

# CAPÍTULO 7

## EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO

### 1. INTRODUCCIÓN

Los equipos de enfriamiento evaporativo son instalaciones que ponen en contacto una corriente de aire con otra de agua para disminuir la temperatura del aire aprovechando la energía absorbida por el agua en su proceso de evaporación. Es un proceso que ocurre en la naturaleza en las áreas con abundante vegetación, el agua filtrada desde las raíces se evapora en las hojas y da una sensación de frescor. El sistema natural de refrigeración corporal, también está basado en este principio, la evaporación del agua del sudor provoca una disminución de la temperatura del cuerpo.

En el 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 este tipo de equipos se incluyen como “instalaciones de menor probabilidad de proliferación y dispersión de *Legionella*” con el siguiente texto: artículo 2, apartado 2.b) Equipos de enfriamiento evaporativo que pulvericen agua, no incluidos en el apartado 2.1. Sin embargo, los criterios de actuación no se desarrollan en ningún artículo ni anexo del mismo.

En el presente capítulo se describirán los diferentes tipos de instalaciones que usan el calor latente de vaporización del agua como medio de refrigeración con el fin de identificar cuales pulverizan agua efectivamente y por tanto pueden suponer un riesgo de transmisión de *Legionella*.

### 2. EVOLUCIÓN TÉCNICA

El acondicionamiento evaporativo ha sido la primera forma de climatización usada por los seres humanos, se tiene noticia de que en las antiguas civilizaciones griegas y romanas se usaban fardos de paja humedecida colocados en las ventanas para disminuir la temperatura de las salas. Los árabes aprendieron de los persas el manejo de las fuentes para disminuir la temperatura de los patios sombreados que a su vez forman parte de la arquitectura clásica del sur de España. A partir de 1920, con el inicio del empleo de la energía eléctrica se usaban ventiladores y sábanas empapadas para disminuir la temperatura del aire de las habitaciones, en zonas desérticas de Arizona (EEUU).

Estos conceptos se han refinado actualmente dando lugar a los equipos evaporativos de acondicionamiento de aire. En España, estos sistemas se usan sobre todo en la industria, cuando se necesita una refrigeración a coste reducido, por ejemplo, se usa mucho en granjas avícolas o porcinas, donde ayuda a disminuir la mortandad de los animales por estrés térmico, o en industrias donde además de refrigeración un ligero incremento de la humedad puede resultar beneficioso, como la industria textil o del papel y cartón. Estos equipos tienen un uso muy extendido en el mercado doméstico en países como Australia o Estados Unidos, donde hay grandes extensiones con veranos calurosos y secos. En esos ambientes es donde se puede obtener un mejor rendimiento de este tipo de instalaciones. Las condiciones climáticas de muchas zonas de España también encajan dentro de esa descripción. No obstante, estas instalaciones no han alcanzado demasiado el mercado doméstico.

### 3. DESCRIPCIÓN

El funcionamiento de estas instalaciones está basado en la evaporación parcial del agua en contacto directo con la corriente de aire. Con este fenómeno se consiguen dos efectos, refrigerar el aire y humidificarlo. El principal

objetivo en estos equipos es, normalmente, la refrigeración. Otros equipos que pulverizan agua sobre una corriente de aire con el objeto de humidificarlo, se emplean habitualmente en diversos usos de ventilación y climatización, pero estos humidificadores o humectadores, no son equipos de enfriamiento evaporativo. Se puede encontrar información al respecto en los capítulos 5 y 8 sobre Centrales Humidificadoras Industriales y Humectadores respectivamente.

Hay varios tipos de instalaciones de enfriamiento evaporativo. Desde el punto de vista del uso del agua podemos considerar una primera clasificación:

3.1 Equipos sin recirculación de agua (de agua perdida)

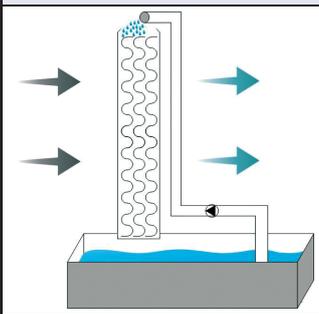
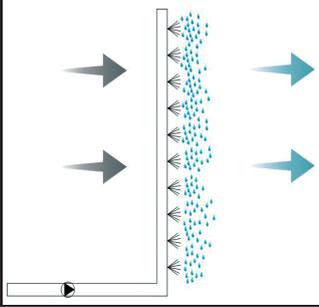
3.2 Equipos con recirculación de agua

Considerando la forma en la que el sistema pone en contacto el agua con el aire deberíamos considerar dos tipos de sistemas:

- Contacto con superficie húmeda por agua vertida
- Agua pulverizada mediante boquillas

Dado que la refrigeración o humidificación del aire por medio del agua se usa en multitud de formas y configuraciones es preciso matizar claramente que tipo de instalaciones pueden denominarse Equipos de Enfriamiento Evaporativo, en la práctica en España se usan dos tipos de equipos principalmente (tabla 1).

