actuar estas zonas como ánodos frente al resto de inoxidable bien pasivado).
- Tensiones mecánicas residuales, externas o internas, del metal (formación de zonas anódicas y catódicas e incluso posible corrosión bajo tensión).
- Diferentes estados superficiales: grado de pulido, rayas, acoplamientos, óxidos.
- Superficies contaminadas (debidas a manipulaciones que sufre el metal incluyendo el contacto con las manos del propio operario).
- Roturas de películas protectoras (aparición de zonas activas por rotura local de las películas protectoras de materiales pasivables como los aceros inoxidables o el cobre que actúan anódicamente, o rotura, degradación o despegue de revestimientos y pinturas).

Las pilas debidas al electrolito o medio corrosivo pueden resultar de diferencias de temperatura, pH, concentración y, en particular, de diferencias en el contenido de oxígeno, formando las llamadas pilas por aireación diferencial, que son una fuente importantísima en los fenómenos de corrosión. El reparto no uniforme de oxígeno es una muy importante causa de corrosión, independientemente de la naturaleza del metal; las partes más aireadas funcionan como cátodos y las menos aireadas (rayas, entrantes agudos, uniones con radio de curvatura insuficiente, etc.) como ánodos y por consiguiente son atacados. La presencia de sedimentos en el interior de una tubería o acumulador, origina pilas de aireación diferencial que provocan un ataque por corrosión en la zona anódica situada debajo del sedimento, en la zona más pobre en oxígeno.



### 3.3.2 Circuitos cerrados y circuitos abiertos

Es importante destacar la gran diferencia existente entre circuitos cerrados y circuitos abiertos desde el punto de vista de la corrosión de las instalaciones y de los métodos para combatirla.

Un circuito cerrado es aquel en el que el consumo de agua para su funcionamiento es mínimo, siendo necesario tan solo aportar pequeñas cantidades para reponer las pérdidas que se producen por purgas de aire u otras circunstancias inevitables. En este caso no existe prácticamente renovación de agua, se produce una disminución en el contenido de oxígeno y es relativamente sencillo evitar los problemas de corrosión interna.

Ejemplos de circuitos cerrados son los sistemas de calefacción, los primarios de producción de agua sanitaria, los circuitos de agua enfriada de climatización y algunos sistemas de torres de enfriamiento.

Un circuito abierto es aquel en el que existe una aportación importante de agua en su funcionamiento. En estas condiciones el agua mantiene sus condiciones naturales y los problemas de corrosión son más frecuentes, graves y difíciles de resolver. Ejemplos de circuitos abiertos son los sistemas clásicos de condensador y torre de refrigeración abierta, los circuitos de agua fría sanitaria y los sistemas de ACS que incluyen los acumuladores, intercambiadores de calor y tuberías.

### 3.3.3 Evitar la corrosión

Ciertos aspectos de la instalación, tales como la velocidad de circulación del agua, la calidad y características de los materiales empleados y las mezclas de metales pueden tener gran influencia en los riesgos de corrosión.

Velocidades del agua inferiores a 0,5 m/seg, favorecen deposiciones de partículas sólidas que propician la formación de pilas de aireación diferencial, mientras que velocidades del agua por encima de 2 m/seg, pueden favorecer, para ciertos metales, los fenómenos de corrosión por erosión.

En el diseño deben considerarse algunos aspectos importantes que pueden afectar a la calidad de la instalación y que se describen en los apartados siguientes en los que se analizan cada uno de los diferentes grupos de instalaciones del edificio.

Asimismo se tratarán los sistemas de protección recomendados en cada caso y los detalles que deben tenerse en cuenta durante el mantenimiento de las instalaciones.

Todos los métodos conocidos de lucha contra la corrosión se basan en evitar la salida de corriente eléctrica continua (en sentido convencional) del ánodo al agua (electrolito), impidiendo así las reacciones anódicas de disolución del metal. Si no sale corriente continua del ánodo, significa que no circulan electrones a través del metal del ánodo al cátodo, por lo que no se producen las reacciones anódicas que corroen el metal.



## Metales resistentes a la corrosión

Un buen modo de evitar la corrosión es utilizar materiales nobles o pasivables en los que no se formen zonas anódicas y catódicas en las condiciones de trabajo.

Han de ser capaces de resistir una desinfección mediante elevadas concentraciones de cloro o de otros desinfectantes o por elevación de temperatura, tal y como se describe en el R.D. 865/2003.

En las instalaciones de un edificio este criterio se debe aplicar utilizando materiales como el cobre, los aceros inoxidable e incluso el titanio para algunas aplicaciones singulares.

Más adelante veremos el comportamiento de los distintos materiales metálicos y los límites de este criterio frente a ciertas condiciones de trabajo y en presencia de aguas con características especiales.

## Tratamiento del agua

Otra forma de minimizar la corrosión es actuar sobre el electrolito y realizar un tratamiento químico del agua. En estas condiciones, las pilas de corrosión permanecen inactivas por las condiciones del agua. En un circuito cerrado con poca aportación de agua, la ausencia de oxígeno y el pH elevado impiden las reacciones catódicas, por lo que tampoco se producen las reacciones anódicas. Si la aportación de agua es suficientemente baja y los materiales son adecuados, el circuito cerrado puede comportarse de forma espontánea como si se hubiese realizado un tratamiento del agua.

Más adelante, al analizar los diferentes circuitos hidráulicos, se darán indicaciones sobre los tratamientos de agua más adecuados para cada caso.

## Revestimientos superficiales

Los revestimientos pretenden separar el metal del medio agresivo aumentando la resistencia eléctrica e impidiendo el paso de la corriente. Cualquier pequeño fallo en el revestimiento puede provocar corrosión localizada por picaduras (Pitting).

Las pinturas son uno de los métodos más utilizados para combatir la corrosión externa de las estructuras metálicas vistas. Más adelante se analizará el comportamiento de los distintos revestimientos que se utilizan como protección en el interior de los acumuladores de ACS.

## Protección catódica

La protección catódica consiste en evitar la salida de corriente eléctrica continua y con ello las reacciones anódicas, a base de que se produzca la entrada de corriente continua desde el medio agresivo al metal en toda su superficie. De este modo se consigue que existan solo reacciones catódicas en todo el metal y se elimina la corrosión que se produciría en el ánodo.

Para ello debe situarse un ánodo en el agua que está en contacto con el metal a proteger y lograr la entrada de corriente continua a través del agua, a toda la superficie a proteger. Al establecerse la circulación de corriente deseada, tanto en las antiguas zonas anódicas como catódicas, se eliminan las reacciones de corrosión que se producían en el ánodo. En protección catódica interna, solo puede lograrse que la corriente llegue a las zonas situadas cerca del ánodo, por lo que en las instalaciones hidráulicas solo puede protegerse por este método el interior de los acumuladores de agua y no los circuitos de tuberías.



La protección catódica por ánodos de sacrificio consiste en montar un ánodo de un material más electronegativo que el metal a proteger y aprovechar la pila galvánica que se forma entre los dos. En el caso de los acumuladores de ACS se utilizan ánodos de aleación de Magnesio unidos eléctricamente al depósito, que naturalmente se consumen y deben sustituirse periódicamente.

La protección catódica por corriente impresa consiste en montar un ánodo que servirá como medio para facilitar la salida de corriente, mantenida mediante un rectificador de corriente continua externo. En el caso de los acumuladores de ACS se utilizan ánodos de titanio activados con óxidos de metales nobles denominados MMO (Mixed Metal Oxides), que pueden tener vidas muy importantes, del orden de 10 años, con un diseño correcto.





## 4. Los diferentes tipos de agua en el interior de edificios. Características, problemáticas y soluciones

A la vista de toda la legislación anteriormente expuesta y considerando además que el agua en ocasiones incorpora impurezas o componentes que pueden interaccionar con las instalaciones de un edificio y afectar a su eficiencia energética, será imprescindible tomar las precauciones necesarias para evitar la corrosión de las instalaciones y realizar un correcto tratamiento del agua, adecuado a la problemática particular de cada circuito, para poder asegurar su óptimo funcionamiento.

Además de ello, de acuerdo con el Real Decreto 140/2003 y según el Código Técnico de la Edificación, en todo equipo de tratamiento del agua serán necesarios sistemas de control:

### Exigencias de funcionamiento

Los sistemas de protección contra la corrosión y tratamiento del agua deben estar dotados de dispositivos de medida que permitan comprobar la eficacia prevista del sistema.

Los equipos de tratamiento deben disponer de un contador que permita medir, a su entrada, el agua utilizada para su mantenimiento.

A la vista de esta exigencia, se hace imprescindible disponer de adecuados sistemas de control para cada equipo instalado .

Por otra parte, una correcta instalación y un adecuado mantenimiento de un equipo de protección o de tratamiento del agua son requisitos esenciales no sólo para conseguir los resultados esperados, sino también para garantizar su correcto y seguro funcionamiento durante toda su vida útil.

El mantenimiento de los equipos debe ser siempre realizado de acuerdo con las instrucciones facilitadas por el fabricante y normalmente incluirá operaciones sencillas que deben ser realizadas con una cierta frecuencia por el propio usuario (o por un Servicio externo contratado) así como otras, más específicas, que solamente deben ser efectuadas por el Servicio Técnico autorizado.

Todas las piezas de repuesto, incluidas las desechables, se deberán obtener siempre del fabricante del equipo.

Es muy aconsejable que todas las operaciones de mantenimiento queden registradas cuidadosamente en un Diario de Operaciones después de cada intervención.

A continuación se desarrollarán los diversos tipos de circuitos de agua que existen habitualmente en las instalaciones interiores, su problemática específica, los efectos sobre la eficiencia energética, la selección de materiales aplicables, los tratamientos más adecuados, los sistemas de control y el mantenimiento requerido.

## 4.1. Agua fría de consumo humano

Es uno de los principales circuitos en un edificio y normalmente el que alimenta a todos los demás; por ello su tratamiento debe ser especialmente completo.

### 4.1.1. Problemática específica y efectos sobre la eficiencia energética

Los principales problemas que pueden presentarse en un circuito de agua fría de consumo humano, en lo que respecta a la eficiencia energética, son los siguientes:

- Presencia de partículas en suspensión

La presencia de partículas en suspensión puede originar importantes averías por obstrucción mecánica en los circuitos de intercambio térmico y también puede producir importantes procesos de corrosión por aireación diferencial, con fugas de agua, desarrollo de microorganismos y formación de biocapas.

En todos estos casos la eficiencia energética de los circuitos conectados disminuirá sensiblemente.

- Agua de elevada dureza con carácter incrustante

La formación de incrustaciones calcáreas es más característica de los circuitos de agua caliente, no obstante en aguas muy incrustantes o con valores elevados de pH, las incrustaciones pueden también formarse en los circuitos de agua fría.

Sus consecuencias serán una reducción de la sección de paso de agua y una disminución de la capacidad de intercambio térmico. Además se favorecerá el desarrollo de biocapas.

- Agua cuya composición puede favorecer los procesos de corrosión de los metales existentes en el circuito.

Los procesos de corrosión en el circuito de agua fría de consumo humano dependen principalmente de la composición química del agua y de las características y estado de la instalación existente.

Originan fugas de agua, desarrollo de microorganismos en los óxidos (que actúan como nutrientes) y formación de biocapas.



#### 4.1.2. Selección de materiales

En estas instalaciones pueden utilizarse tuberías de acero galvanizado, de cobre, de acero inoxidable y de materiales plásticos homologados.

En las normas se indica que en todos los proyectos de instalaciones de conducción de agua, se debe realizar una correcta selección del material de las tuberías de los circuitos, En la serie de normas UNE-EN 12502 se analiza el comportamiento de los distintos materiales en función del tipo de agua y de las condiciones de utilización.

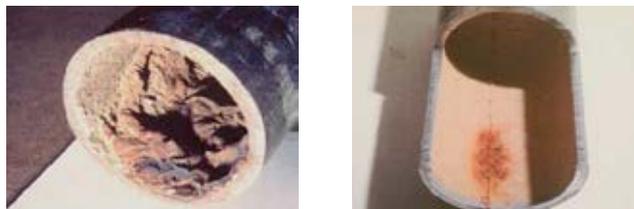


Fig. 7 Corrosión de tubos de acero galvanizado

Exponemos a continuación los títulos de todas las Normas que componen la serie:

- UNE-EN 12502-1 “Protección de materiales metálicos contra la corrosión. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacenamiento de agua. Parte 1: Generalidades”.
- UNE-EN 12502-2 “Protección de materiales metálicos contra la corrosión. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacenamiento de agua. Parte 2: Factores que influyen para el cobre y aleaciones de cobre”.
- UNE-EN 12502-3 “Protección de materiales metálicos contra la corrosión. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacenamiento de agua. Parte 3: Factores que influyen para materiales férricos galvanizados en caliente”.
- UNE-EN 12502-4 “Protección de materiales metálicos contra la corrosión. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacenamiento de agua. Parte 4: Factores que influyen para el acero inoxidable”.
- UNE-EN 12502-5 “Protección de materiales metálicos contra la corrosión. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacenamiento de agua. Parte 5: Factores que influyen para fundición de hierro, acero no aleado y de baja aleación”



Fig. 8 Corrosión de un tubo de acero inoxidable

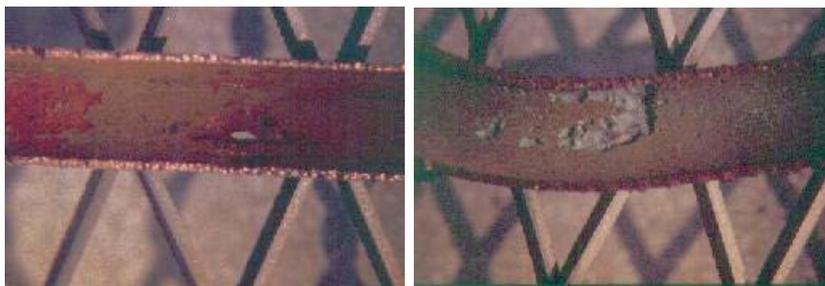


Fig. 9 Corrosión de tubos de cobre

Para determinar la adecuada calidad y clase del material de las tuberías, acumuladores y otros elementos, el Ingeniero de proyecto debe tomar en consideración siempre las siguientes premisas:

- Características del agua y determinación de su grado de agresividad frente a los diversos materiales existentes.
- Experiencia de las instalaciones ya realizadas en la misma zona y con el mismo tipo de agua.

En realidad en las instalaciones de agua fría para consumo humano relativamente modernas, los problemas de corrosión que den lugar a averías y perforaciones son mínimos. Existe una tendencia clara a la utilización de los plásticos como material más popular, sin excluir el cobre que por su nobleza sigue teniendo gran aceptación. El acero galvanizado es una opción muy buena en circuitos de agua fría sanitaria con un extraordinario comportamiento acústico, al igual que los polipropilenos y otros plásticos de espesor notable, problema éste a tener en cuenta en el caso del cobre para diseñar con velocidades de agua menores.

#### 4.1.3. Tratamientos aplicables

Los principales tratamientos a aplicar son los siguientes:

- Filtración en la entrada del edificio para evitar la presencia de partículas en suspensión

La filtración se deberá realizar, de acuerdo con el Real Decreto 140/2003, siguiendo los criterios del Código Técnico de la Edificación:

##### Art. 3.2.1.2.2 Filtro de la instalación general

1 El filtro de la instalación general debe retener los residuos del agua que puedan dar lugar a corrosiones en las canalizaciones metálicas. Se instalará a continuación de la llave de corte general. Si se dispone armario o arqueta del contador general, debe alojarse en su interior. El filtro debe ser de tipo Y con un umbral de filtrado comprendido entre 25 y 50  $\mu\text{m}$ , con malla de acero inoxidable y baño de plata, para evitar la formación de bacterias y autolimpiable. La situación del filtro debe ser tal que permita realizar adecuadamente las operaciones de limpieza y mantenimiento sin necesidad de corte de suministro.

Es importante destacar que en los filtros autolimpiantes la operación de lavado se realiza a contracorriente y sin interrupción del paso de agua.

- Un tratamiento general del agua para evitar la formación de incrustaciones calcáreas.

Este tratamiento es básico para todos los circuitos en los que se desee favorecer la eficiencia energética y, por consiguiente, siempre que el agua tiene carácter incrustante es habitual su instalación en la entrada del edificio para la protección de todos los circuitos presentes.

El tratamiento puede efectuarse según los conceptos descritos en el apartado 3.1.2 – Dureza del agua – Tratamientos, mediante:

- La descalcificación del agua

Es una técnica muy empleada cuando se desea eliminar total o parcialmente la dureza del agua.

- La adición de inhibidores de incrustación

Es una técnica idónea en los circuitos de agua fría de consumo humano de gran tamaño ya que evita los procesos de incrustaciones calcáreas (no elimina la cal del agua, solamente impide la formación de incrustaciones) con un coste reducido.

- El uso de equipos físicos

Es una tecnología ideal cuando se desea evitar las incrustaciones calcáreas (no elimina la cal del agua, solamente impide la formación de incrustaciones) sin adición de productos químicos y sin modificar la composición química del agua.

- Un tratamiento general del agua, en función de su composición, para evitar los procesos de corrosión.

El agua en determinados casos, incorpora algunas sustancias que, sin afectar a su calidad como agua apta para el consumo humano, pueden interaccionar con algunos metales y favorecer los procesos de corrosión.