Tabla 1. Tipos de equipos más frecuentes

DESCRIPCION	ESQUEMA	FOTOGRAFIA
Equipos con recirculación de agua y contacto con superficie húmeda por agua vertida. Se usan sobre todo para conseguir una refrigeración ligera en industrias.		
Equipos de agua perdida pulverizada mediante boquillas. Se emplean sobre todo para disminución de temperatura en espacios públicos abiertos.		

### 3.1. Equipos con recirculación de agua y contacto con superficie húmeda

Estos equipos están constituidos (figura 1) por una carcasa en cuyas paredes se disponen unos paneles de material poroso (relleno), habitualmente virutas de madera tratada, celulosa o en los equipos mas sofisticados, paneles de fibra de vidrio. La base del equipo actúa a modo de balsa de almacenamiento de una pequeña cantidad de agua que recircula constantemente mediante una bomba que vierte el agua sobre el material poroso de las paredes y lo recoge de nuevo de la balsa.

En el interior de la carcasa se dispone un ventilador cuyo efecto de succión impulsa el aire exterior cálido a través de los paneles porosos empapados, evaporando una cierta cantidad de agua y consiguiendo una ligera refrigeración del aire que finalmente se introduce en el área a climatizar.

El agua evaporada reduce la cantidad de agua circulante en el equipo y ésta se repone mediante un sistema de boya y grifo de agua de renovación.