Este concepto figura especialmente descrito en el Código Técnico de la Edificación:

### 6.3 Incompatibilidades - 6.3.1 Incompatibilidad de los materiales y el agua

1 Se evitará siempre la incompatibilidad de las tuberías de acero galvanizado y cobre controlando la agresividad del agua. Para los tubos de acero galvanizado se considerarán agresivas las aguas no incrustantes con contenidos de ión cloruro superiores a 250 mg/L. Para su valoración se empleará el índice de Langelier. Para los tubos de cobre se consideraran agresivas las aguas dulces y ácidas (pH inferior a 6,5) y con contenidos altos de CO<sub>2</sub>. Para su valoración se empleará el índice de Lucey.

2 Para los tubos de acero galvanizado las condiciones límites del agua a transportar, a partir de las cuales será necesario un tratamiento serán las de la tabla 6.1:

Tabla 6.1

Características	Agua fría	Agua caliente
Resistividad (Ohm x cm)	1.500 – 4.500	2.200 – 4.500
Título alcalimétrico completo (TAC) meq/L	1,6 mínimo	1,6 mínimo
Oxígeno disuelto, mg/L	4 mínimo	-
CO <sub>2</sub> libre, mg/L	30 máximo	15 máximo
CO <sub>2</sub> agresivo, mg/L	5 máximo	-
Calcio (Ca <sup>2+</sup> ) mg/L	32 mínimo	32 mínimo
Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), mg/L	150 máximo	96 máximo
Cloruros (Cl <sup>-</sup> ), mg/L	100 máximo	71 máximo
Sulfatos + Cloruros, meq/L	-	3 máximo

3 Para los tubos de cobre las condiciones límites del agua a transportar, a partir de las cuales será necesario un tratamiento serán las de la tabla 6.2:

Tabla 6.2

Características	Agua fría y agua caliente
pH	7,0 mínimo
CO <sub>2</sub> libre, mg/L	no concentraciones altas
Índice de Langelier (IS)	debe ser positivo
Dureza total (TH), °f	5 mínimo (no aguas dulces)

4 Para las tuberías de acero inoxidable las calidades se seleccionarán en función del contenido de cloruros disueltos en el agua. Cuando éstos no sobrepasen los 200 mg/L se puede emplear el AISI-304. Para concentraciones superiores es necesario utilizar el AISI-316.

Así pues, conociendo las características analíticas del agua y el material de las instalaciones será posible establecer el tratamiento más adecuado del agua para evitar los procesos de corrosión:

Este tratamiento generalmente se basará en los siguientes tres conceptos principales:

- La modificación de determinados parámetros del agua

Este tratamiento se realiza modificando algún parámetro del agua; por ejemplo ajustando el valor del pH o aumentando su dureza residual.

- El uso de inhibidores de corrosión.

La utilización de inhibidores de corrosión no modifica sensiblemente las características fisicoquímicas del agua ya que actúan a dosis muy débiles. Generalmente el inhibidor se fija sobre el metal y forma una barrera compacta entre éste y el agua, con lo cual queda protegido.

Habitualmente se utilizan los siguientes inhibidores de corrosión:

Fosfatos, polifosfatos y silicatos

Es muy importante recordar que los productos químicos (sustancias o mezclas) utilizados en el tratamiento del agua de consumo humano, deben cumplir con las exigencias de la Orden Ministerial SSI 304/2013.

#### 4.1.4. Sistemas de control

Los principales sistemas de control para los equipos de tratamiento del agua fría de consumo humano son los siguientes:

- Sistemas de control en los equipos de filtración

El sistema de control más extendido para los equipos de filtración es la medición de la diferencia de presión del agua a la entrada y a la salida del filtro, mediante dos manómetros independientes o bien un único manómetro de presión diferencial.

A medida que el elemento filtrante se va colmatando por causa de la acumulación de partículas en su superficie la presión diferencial aumenta.

Cuando se alcanza el valor límite pre-determinado el elemento filtrante debe ser lavado o sustituido.



Fig. 10 Sistemas de control en equipos de filtración

- Sistemas de control en los equipos de descalcificación

El sistema más empleado de control consiste en el análisis de la dureza de entrada y de salida del descalcificador.

Para ello, se utiliza normalmente un reactivo químico que se añade al agua de gota en gota y que cambia de color al reaccionar con toda la cal del agua. El número de gotas requeridas indica la dureza del agua.



Fig. 11 Test de dureza

La dureza del agua a la entrada debe mantenerse estable; si varía significativamente será preciso reprogramar el ciclo del equipo; la dureza a la salida del descalcificador deberá mantenerse en el valor preestablecido de dureza residual durante todo el ciclo; en caso contrario es preciso verificar el funcionamiento del equipo.

- Sistemas de control en los equipos de dosificación de inhibidores de incrustaciones y/o de corrosión

El control del funcionamiento de los equipos de dosificación puede efectuarse normalmente de dos formas distintas y complementarias:

-Por análisis químico de la concentración del inhibidor en el agua tratada.

Habitualmente los fabricantes de inhibidores de incrustaciones y/o corrosión, disponen de diversos kits analíticos para determinar su concentración en el agua tratada.

-Por control del consumo medio del inhibidor.

Este sistema indirecto se basa en determinar el consumo de producto durante, por ejemplo, 1 mes y, por división entre el volumen total de agua tratada (a partir de los datos del contador de agua) obtener la dosis media adicionada.

En todos los casos si la dosis no es la deseada es preciso verificar el funcionamiento del sistema de dosificación.

- Sistemas de control en otros tipos de equipos

Para el control de la eficacia y del funcionamiento de otros tipos de equipos (por ejemplo, los equipos físicos) deberán seguirse siempre las instrucciones facilitadas por el fabricante.

En cualquier caso puede ser conveniente la instalación de tubos testigo, fácilmente desmontables, que permitan verificar regularmente el estado de la instalación.

#### 4.1.5. Mantenimiento de las instalaciones

Para cada uno de los tratamientos contemplados en el agua fría de consumo humano, el mantenimiento que el usuario u operador debe realizar contemplará al menos los siguientes conceptos:

##### Circuito de agua fría de consumo humano

- Verificación periódica del correcto estado del circuito y de la ausencia de procesos visibles de incrustaciones calcáreas o de corrosión
- Si existen tramos testigos, comprobación periódica de su estado.

##### Equipos de filtración

- Verificación periódica del correcto funcionamiento del equipo y de la ausencia de fugas.
- Sustitución del elemento filtrante cuando sea necesario y como mínimo con la periodicidad especificada por el fabricante

##### Equipos de descalcificación

- Verificación periódica del correcto funcionamiento del equipo y de la ausencia de fugas.
- Comprobación periódica de la presencia de sal en el depósito de salmuera y recarga en caso necesario.
- Comprobación regular de la dureza del agua de entrada y del agua descalcificada

##### Equipos de dosificación de inhibidores de incrustaciones y/o de corrosión

- Verificación periódica del correcto funcionamiento del equipo y de la ausencia de fugas.
- Comprobación periódica de la presencia de producto en el depósito de acumulación y recarga en caso necesario.

##### Otros tipos de equipos

- Verificación periódica del correcto funcionamiento del equipo y de la ausencia de fugas.
- Sustitución de elementos consumibles de acuerdo con la frecuencia indicada en las instrucciones del fabricante.

Además de todas estas operaciones realizadas por el usuario u operador, es muy conveniente que el Servicio de Asistencia Técnica de los equipos instalados, realice un control anual o con la frecuencia indicada por el fabricante, en el cual se efectúen al menos las siguientes operaciones:

- Verificación exhaustiva del correcto funcionamiento del equipo y comprobación, si procede, de su correcta programación.
- Verificación del correcto funcionamiento de los elementos de control.
- Limpieza y desinfección interna, si procede, del equipo y de sus componentes.
- Sustitución de componentes internos sujetos a desgaste.

## 4.2. Agua caliente sanitaria

Es un circuito importante en la eficiencia energética en un edificio.

### 4.2.1. Problemática específica y efectos sobre la eficiencia energética

Las instalaciones de agua caliente sanitaria (ACS) deben cumplir la legislación aplicable vigente.

Estas instalaciones están sometidas a riesgos de corrosión e incrustación superiores a los del agua fría, debido a las condiciones de utilización. En efecto la mayoría de materiales se comporta peor frente a la corrosión a temperaturas elevadas y las aguas se vuelven más incrustantes al aumentar su temperatura.

Los métodos de prevención de la proliferación de *Legionella*, que exigen en algunos casos un tratamiento por choque térmico o una desinfección química, pueden agravar los problemas de corrosión en muchas instalaciones.

Las precauciones para evitar la corrosión en estos circuitos, no son las mismas en la producción del agua caliente sanitaria que en la distribución, por lo que hay que distinguir entre acumuladores e intercambiadores y redes de tuberías de distribución.

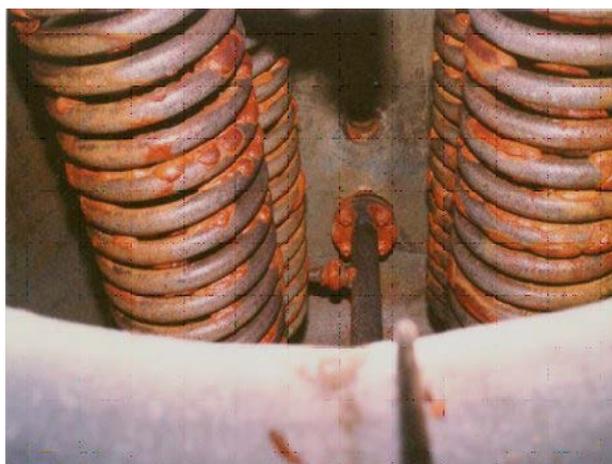


Fig. 12 Corrosión en el interior de un interacumulador

En efecto, por un lado los intercambiadores de calor y los depósitos acumuladores de ACS deben ser siempre metálicos a causa de las condiciones de trabajo y sus dimensiones, mientras que las tuberías de ACS pueden ser metálicas o de materiales plásticos.

La producción de agua caliente sanitaria puede realizarse con intercambiadores de calor instantáneos, con interacumuladores o con acumuladores calentados por intercambiadores de calor externos, que usualmente son del tipo placas aunque también se instalan de tubos y carcasa.

Los depósitos grandes (mayores de 750 litros) deben disponer de una boca de hombre con un diámetro mínimo de 400 mm., estar preparados para el correcto funcionamiento de un purgador de gases en su parte superior y disponer de una purga de lodos en su

parte inferior (ver Normas UNE-EN 12499 y UNE 112076)

Por otra parte en la protección contra la corrosión interior de los acumuladores de ACS se utilizan mucho los revestimientos y la protección catódica, métodos que no pueden ser utilizados en la protección de las redes de tuberías.

Los principales problemas que pueden presentarse en un circuito de agua caliente sanitaria son similares a los de los circuitos de agua fría de consumo humano, aunque en este caso las partículas en suspensión habrán quedado ya retenidas en el filtro previo instalado en el aporte de agua fría de consumo humano.

Los conceptos más significativos, en lo que respecta a la eficiencia energética, son los siguientes:

- Agua de elevada dureza con carácter incrustante

La formación de incrustaciones calcáreas es mucho más importante en este tipo de circuitos. Al aumentar la temperatura se incrementa en forma muy significativa la formación de precipitados de cal que pueden llegar incluso a obstruir por completo el paso del agua.

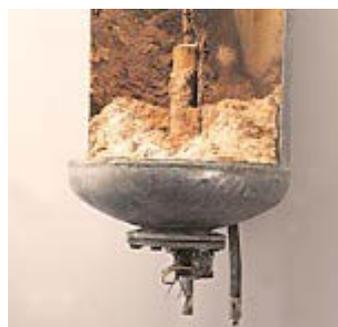


Fig. 13 Incrustación calcárea en el interior de un acumulador de agua

Como en el caso del agua fría de consumo humano, las consecuencias serán una reducción de la sección de paso de agua y una disminución de la capacidad de intercambio térmico. Además se favorecerá el desarrollo de biocapas.

- Agua cuya composición puede favorecer los procesos de corrosión de los metales existentes en el circuito.

La velocidad de los procesos de corrosión aumenta generalmente con la temperatura, por lo cual en aguas cuya composición química favorezca el ataque a los metales de la instalación, será imprescindible realizar un tratamiento adecuado.

#### 4.2.2. Selección de materiales

##### Acumuladores

Los acumuladores de agua caliente sanitaria solo se pueden construir con materiales metálicos, como el acero inoxidable o el acero al carbono con un revestimiento interior y un sistema de protección catódica.



Fig. 14 Corrosión de un acumulador de acero inoxidable

Los acumuladores de acero inoxidable pueden sufrir corrosión localizada en función del tipo de acero inoxidable utilizado, de las técnicas de construcción del depósito, de las características del agua entre las que tiene una gran influencia el contenido de cloruros y de las condiciones de trabajo, principalmente la temperatura.

Debe destacarse que algunos aceros inoxidables son susceptibles a la corrosión en ciertos tipos de agua caliente, tal como indican las Normas UNE 100030 y UNE 112076.



Fig. 15 Corrosión de un acumulador de acero al carbono

Los acumuladores de acero al carbono tienen un comportamiento frente a la corrosión que depende del tipo de construcción, del revestimiento, de la eficacia de la protección catódica, de las características del agua y de las condiciones de trabajo.

### Tuberías

Igual que el caso de las tuberías de agua fría para el consumo humano, cuando se proyecte o efectúe una instalación de distribución de agua caliente, se debe realizar una correcta selección del material de las tuberías y, en general, de todo el circuito, puesto que hay aguas cuya composición puede ser agresiva para diferentes materiales.

Como en el apartado para las tuberías de agua fría potable, el agua no debe disminuir su calidad en contacto con los materiales que forman el circuito de ACS y para ello deberán seleccionarse según los casos el cobre, el acero inoxidable o los materiales plásticos.

Es importante destacar que en las tuberías de acero galvanizado, en función de las características y composición del agua, puede desarrollarse un proceso específico de corrosión denominado “inversión de polaridad”. Al aumentar la temperatura, la capa protectora de sales de zinc, tiene tendencia a modificar su estructura molecular de tal forma que deja de proteger al acero y con ello favorece su corrosión.

Este proceso depende de la temperatura y de la composición química del agua (algunos iones lo favorecen y otros lo retardan). Se inicia alrededor de los 60 °C con un máximo sobre los 70 °C.

Por este motivo, no es conveniente en tuberías de acero galvanizado sobrepasar los 60 °C ya que existe un riesgo significativo de corrosión.

Como en el caso del agua fría de consumo humano, los procesos de corrosión originan fugas de agua, desarrollo de microorganismos en los óxidos (que actúan como nutrientes) y formación de biocapas.

Además de los detalles descritos para el agua fría, las instalaciones de ACS deberían incluir tubos testigo, recomendando colocarlos preferentemente en la salida y el retorno del agua caliente en el caso de las instalaciones centralizadas. Los tubos testigo permiten comprobar el estado real del interior de las tuberías frente a los problemas de corrosión, así como la eficacia de posibles tratamientos de agua.

Los tubos testigo consisten en tramos de tubería del mismo material que el resto de la instalación, fácilmente desmontables para su inspección y, normalmente, con un doble paso alternativo o by-pass .

Tanto en los circuitos de nueva instalación como en las reparaciones deben evitarse las mezclas de metales, principalmente tuberías de cobre y acero galvanizado.

La recirculación del agua caliente favorece el contacto entre partículas o iones metálicos arrastrados por el agua, y por consiguiente, la corrosión del menos noble. En una instalación realizada con tubos de cobre, debe evitarse instalar accesorios de acero galvanizado, aunque sea después de un manguito dieléctrico, pues los iones de cobre llegan a todas las partes de la instalación gracias a la recirculación del retorno.

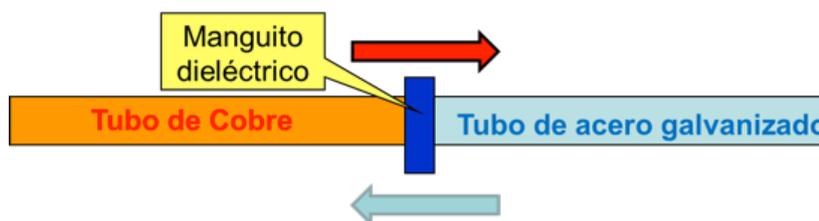


Fig. 16 Instalación manguito dieléctrico para evitar mezcla de metales

Asimismo si las tuberías son de cobre deben evitarse elementos como bombas de fundición de hierro o colectores de acero galvanizado.

### 4.2.3. Tratamientos aplicables

Los principales tratamientos a aplicar serán los mismos ya descritos para el agua fría de consumo humano:

- Un tratamiento general del agua para evitar la formación de incrustaciones calcáreas.
- Un tratamiento general del agua, en función de su composición, para evitar los procesos de corrosión

En la mayoría de los casos los tratamientos ya se habrán instalado en el agua de aporte al edificio, por lo cual no se precisará un tratamiento específico para el agua caliente sanitaria.

Para mayor información sobre estos tratamientos ver el apartado 4.1.3 correspondiente al agua fría de consumo humano.

### 4.2.4. Protección catódica

La protección catódica del interior de un acumulador de ACS, permite evitar la corrosión del mismo en los defectos del revestimiento a pesar de que la temperatura de trabajo supere de forma intermitente los 70° C, para cualquier tipo de agua de suministro y a pesar de que las tuberías de recirculación sean de cobre.