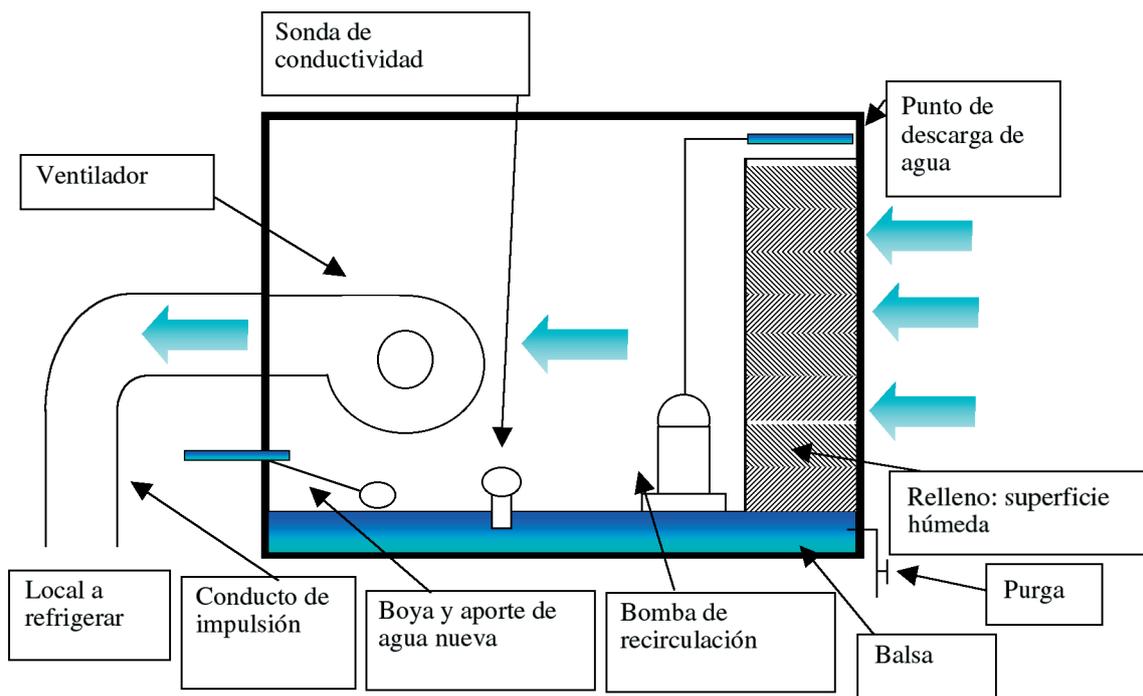


Figura 1. Esquema de enfriador evaporativo

Es muy importante clarificar en este apartado que estos equipos no están diseñados para producir pulverización de agua en ningún punto del sistema, y por tanto el riesgo de transmisión de *Legionella* es prácticamente nulo. Existe una remota posibilidad de arrastre de gotas en caso de que las superficies de relleno se encuentren deterioradas o en el caso de que los ventiladores introduzcan un flujo de aire excesivo y por tanto la velocidad del aire pueda transportar las gotas.

Por otra parte, las temperaturas que suele alcanzar el agua son normalmente bajas, las propias del agua de red. No se suele producir un calentamiento del agua excesivo, ya que la renovación de la balsa suele ser elevada, excepto en casos en los que el equipo haya estado parado durante un periodo de tiempo elevado y especialmente si se encuentra directamente expuesto al sol. Es innegable por otra parte, que estos equipos ponen en contacto una superficie húmeda con la corriente de aire introducida directamente en los espacios interiores, y por tanto, deben ser equipos sometidos a un mantenimiento muy estricto por la posible proliferación de hongos o bacterias, pero es muy improbable que se conviertan en foco de transmisión de *Legionella*.

Países como Australia o EEUU tienen gran tradición en el uso de estos equipos y también en el control de Legionelosis y nunca los han considerado instalaciones de riesgo.

### 3.2 Equipos de agua perdida pulverizada mediante boquillas

Se trata de sistemas de pulverización de agua dotados de bombas de media o alta presión y un sistema de tubos con boquillas que generan microgotas de hasta  $5\mu$ , directamente en las zonas en las que se desea conseguir el efecto de refrigeración o incluso a veces un efecto de tipo estético, o ambos simultáneamente.

Desde un punto de vista de transmisión de *Legionella*, estos equipos suponen un riesgo importante, ya que la distancia entre las personas y el punto de pulverización es muy escasa y el tamaño de las gotas es muy pequeño.

A su favor tienen el hecho de que las temperaturas de trabajo son las normales de la red de aporte, y por tanto en principio no suelen ser muy elevadas, no existiendo además recirculación del agua.

### 3.3 Terminología

#### • Bombas de pulverización:

Elemento cuya función es impulsar el agua a las boquillas pulverizadoras. Solo se usa en equipos de pulverizado en ambiente.

• **Ventiladores de impulsión de aire:**

Equipo destinado a distribuir el aire desde la central humidificadora hasta las áreas de trabajo. Pueden ser de tipo axial ó centrífugo.

• **Calor latente de vaporización:**

Energía absorbida en el proceso de cambio de estado de líquido a vapor.

## 4. CRITERIOS TÉCNICOS Y PROTOCOLOS DE ACTUACIÓN

En este apartado se incluyen descripciones de las características técnicas óptimas de una instalación, así como de los protocolos, condiciones de operación, etc., siguiendo las diferentes fases del ciclo de vida útil de la misma.

### 4.1 Fase de diseño

En general, el proceso de diseño de sistemas para refrigeración por efecto de la evaporación de agua es relativamente sencillo, en la práctica se limita a determinar la carga térmica a vencer y seleccionar las unidades necesarias de una marca determinada según catálogo, ya que estas instalaciones suelen ser configuraciones preestablecidas y raramente se hacen unidades a medida.

No obstante, el proceso, seguiría, como en cualquier otro tipo de instalación, las siguientes fases:

- Selección del equipo.
- Características técnicas.
  - Materiales.
  - Facilidad de desmontaje para la limpieza completa.
  - Facilidad de desaguado.
  - Conductos.
- Sistemas de desinfección y control de la calidad del agua.

#### 4.1.1 Selección del equipo

Para la selección de los equipos de enfriamiento evaporativo se deberán tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Cargas térmicas esperadas en los locales a climatizar.
- Condiciones climáticas externas, especialmente temperatura y humedad relativa.
- Características y dimensiones del área a climatizar.
- Posibilidades de ubicación de los equipos.
- Calidad del agua de aporte.

#### 4.1.2 Características técnicas

En el diseño o remodelación de sistemas se deben considerar los siguientes aspectos:

##### a) **Materiales**

Los materiales que formen los equipos no deberían facilitar el crecimiento microbiológico y se deberá evitar, en lo posible, el uso de partes metálicas susceptibles de corrosión.