Para que ello sea posible la protección catódica debe ser capaz de adaptarse a diversas condiciones, que si no se tienen en cuenta tanto en el diseño, como en la instalación, la puesta en marcha y el mantenimiento, pueden hacer fracasar el sistema.

La Norma UNE-EN 12499 analiza los detalles a considerar para realizar correctamente la protección catódica de los acumuladores de ACS, distinguiendo entre los menores y mayores de 750 L.

Si los acumuladores existentes presentan problemas de corrosión pero conservan unas condiciones mecánicas suficientes, con un sistema de protección catódica correcto pueden frenarse los procesos de corrosión y alargar de forma muy importante su vida útil.

### 4.2.5. Sistemas de control

Los sistemas de control de los tratamientos de agua serán los mismos ya descritos para el agua fría de consumo humano.

- Sistemas de control en los equipos de descalcificación
- Sistemas de control en los equipos de dosificación de inhibidores de incrustaciones y/o de corrosión
- Sistemas de control en otros tipos de equipos

Es muy importante controlar también el buen funcionamiento de los sistemas de protección catódica de los acumuladores, para lo que deben realizarse las mediciones eléctricas adecuadas.

Para mayor información ver el apartado 4.1.4 correspondiente al agua fría de consumo humano.

En forma particular en los circuitos de agua caliente sanitaria es muy importante disponer de sistemas para el control de la temperatura.

### Sistemas de control de temperatura

El control de la temperatura se realizará en los depósitos de acumulación, en el retorno a la caldera y en los puntos de consumo.

Una reducción en la temperatura del agua caliente sanitaria puede indicar un problema de incrustaciones calcáreas (normalmente en la caldera o en el acumulador) o una red de distribución deficiente. La prevención de las incrustaciones calcáreas y el aislamiento térmico de equipos y tuberías contribuyen en forma muy importante a la eficiencia energética.

### 4.2.6. Mantenimiento de las instalaciones

Para cada uno de los sistemas de protección catódica y tratamientos contemplados en el agua caliente sanitaria el mantenimiento que el usuario u operador debe realizar contemplará al menos los siguientes conceptos:

#### Circuito de agua caliente sanitaria

- Verificación periódica del correcto estado del circuito y de la ausencia de procesos visibles de incrustaciones calcáreas o de corrosión
- Comprobación periódica de las temperaturas en el depósito de acumulación y en el retorno (si existen).
- Si existen tubos testigo, comprobación periódica de su estado.

#### Equipos de filtración

- Verificación periódica del correcto funcionamiento del equipo y de la ausencia de fugas.
- Sustitución del elemento filtrante cuando sea necesario y como mínimo con la periodicidad especificada por el fabricante

#### Equipos de descalcificación

- Verificación periódica del correcto funcionamiento del equipo y de la ausencia de fugas.
- Comprobación periódica de la presencia de sal en el depósito de salmuera y recarga en caso necesario.
- Comprobación regular de la dureza del agua de entrada y del agua descalcificada

#### Equipos de dosificación de inhibidores de incrustaciones y/o de corrosión

- Verificación periódica del correcto funcionamiento del equipo y de la ausencia de fugas.
- Comprobación periódica de la presencia de producto en el depósito de acumulación y recarga en caso necesario.

#### Otros tipos de equipos

- Verificación periódica del correcto funcionamiento del equipo y de la ausencia de fugas.
- Sustitución de elementos consumibles de acuerdo con la frecuencia indicada en las instrucciones del fabricante.



Además de todas estas operaciones realizadas por el usuario u operador, es muy conveniente que el Servicio de Asistencia Técnica de los equipos instalados, realice un control anual o con la frecuencia indicada por el fabricante, en el cual se efectúen al menos las siguientes operaciones:

- Verificación exhaustiva del correcto funcionamiento del equipo y comprobación, si procede, de su correcta programación.
- Verificación del correcto funcionamiento de los elementos de control.
- Limpieza y desinfección interna, si procede, del equipo y de sus componentes.
- Sustitución de componentes internos sujetos a desgaste.

### Protección catódica

El mantenimiento de los sistemas de protección catódica de los acumuladores consiste en realizar las lecturas periódicas de los valores del sistema, verificar el buen funcionamiento de los purgadores de gases, la inspección visual de los depósitos aprovechando las operaciones de limpieza y desinfección y los cambios de ánodos cuando corresponda.

## 4.3. Circuitos cerrados de climatización

Es, en la mayoría de los casos, el circuito más importante en la eficiencia energética en un edificio y, por consiguiente, debe ser objeto de un tratamiento especialmente adecuado.

### 4.3.1. Problemática específica y efectos sobre la eficiencia energética

#### Incrustaciones calcáreas

El problema de las incrustaciones en un circuito cerrado si bien es importante, no es tan significativo como en un circuito de agua caliente sanitaria ya que al no existir una renovación ni un aporte constante del agua, es más difícil que las incrustaciones puedan crecer y acumularse.

No obstante, en instalaciones con agua de aporte incrustante, con durezas superiores a 25 °f, para evitar problemas en la caldera es aconsejable instalar un descalcificador para reducir la dureza del agua.

#### Corrosión

El problema de la corrosión es, en general, muy significativo en los circuitos cerrados de climatización. Las altas temperaturas existentes y el uso de materiales no nobles favorecen el ataque del agua a los metales con formación de los óxidos / hidróxidos correspondientes y desprendimiento de hidrógeno.

Los óxidos precipitan formando fangos insolubles que enturbian el agua y que pueden causar importantes averías por obstrucción mecánica.

El hidrógeno que se forma es un gas que se acumula progresivamente en los circuitos y produce:

- Ruidos característicos de las instalaciones de calefacción.
- Aumento de la presión del circuito.
- Pérdida de intercambio térmico.

Se debe eliminar del circuito el hidrógeno que se pueda formar como consecuencia de un proceso de corrosión. Esta operación se realiza normalmente de forma automática mediante purgadores, o bien de forma manual durante las operaciones de mantenimiento.

En un circuito correctamente mantenido y tratado no debe formarse hidrógeno. El hidrógeno presente en el circuito es un indicador de que existen procesos de corrosión. Su purga debe ir siempre acompañada de una revisión del circuito y de un tratamiento contra la corrosión.

Es aconsejable la colocación de filtros en las zonas bajas de la instalación para eliminar las partículas sólidas del interior del circuito cerrado. Los filtros deben proteger también los evaporadores de las plantas frigoríficas y las válvulas de control junto con los intercambiadores de calor.

#### Riesgo de congelación

En determinadas instalaciones, especialmente si existen paneles solares, la temperatura ambiental puede descender por debajo de 0 °C provocando la congelación del agua del circuito si ésta no está correctamente tratada.

#### Proliferación de microorganismos en circuitos a baja temperatura

En determinados tipos de circuitos, por ejemplo, en suelos radiantes, la temperatura del agua generalmente es muy adecuada para la proliferación de microorganismos y algas que pueden causar importantes problemas de obstrucciones y de corrosión.

#### Elevadas temperaturas en paneles solares

En determinados tipos de circuitos con paneles solares es posible alcanzar temperaturas muy elevadas (superiores a 100 °C) por lo cual tanto el fluido térmico como los inhibidores de corrosión empleados deben ser especialmente adecuados a estas condiciones de trabajo

Por todo lo anteriormente expuesto, es evidente que en los circuitos cerrados de climatización, el correcto tratamiento del agua será esencial en su eficiencia energética.

#### 4.3.2. Materiales

Los circuitos cerrados suelen construirse normalmente de acero negro, cobre, acero inoxidable o materiales plásticos no permeables al oxígeno.



Debemos destacar que algunos materiales plásticos son permeables al oxígeno, lo que puede provocar la corrosión de los componentes metálicos del circuito cerrado. No obstante existen en el mercado materiales plásticos que son impermeables al oxígeno.

En un circuito cerrado carente de oxígeno, es admisible combinar diversos materiales, aunque se recomienda realizar un tratamiento del agua mediante inhibidores adecuados. Un caso clásico es el de los circuitos cerrados de refrigeración con los tubos de acero negro y los serpentines de los fan coils o climatizadores de cobre, donde no se presentan problemas de corrosión interior si se toman las precauciones adecuadas.

En el primario (circuito cerrado), de algunos sistemas de energía solar térmica, es frecuente instalar depósitos acumuladores que suelen denominarse depósitos de inercia. Estos depósitos son normalmente de acero y en muchos casos, tanto las tuberías del circuito cerrado, como los serpentines de las placas solares son de cobre (El CTE sólo admite tuberías de cobre o de acero inoxidable en los nuevos circuitos cerrados de energía solar térmica). Si se limita el agua de aportación y se realiza un tratamiento químico adecuado en el agua del circuito cerrado, no debe producirse corrosión.



Fig.17 Corrosión de un tubo de acero negro

#### 4.3.3. Limitación del agua de aportación

Un circuito cerrado de calefacción debe ser lo más hermético posible para evitar que existan aportes significativos de agua; además en ningún caso pueden existir zonas abiertas por donde pueda entrar constantemente el oxígeno del aire.