Para el relleno, en principio, no es aconsejable el uso de madera o derivados celulósicos, por su facilidad para el desarrollo microbiano, excepto si están adecuadamente tratados y sometidos a un mantenimiento riguroso,

en todo caso, es preferible siempre que sea posible el empleo de relleno de fibra de vidrio. Existe un tipo especial de madera, las virutas de álamo, que por su resistencia al crecimiento fúngico, podrían ser utilizados, siempre que se sometan a un estricto control higiénico.

La principal ventaja de estos equipos es la economía, por tanto los materiales no deben sobrecargar excesivamente el coste de los equipos, siempre que el mantenimiento y el control aseguren su buen estado.

Se debería utilizar preferiblemente material plástico (Cloruro de Polivinilo (PVC), poliéster, polietileno, polipropileno, etc.) para conducciones, depósitos y boquillas pulverizadoras.

### **b) Facilidad de desmontaje para la limpieza completa**

Todos los elementos deben ser fácilmente accesibles o desmontables para realizar su revisión, mantenimiento, limpieza y desinfección. Especialmente los siguientes:

- Depósitos de agua.
- Boquillas pulverizadoras.
- Relleno.
- Conductos, difusores y rejillas.

### **c) Facilidad de desaguado**

La balsa de recirculación de agua, cuando exista, deberá tener un punto que asegure el vaciado rápido y total, dispondrá de una pendiente adecuada en el fondo (superior al 1%) y dirigida hacia el punto de vaciado con el fin de facilitar la retirada de los posibles residuos, sólidos y/o lodos acumulados. El diámetro del tubo de vaciado se dimensionará para permitir el paso de dichos residuos.

En unidades con recirculación es recomendable disponer un sistema de vaciado automático que asegure el desaguado de la balsa cuando el ventilador se mantenga en un periodo de inactividad superior a 24 horas, este sistema deberá tener también en consideración la conductividad del agua como se describe en el punto 4.1.3 “Control de sólidos disueltos”.

Las unidades de agua perdida deberán disponer de un grifo de desagüe en el punto mas bajo de la instalación, y se vaciarán siempre que se prevea que la instalación deba permanecer parada más de un mes, o antes de la puesta en marcha si hubiera estado parada durante el mismo periodo de tiempo.

### **d) Conductos**

En cuanto al diseño de conductos de aire se deben tener en cuenta las indicaciones de las Normas UNE 10030 y UNE-ENV 12097 ya que debe minimizarse el riesgo de condensaciones en el interior de éstos conductos, para lo que deberán disponer de registros y trampillas de acceso adecuadas.

## **4.1.3 Sistemas de desinfección y control de la calidad del agua**

Mediante la desinfección se consigue controlar el crecimiento microbiano dentro de niveles que no causen efectos adversos. Desde la fase de diseño del equipo de enfriamiento evaporativo se debe contemplar la necesidad de realizar desinfecciones, incluyendo todos los elementos que deben formar parte del equipamiento necesario para su realización.

Para el mantenimiento de la calidad fisico-química y microbiológica del agua en un equipo de enfriamiento evaporativo se deberán contemplar los siguientes aspectos:

- Control de incrustaciones.
- Control de crecimiento de microorganismos (hongos y bacterias en general y *Legionella*).
- Control de crecimiento de algas y biocapa.
- Control de la corrosión.
- Control de sólidos disueltos en el agua.
- Control de sólidos en suspensión.

Para cada uno de estos aspectos, se describe la naturaleza del problema, los efectos y modos de prevención.

### **a) Control de incrustaciones**

Los sistemas que recirculan agua favorecen la concentración de sales en la misma y por tanto la aparición de incrustaciones, especialmente en boquillas pulverizadoras.

Deberán adoptarse medidas para evitar la aparición de incrustaciones en las instalaciones, principalmente basadas en la descalcificación del agua de aporte ya que las medidas anti-incrustación por adición de productos químicos podrían estar limitadas por las características del sistema. El agua que se pulveriza en la corriente de aire podría transportar los productos químicos a la zona climatizada donde pueden ser inhalados por las personas expuestas.

Los productos químicos anti-incrustantes sólo podrán adicionarse de forma constante al agua circulante en equipos que no pulvericen al ambiente y si no generan ningún riesgo sanitario para el personal que se encuentra en el interior del recinto.

### **b) Control de crecimiento de microorganismos**

Tal como se explicó en el punto anterior el aire pasa directamente al ambiente, y por tanto en estas instalaciones, nunca deben utilizarse productos tóxicos por inhalación ni productos derivados del cloro, para evitar intoxicaciones de los usuarios.

En estas instalaciones sólo pueden utilizarse los biocidas autorizados por el Ministerio de Sanidad y Consumo para el tratamiento del agua frente a *Legionella* en los que figura este uso específico en la resolución de inscripción. Una de las sustancias biocidas que podrían utilizarse en este tipo de instalaciones por su capacidad desinfectante y su inocuidad al descomponerse en el aire, es el peróxido de hidrógeno catalizado.

Asimismo, se pueden utilizar métodos físicos o físico-químicos alternativos cómo la radiación ultravioleta o tratamientos equivalentes de probada eficacia frente a *Legionella*.

### **c) Control de crecimiento de algas y biocapa**

La biocapa esta formada principalmente por polisacáridos, y puede eliminarse mediante el uso de detergentes o biodispersantes, las algas son organismos vivos favorecidos por la radiación solar. Estos se eliminan normalmente durante el proceso de higienización periódica de los equipos. Por las características de la instalación el uso de aditivos químicos en continuo esta limitado a aquellos que no presenten efectos tóxicos por inhalación.

### **d) Control de la corrosión**

La corrosión consiste en el desgaste superficial de los metales ya sea por medios físicos, químicos o electroquímicos. Para evitar este fenómeno, dado que en este tipo de instalaciones no es recomendable dosificar productos químicos, es preferible utilizar materiales no corrosibles, tales como plásticos o similares. También es posible aplicar sistemas de protección de las superficies, tales como pinturas o revestimientos anticorrosión. En los equipos de recirculación también es recomendable controlar el contenido en sales, tal como se explica en el siguiente apartado.

### **e) Control de sólidos disueltos en el agua**

En las instalaciones con recirculación la evaporación de parte del agua en circulación aumenta la concentración de los iones presentes en la misma. Este fenómeno de concentración da lugar a un aumento de la salinidad que puede favorecer las incrustaciones y/o la corrosión. La presencia de iones disueltos incrementa el nivel de conductividad del agua, por tanto ésta es una medida indirecta de la calidad de la renovación del agua de la balsa de recirculación del equipo de enfriamiento evaporativo.

Para valorar el nivel de conductividad en la balsa del enfriador evaporativo es necesario referirlo a la conductividad del agua de aporte, ya que ésta es muy variable según la procedencia de la misma. La relación entre la conductividad del agua en la balsa y la del agua de aporte nos permitirá establecer los ciclos de concentración.

Habitualmente según estos factores se determina un nivel máximo admisible que nos servirá a efectos de valor de control para definir el nivel de purga adecuado.

El control de la purga del sistema deberá ser automático y en caso contrario se deberá vaciar el aparato y utilizar agua nueva cada día. La Norma UNE 100030 recomienda la renovación diaria del agua.

**f) Control de sólidos en suspensión**

En las unidades con recirculación, el contacto del agua con una corriente de aire exterior provoca el ensuciamiento de la misma con las partículas del ambiente. Estas partículas en suspensión se valoran mediante el grado de turbidez del agua. El control de este fenómeno, se hace de forma indirecta al diluir con agua nueva la balsa del equipo de enfriamiento, dado que el volumen de agua almacenado no es muy elevado raramente se usan sistemas de filtración del agua.

En sistemas sin recirculación, si la calidad del agua de aporte lo requiere, se podría instalar un filtro previo a la pulverización para protección de boquillas pulverizadoras. En algunos casos también se pueden instalar filtros absolutos de agua para evitar el paso de microorganismos.

**4.2 Fase de instalación y montaje**

Durante la fase de montaje se evitará la entrada de materiales extraños. En cualquier caso el circuito de agua deberá someterse a una limpieza y desinfección previa a su puesta en marcha.

Hay que prevenir la formación de zonas con estancamiento de agua que pueden favorecer el desarrollo de la bacteria.

**4.3 Fase de vida útil: Mantenimiento de la instalación**

**4.3.1 Criterios de funcionamiento**

La finalidad principal de estos equipos es disminuir la temperatura de un entorno, ya sea interior o exterior. Dado que el enfriamiento se debe a la evaporación del agua en el aire suministrado a los locales, el fenómeno depende básicamente de la temperatura y la humedad relativa del aire entrante.