La entrada de agua de aportación incorporaría oxígeno que podría generar áreas con diferente oxidación superficial y dar lugar a procesos de corrosión, así como sales cálcicas y magnésicas que favorecerían la acumulación de incrustaciones calcáreas.

En un circuito cerrado es muy importante comprobar que no existan aportes significativos de agua y en caso contrario verificar el motivo y corregirlo.

El mejor modo de controlar el agua de aportación es la instalación de contadores de agua en los puntos de llenado del circuito cerrado

En general no son aconsejables los sistemas de llenado automático de los circuitos cerrados, pues ante cualquier fuga se incrementa el agua de aportación y ello es difícil de detectar. Deberían instalarse presostatos que den señal de alarma en caso de pérdidas.

#### 4.3.4. Tratamientos aplicables

Los principales tratamientos a aplicar son los siguientes:

- En aguas con dureza superior a 25 °f, un tratamiento del agua de aporte para evitar la formación de incrustaciones calcáreas.

Al tratarse de un circuito cerrado, el tratamiento habitual que se emplea es la descalcificación del agua.

- Un tratamiento de limpieza del circuito, especialmente en instalaciones ya en uso

En instalaciones que ya están en funcionamiento es muy necesario realizar una limpieza del circuito para eliminar los óxidos y subproductos de corrosión que actúan como aislantes, obstruyen el circuito y generan un gasto adicional de energía.

Para la limpieza se utilizan normalmente productos desincrustantes, complejantes y/o dispersantes. Es importante evitar la utilización de ácidos fuertes ya que pueden provocar graves procesos de corrosión.

- Un tratamiento de filtración de partículas y restos de óxidos

Es aconsejable la colocación de filtros multiestrato en las zonas bajas de la instalación para eliminar progresivamente las partículas sólidas que puedan circular en el interior del circuito cerrado.

En circuitos de pequeño tamaño pueden usarse equipos de separación de partículas por decantación.

- Un tratamiento para evitar la congelación del circuito (en aquellas instalaciones donde exista riesgo de congelación)

En casos en los cuales el circuito debe soportar bajas temperaturas, con riesgo de congelación (por ejemplo, en paneles solares o en zonas muy frías) es necesaria la utilización de aditivos anticongelantes, generalmente basados en glicoles.

Los más empleados son el etilenglicol y el monopropilenglicol

El etilenglicol es un producto bastante económico pero presenta, como inconveniente, una importante toxicidad; el monopropilenglicol es uno de los productos más utilizados en la actualidad ya que si bien es menos económico que el etilenglicol, como ventaja no es una sustancia peligrosa.

- Un tratamiento para evitar los procesos de corrosión.

Una vez realizada la operación de limpieza, o bien en caso de circuitos nuevos donde no es preciso efectuarla, se adicionan al circuito inhibidores de corrosión aniónicos, catiónicos, mezcla de ambos así como productos filmantes, los cuales forman una capa protectora que bloquea el proceso de corrosión y evita, consecuentemente, la formación de óxidos y el desprendimiento de hidrógeno.



Habitualmente, al tratarse de circuitos cerrados sin renovación del agua, los productos se incorporan en forma manual en el circuito.

Para circuitos específicos debe considerarse que:

- En circuitos que trabajen a baja temperatura (por ejemplo, en suelos radiantes) es aconsejable utilizar inhibidores que incorporen un biocida para evitar el desarrollo de microorganismos.
- En determinados tipos de circuitos con paneles solares en los cuales se puedan alcanzar elevadas temperaturas, el fluido y el inhibidor de corrosión deben estar específicamente diseñados para estas condiciones de trabajo.

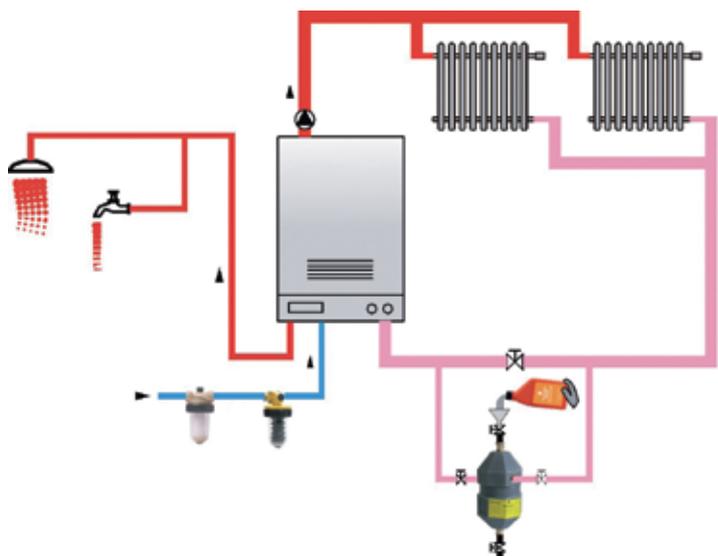


Fig.18 Circuito cerrado

### Sistemas de control

Como en los otros tipos de circuitos descritos, es imprescindible disponer de adecuados sistemas de control para cada equipo de tratamiento del agua.

- Verificación visual del estado del agua del circuito

La presencia de óxidos como consecuencia de un proceso de corrosión es fácilmente detectable ya que enturbian el agua del circuito.

La simple observación periódica del aspecto visual del agua del circuito, permite detectar posibles problemas de corrosión. En caso de que se desee cuantificar el resultado puede realizarse un análisis de la concentración de hierro en el agua.

- Presión del agua en el circuito

La presencia de hidrógeno procedente de un proceso de corrosión puede ser fácilmente detectable ya que origina un aumento de la presión del agua del circuito.

- Sistemas de control en los equipos de descalcificación

Son los descritos en el apartado correspondiente al agua fría de consumo humano. Ver 4.1.4

- Sistemas de control en los equipos de filtración multiestrato.

Son los descritos en el apartado correspondiente al agua fría de consumo humano. Ver 4.1.4

En este caso, cuando se alcanza el valor límite pre-determinado el filtro simplemente se lava a contracorriente para recuperar su capacidad de filtración original.

- Sistemas de control de la presencia de inhibidores de corrosión

Habitualmente los fabricantes de inhibidores de corrosión, disponen de diversos kits analíticos para determinar su concentración en el agua tratada.

En todos los casos si la dosis no es la deseada es preciso adicionar la cantidad adecuada para poder garantizar una óptima protección.

- Sistemas de control en circuitos con riesgo de congelación

En estos circuitos es posible determinar la concentración de anti-congelante a partir de la densidad del agua o de su índice de refracción.

Asimismo es muy importante mantener un control del valor del pH del agua del circuito y proceder a su renovación en caso de que el pH del agua evolucione progresivamente hacia valores ácidos (inferiores a 7,0) ya que esto indica la degradación del glicol y su necesaria sustitución.

#### 4.3.5. Mantenimiento de las instalaciones

El mantenimiento que el usuario u operador debe realizar contemplará al menos los siguientes conceptos:

- Circuito de climatización

Verificación periódica del correcto estado del circuito y de la ausencia de procesos visibles de incrustaciones calcáreas o de corrosión

- Equipos de filtración multiestrato

Verificación periódica del correcto funcionamiento del equipo y de la ausencia de fugas.

Realización de lavados a contracorriente como mínimo con la periodicidad especificada por el fabricante

- Equipos de descalcificación

Las operaciones de mantenimiento serán las mismas que las descritas para el agua fría de consumo humano. Ver 4.1.5

Asimismo es muy conveniente que el Servicio de Asistencia Técnica de los equipos instalados, realice un control de su estado de funcionamiento en forma anual o con la frecuencia indicada por el fabricante. Ver 4.1.5



## 4.4. Circuitos con torres de refrigeración

Las torres de refrigeración son sistemas destinados a enfriar masas de agua en procesos que requieren disipación de calor.

Su principio de funcionamiento se basa en la evaporación del agua, para lo cual ésta se pulveriza y se pone en contacto con una corriente de aire. En este contacto, una pequeña parte del agua se evapora. Para evaporarse el agua toma una parte de su propio calor interno, lo cual da lugar al enfriamiento del resto del agua que cae en la balsa de acumulación a una temperatura inferior a la de pulverización.

Este tipo de circuitos son muy importantes para la eficiencia energética de un edificio y por consiguiente deben disponer de un adecuado tratamiento del agua que asegure su correcto funcionamiento.

### NOTA:

Los sistemas de enfriamiento aire/aire (sin evaporación) no afectan a las características del agua y por consiguiente se entienden incluidos en el apartado 4.3.- Circuitos cerrados de climatización.

### 4.4.1. Problemática específica y efectos sobre la eficiencia energética

En estos circuitos el agua de refrigeración recircula constantemente a través de una torre en la cual se encuentra con una corriente de aire ascendente que produce una evaporación de agua y, como consecuencia, su enfriamiento.