A continuación, se presenta en la tabla 2 la lista de las temperaturas que se pueden alcanzar en el aire de suministro de los locales tratados, en función de la temperatura y la humedad relativa del aire exterior. Las celdas amarillas presentan los rangos de funcionamiento óptimo del sistema.

Tabla 2. Temperatura interior en función de la temperatura del aire de entrada y de la humedad

		Humedad relativa																
		2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
Temperatura del aire	24	12	13	14	14	15	16	17	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22
	27	14	14	16	17	17	18	19	19	20	21	22	22	23	23	24	24	25
	29	16	17	17	18	19	20	21	22	22	23	23	24	24	25	26	27	
	32	18	18	19	21	21	22	23	24	25	26	26	27	28	28	29	30	
	35	19	20	21	22	23	24	26	26	27	28	29	29	30				
	38	21	22	23	24	26	27	28	28	29	31	31						
	41	22	23	25	26	27	29	30	31	32								
	43	24	25	27	28	29	31	32	33									
	46	26	27	28	30	32	33	34										
	49	27	28	30	32	34	35											
	52	28	30	32	34	36												

Fuente: Arizona Almanac

En el funcionamiento del sistema de superficie húmeda, intervienen otros factores de diseño, como son la cantidad de agua aportada o la velocidad de paso del aire sobre el medio húmedo, que se ajustan para evitar

la posibilidad de arrastre de gotas de agua. El funcionamiento del sistema requiere que el agua se incorpore a la corriente de aire evaporada, por ello se usan velocidades de paso bajas (< 2 m/s).

No obstante, un inadecuado mantenimiento puede llevar a roturas en el relleno o disminuciones en la sección de paso del aire, que eventualmente pueden provocar el arrastre de gotas.

La temperatura del agua debería mantenerse lo más baja posible, inferior a 20 °C si las condiciones climatológicas lo permiten. De esa forma se minimiza el crecimiento de *Legionella* que depende en gran manera de la temperatura del agua.

#### 4.3.2 Revisión

En la revisión de una instalación se comprobará su correcto funcionamiento y su buen estado de conservación y limpieza.

La revisión de todas las partes de una instalación para comprobar su buen funcionamiento, se realizará con la periodicidad que se muestra en las tablas 3 y 4.

Tabla 3. Periodicidad de la revisión de equipos con recirculación de agua y contacto con superficie húmeda

Elemento de la instalación	Periodicidad
<b>Balsa:</b> Debe comprobarse que no presenta suciedad general, algas, lodos, corrosión, o incrustaciones. El agua debe estar clara y limpia.	MENSUAL
<b>Relleno:</b> Debe comprobarse mediante inspección visual exterior que no presenta suciedad general, o incrustaciones. El paso del aire no debe estar obstruido y no debe haber fibras sueltas en la parte interior.	MENSUAL
<b>Ventiladores, bombas de agua, superficies interiores de los equipos y conductos de aire:</b> Revisar que se encuentran en buenas condiciones higiénicas.	SEMESTRAL
<b>Equipos de tratamiento de agua:</b> Revisar que se encuentran en buenas condiciones de funcionamiento.	TRIMESTRAL

Se revisará el estado de conservación y limpieza general, con el fin de detectar la presencia de sedimentos, incrustaciones, productos de la corrosión, lodos, algas y cualquier otra circunstancia que altere o pueda alterar el buen funcionamiento de la instalación. Si se detecta algún componente deteriorado se procederá a su reparación o sustitución.

Tabla 4. Periodicidad de la revisión de equipos de agua perdida pulverizada mediante boquillas

Elemento de la instalación	Periodicidad
<b>Pulverizadores y bombas de agua:</b> Debe comprobarse que no presenta suciedad general, biocapa, corrosión, o incrustaciones. El agua debe salir uniforme sin obstrucciones.	MENSUAL
<b>Filtros y equipos de tratamiento de agua (si existen):</b> Revisar que se encuentran en buenas condiciones de funcionamiento.	TRIMESTRAL

Se revisará también la calidad físico-química y microbiológica del agua del sistema determinando los parámetros que muestra la tabla 5.