Al existir una serie de pérdidas en el circuito debido a la evaporación continua del agua, es imprescindible el aporte de un cierto caudal de reintegro exterior para mantener constante el volumen de líquido dentro del circuito.

En la torre de refrigeración se produce una evaporación constante del agua, pero no de las sales que ella contiene como, por ejemplo, cloruros, sulfatos, calcio, sodio...etc. las cuales quedan en el agua que recircula por el circuito.

Este hecho y el aporte constante de un caudal de reintegro (con sus correspondientes sales) dan como consecuencia un aumento continuado de la salinidad que es preciso compensar mediante un correcto régimen de purgas, ya que en caso contrario el contenido en sales aumentaría hasta provocar la obstrucción total del circuito y/o su rápida corrosión.

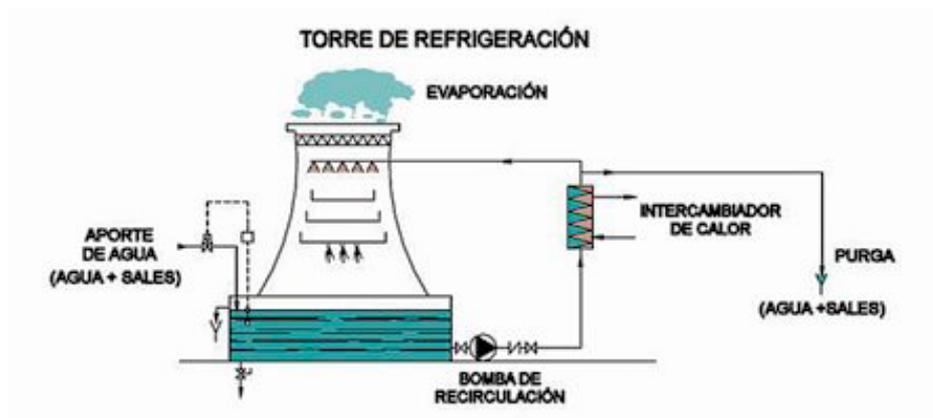


Fig.19 Torre de refrigeración

El aumento de la salinidad en el interior del circuito es uno de los principales conceptos que se deben considerar en una torre de refrigeración, ya que generalmente puede ocasionar importantes problemas por:

- Incrustaciones calcáreas
- Corrosión de las partes metálicas

Asimismo debe considerarse que el contacto permanente entre la torre de evaporación con el ambiente exterior puede producir la presencia de una contaminación que principalmente se manifiesta en:

- Polvo e impurezas
- Presencia de esporas y algas.
- Contaminación microbiológica en general

Por último debe tenerse presente que los circuitos con torres de refrigeración están contemplados en el Real Decreto 865/2003 como una instalación de elevada probabilidad de proliferación y dispersión de *Legionella*, y por ello se deberán tener en consideración el control de los parámetros especificados y las exigencias del mencionado Real Decreto.

#### 4.4.2. Selección de materiales

Al tratarse de un circuito abierto, con renovación constante del agua, no deben, bajo ningún concepto, utilizarse tubos de acero negro. Desgraciadamente existen muchas instalaciones en las que las tuberías que unen el condensador con la torre de refrigeración son de acero negro, sobre todo grandes instalaciones que han requerido diámetros de tubería no compatibles con tuberías galvanizadas con uniones roscadas y en las que las limitaciones presupuestarias no han permitido un postgalvanizado y uniones embreadas.

Entendemos que estas tuberías deberían ser de materiales plásticos o de acero galvanizado pero nunca de acero negro. Una solución satisfactoria, como se ha dicho, es un montaje en acero negro de buena calidad galvanizado con uniones embreadas.

#### 4.3 Purgas de desconcentración

La evaporación continua del agua unida al aporte constante de sales minerales, hacen imprescindible que la torre disponga de un sistema de purga para ajustar la salinidad total del agua recirculante.

El caudal de purga es inversamente proporcional al aumento de la salinidad en el circuito.

Para aguas con elevadas durezas o importantes contenidos en sales el caudal de purga deberá ser muy importante para evitar un incremento excesivo de la salinidad. En forma inversa podemos deducir también que si el caudal de purga es pequeño el aumento de la concentración de las sales presentes será muy elevado, lo cual en aguas incluso con pocas sales puede dar lugar a importantes concentraciones en el interior del circuito.

La purga de desconcentración se realiza habitualmente en forma automática en función de la conductividad del agua del circuito de tal forma que, considerando la composición química del agua y la concentración de sales prevista, no se produzcan fenómenos de incrustaciones ni de corrosión.

En toda torre de refrigeración es imprescindible controlar el caudal de purga. En caso contrario se producirán gravísimos problemas de incrustaciones o de corrosión que pueden conducir incluso hasta la destrucción de la torre.



Fig. 20 Incrustación calcárea en tubería de torre de refrigeración

**NOTA:**

Para una información más completa sobre el cálculo del caudal de purga y los límites aconsejados en la concentración de diversas sustancias, puede consultarse la Norma UNE 112076.

#### 4.4.3. Tratamientos aplicables

Los principales tratamientos a aplicar son los siguientes:

- Un tratamiento de filtración del agua de aporte.

Se utiliza habitualmente un filtro clarificador de malla o preferentemente un filtro auto-limpiante.

En muchos casos no es precisa su utilización puesto que ya está instalado un filtro de protección en la entrada general del agua.



- Un tratamiento para evitar la formación de incrustaciones calcáreas.

La concentración de sales origina un aumento de la dureza del agua y un importante riesgo de que se produzcan incrustaciones calcáreas en la instalación. Para evitarlo normalmente se aplican los siguientes tratamientos:

- **Descalcificación**

Es el tratamiento más extendido ya que incluso en aguas relativamente blandas la concentración de sales provoca graves incrustaciones que disminuyen la capacidad de intercambio de calor de la torre.

- **Dosificación de inhibidores de la incrustación**

Es un tratamiento que habitualmente se emplea en caso de aguas blandas o bien para grandes caudales.

En muchas ocasiones se combina la dosificación de inhibidores de incrustaciones con una regulación del valor del pH.

- **Desalinización mediante ósmosis inversa**

En aguas con un importante contenido en sales, el elevado régimen de purgas que se precisa obliga a un consumo continuo de grandes cantidades de agua.

En estos casos la utilización de equipos para desalinizar el agua como son los equipos de ósmosis inversa, permite una muy importante reducción del caudal de purga con lo cual su amortización es bastante rápida.

- Un tratamiento para la prevención de los procesos de corrosión.

Normalmente se dosifica un inhibidor de corrosión con efecto filmógeno que forman una capa protectora sobre el metal.

- Un tratamiento para la separación de partículas de polvo.

Las partículas de polvo procedentes del aire que entra en la torre provocan la formación de lodos y fangos en el circuito.

Para la eliminación de estas partículas el agua del circuito se filtra a través de un filtro multiestrato adecuado para la retención de partículas finas.

Esta filtración puede ser de toda el agua de recirculación o, lo que es más frecuente, una filtración parcial mediante by-pass del 5 al 20 % del caudal recirculante o bien en un circuito independiente.

- Un tratamiento para evitar la contaminación por esporas y algas.

Para prevenir la formación de algas se utilizan productos alguicidas (Biocidas TP2).

La dosificación de alguicida generalmente se realiza temporizada con dosis de choque y, en cualquier caso, es conveniente un tratamiento periódico de choque con un biocida para el tratamiento de *Legionella* para evitar que se creen microorganismos resistentes al alguicida.

- Una dosificación de biocida para el tratamiento de *Legionella*

De acuerdo con la legislación vigente las torres de refrigeración deben disponer de sistemas de dosificación automática del biocida.

#### 4.4.4. Sistemas de control

Como en todos los circuitos descritos, es imprescindible disponer de adecuados sistemas de control del circuito y de cada equipo de tratamiento del agua.

- Verificación del estado del agua del circuito  
Se debe revisar periódicamente el estado del agua del circuito analizando los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de acuerdo con la legislación aplicable.
- Sistemas de control en los equipos de filtración.  
Para los filtros del agua de aporte son los descritos en el apartado correspondiente al agua fría de consumo humano. Ver 4.1.4  
  
Para los filtros multiestrato son los descritos en el apartado correspondiente a los circuitos cerrados de climatización. Ver 4.3.5
- Sistemas de control en los equipos de descalcificación  
Son los descritos en el apartado correspondiente al agua fría de consumo humano. Ver 4.1.4
- Sistemas de control en los equipos de dosificación.  
Son los descritos en el apartado correspondiente al agua fría de consumo humano. Ver 4.1.4
- Sistemas de control de la presencia de biocida en el circuito  
Habitualmente los fabricantes de biocidas disponen de diversos kits analíticos para determinar su concentración en el agua tratada con la periodicidad establecida por la legislación vigente.
- Sistemas de control en otros tipos de equipos  
Para el control de la eficacia y del funcionamiento de otros tipos de equipos (por ejemplo, equipos de ósmosis inversa) deberán seguirse siempre las instrucciones facilitadas por el fabricante.

#### 4.4.5. Mantenimiento de las instalaciones

El mantenimiento que el usuario, operador o empresa externa debe realizar contemplará al menos los siguientes conceptos:

- Torre de refrigeración  
Mantenimiento de acuerdo con la legislación aplicable
- Equipos de filtración del agua de aporte
- Equipos de descalcificación
- Equipos de dosificación  
Las operaciones de mantenimiento serán las mismas que las descritas para el agua fría de consumo humano. Ver 4.1.5
- Equipos de filtración multiestrato

Las operaciones de mantenimiento serán las mismas que las descritas para los circuitos cerrados de climatización. Ver 4.3.6

- Otros tipos de equipos

Verificación periódica del correcto funcionamiento del equipo y de la ausencia de fugas.

Sustitución de elementos consumibles de acuerdo con la frecuencia indicada en las instrucciones del fabricante.

Asimismo es muy conveniente que el Servicio de Asistencia Técnica de los equipos instalados, realice un control de su estado de funcionamiento en forma anual o con la frecuencia indicada por el fabricante. Ver 4.1.5



# Anexo 1

## Bibliografía

### Legislación eficiencia energética

Procedimiento de certificación de la conformidad de Productos de la Construcción en contacto con el agua destinada a consumo humano, de conformidad con el apartado del artículo 20 de la Directiva 89/106 CEE.

Decisión de la Comisión de 13 de mayo de 2002.

DOCE de 14 de mayo de 2002.

Directiva Europea 2010/31/UE del Parlamento europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios

Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios

Rite. Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Código Técnico de la Edificación. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

### Legislación calidad del agua

Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

Orden SSI/304/2013, de 19 de febrero, sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada a la producción de agua de consumo humano.

### Normas europeas

UNE-EN 12499:2003/AC:2006 - Protección catódica interna de estructuras metálicas.

UNE-EN 12502-1 - Protección de materiales metálicos contra la corrosión. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacenamiento de agua. Parte 1: Generalidades.

UNE-EN 12502-2 - Protección de materiales metálicos contra la corrosión. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacenamiento de agua. Parte 2: Factores que influyen para el cobre y aleaciones de cobre.

UNE-EN 12502-3 - Protección de materiales metálicos contra la corrosión. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacena-

miento de agua. Parte 3: Factores que influyen para materiales féreos galvanizados en caliente.

UNE-EN 12502-4 - Protección de materiales metálicos contra la corrosión. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacenamiento de agua. Parte 4: Factores que influyen para el acero inoxidable.

UNE-EN 12502-5 - Protección de materiales metálicos contra la corrosión. Recomendaciones para la evaluación del riesgo de corrosión en sistemas de distribución y almacenamiento de agua. Parte 5: Factores que influyen para fundición de hierro, acero no aleado y de baja aleación.

UNE-EN 13443-1:2003+A1:2009 - Equipo de acondicionamiento del agua en el interior de los edificios. Filtros mecánicos. Parte 1: Partículas de dimensiones comprendidas entre 80  $\mu\text{m}$  y 150  $\mu\text{m}$ . Requisitos de funcionamiento, seguridad y ensayo.

UNE-EN 13443-2:2005+A1:2008 - Equipo de acondicionamiento del agua en el interior de los edificios. Filtros mecánicos. Parte 2: Partículas de dimensiones comprendidas entre 1  $\mu\text{m}$  y 80  $\mu\text{m}$ . Requisitos de funcionamiento, seguridad y ensayo.

UNE-EN 14095:2004 - Equipos de acondicionamiento de agua en el interior de edificios. Sistemas de tratamiento electrolítico con ánodos de aluminio. Requisitos de funcionamiento, seguridad y ensayos.

UNE-EN 14652:2006+A1:2009 - Equipos para el tratamiento de agua en el interior de edificios. Dispositivos de separación de membrana. Requisitos de funcionamiento, seguridad y ensayo.

UNE-EN 14743:2006+A1:2009 - Equipos para el tratamiento de agua en el interior de edificios. Descalcificadores. Requisitos de comportamiento, seguridad y ensayo.

UNE-EN 14812:2006+A1:2009 - Equipo de acondicionamiento de agua en el interior de los edificios. Sistemas de dosificación de productos químicos. Sistemas de dosificación pre-ajustados. Requisitos de funcionamiento, seguridad y ensayos.

UNE-EN 14897:2007+A1:2009 - Equipos para el tratamiento de agua en el interior de edificios. Dispositivos que utilizan radiadores ultravioletas de mercurio de baja presión. Requisitos de funcionamiento, seguridad y ensayo.

UNE-EN 14898:2007+A1:2009 - Equipos para el tratamiento de agua en el interior de edificios. Filtros de medio activo. Requisitos de funcionamiento, seguridad y ensayo.

UNE-EN 15161:2008 - Equipo de acondicionamiento del agua en el interior de los edificios. Instalación, funcionamiento, mantenimiento y reparación.

UNE-EN 15219+A1:2009 - Equipo de acondicionamiento del agua en el interior de los edificios. Dispositivos para eliminar nitratos. Requisitos de prestaciones, seguridad y ensayo.

UNE-EN 15848:2010 - Equipo de acondicionamiento del agua en el interior de los edificios. Sistemas de dosificación química ajustables. Requisitos de funcionamiento, seguridad y ensayos.

### **Normas nacionales**

UNE 112076:2004 IN - Prevención de la corrosión en circuitos de agua (incluida en la publicación CTE / Código técnico de la edificación. Normas UNE y legislación apli-

cables. 4ª edición, así como en DVD Normas UNE del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). CD-ROM. 2ª edición)

## **Guías**

Guías Técnicas de Ahorro y Eficiencia Energética en Climatización - IDAE

Guía de diseño integral de viviendas energéticamente eficientes en Andalucía - Agencia Andaluza de la Energía - Consejería de Economía, Innovación y Ciencia

Guía integral de desarrollo de proyectos de redes de distrito de calor y frío - Cofely - Institut Català d'Energia - Generalitat de Catalunya.

Guía para la eficiencia energética de los edificios residenciales - Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de Cantabria - Gobierno de Cantabria

Guía de la edificación sostenible para la vivienda en la Comunidad Autónoma del País Vasco - Ente vasco de la energía

Guía de la Eficiencia Energética en Instalaciones Deportivas - Consejería de Economía e Innovación Tecnológica - Comunidad de Madrid

Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Establecimientos Hoteleros de la Comunidad Valenciana - Agencia Valenciana de la Energía

## **Literatura**

Corrosión y control de corrosión - Ed. Urno - H.H. Uhlig

Eficiencia energética en los edificios - José María Fernández Salgado - AMV Ediciones

El libro del agua - Mopu

Gestión de la eficiencia energética: cálculo del consumo, indicadores y mejora - Antonio Carretero Peña y Juan Manuel García Sánchez. - AENOR.

Ingeniería sanitaria - Ed. Labor - Metcalf – Eddy - 1994

La pratique de l'eau - Moniteur Editions

Manual técnico del agua - Degremont

Tratamientos de aguas - Stenco - 4ª Edición - Julio 2007

DTIE 1.05 "Prevención de la corrosión interior de las instalaciones de agua" ATECYR

### **Accesos web**

Aqua España: [www.aquaespana.org](http://www.aquaespana.org)

Ministerio de Industria, Energía y Turismo: [www.minetur.gob.es](http://www.minetur.gob.es)

Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad: [www.msssi.es](http://www.msssi.es)

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE: [www.idae.es](http://www.idae.es)

Legislación europea: <http://eur-lex.europa.eu/es/index.htm>



## Anexo 2

### Otros títulos publicados por Aqua España

- Guía técnica de aprovechamiento de aguas pluviales en edificios
- Guía técnica española de reciclaje de aguas grises en la edificación





Empresas participantes en la elaboración de esta Guía:



Asociación Española  
de Empresas de Tratamiento  
y Control de Aguas

Av. Corts Catalanes 5, 1ª planta. 08173 Sant Cugat del Vallés - Barcelona  
C/ Diego de León 47. 28006 Madrid.  
Tel. +34 935 041 094 e-mail: [asociacion@aquaespana.org](mailto:asociacion@aquaespana.org)

Miembro de:



AUSTRIAN WATER ASSOCIATION · AQUA ESPAÑA · AQUA SUISSE ·  
AQUA NEDERLAND · AQUA ITALIA · BDZ · BSW · BEAMA · BRITISH WATER ·  
FIGAWA · SYPRODEAU · WQA



European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung

**AENOR**

Comité Técnico de Normalización.  
Ingeniería de aguas