Tabla 5. Parámetros de control de la calidad del agua

Parámetro	Método de análisis	Periodicidad
<i>Equipos con recirculación de agua y contacto con superficie húmeda</i>		
<b>Temperatura</b>	Termómetro de inmersión de lectura directa.	<b>TRIMESTRAL</b>
<b>pH</b>	Medidor de pH de lectura directa o colorimétrico.	
<b>Conductividad</b>	Sonda electroquímica de lectura directa.	
<b>Turbidez</b>	Turbidímetro.	
<b>Hierro total *</b>	Espectrofotométrico o colorimétrico.	
<b>Índice de Ryznar</b>	Cálculo.	Se realizará un estudio previo y posteriormente siempre que se esperen cambios en la calidad del agua.
<b>Recuento total de aerobios en el agua de la balsa</b>	Según norma ISO 6222. Calidad del agua. Enumeración de microorganismos cultivables. Recuento de colonias por siembra en medio de cultivo de agar nutritivo.**	<b>MINIMO TRIMESTRAL</b> Siempre que la inspección visual mensual detecte condiciones higiénicas inadecuadas.
<b>Legionella sp.</b>	Según Norma ISO 11731 Parte 1. Calidad del agua. Detección y enumeración de <i>Legionella</i> .	<b>SEMESTRAL</b> Aproximadamente 15 días después de la realización de cualquier tipo de limpieza y desinfección.
<i>Equipos de agua perdida pulverizada mediante boquillas</i>		
<b>Recuento total de aerobios ***</b>	Según norma ISO 6222. Calidad del agua. Enumeración de microorganismos cultivables. Recuento de colonias por siembra en medio de cultivo de agar nutritivo**.	<b>MENSUAL</b>
<b>Legionella sp. ***</b>	Según Norma ISO 11731 Parte 1. Calidad del agua. Detección y enumeración de <i>Legionella</i> .	<b>TRIMESTRAL</b> Aproximadamente 15 días después de la realización de cualquier tipo de limpieza y desinfección.

\* Solo debe analizarse hierro si existen materiales férricos en el sistema en contacto con el agua.

\*\* La norma ISO 6222 especifica dos niveles de temperatura. A efectos de centrales humidificadoras será suficiente el análisis a 22 °C dado que es la temperatura más cercana al rango de trabajo de la instalación.

\*\*\* Se determinará en la balsa de acumulación del equipo, si existe, y en caso contrario en el agua de aporte.

La temperatura del agua debería mantenerse lo más baja posible, inferior a 20 °C si las condiciones climatológicas lo permiten. De esa forma se minimiza el crecimiento de *Legionella* que depende en gran manera de la temperatura del agua.

Se incluirán, si fueran necesarios, otros parámetros que se consideren útiles en la determinación de la calidad del agua o de la efectividad del programa de mantenimiento de tratamiento del agua.

#### 4.3.3 Protocolo de toma de muestras

El punto de toma de muestra en la instalación es un elemento clave para asegurar la representatividad de la muestra, en la tabla 6 se incluyen algunas pautas a tener en consideración para cada uno de los parámetros considerados.

Tabla 6. Toma de muestras

Parámetro	Protocolo de toma de muestras
<b>Nivel de biocida utilizado</b>	<p>La muestra debe ser representativa de la concentración de biocida en el sistema.</p> <p>Si el sistema dispone de balsa, la muestra se recogerá directamente de la misma en un punto alejado de la entrada de agua de aporte. Si ésta no existe, o el volumen de agua almacenado es demasiado escaso, el circuito debe disponer de, al menos, un punto de toma de muestra (pulverizadores, purga, etc.).</p> <p>Se deberá tener en cuenta el régimen de adición de los posibles desinfectantes utilizados apropiados para este tipo de instalaciones.</p> <p>Cuando por el tipo de biocida utilizado sea conveniente mantener una concentración residual mínima, la muestra se tomará, preferentemente, instantes antes de la adición.</p> <p>En el caso de adiciones de choque, en los que no es necesario mantener una concentración residual mínima, la toma de muestras se deberá realizar un tiempo significativo después de su adición en función del volumen del agua de la balsa y del caudal de recirculación de la instalación.</p>
<b>pH</b>	Se medirá en el mismo punto que el utilizado para el análisis de biocida.
<b>Temperatura</b>	Directamente de la balsa en un punto alejado de la entrada de agua de aporte.
<b>Hierro total</b>	Considerar el valor del parámetro más desfavorable para el algoritmo de determinación del riesgo.
<b>Conductividad</b>	
<b>Turbidez</b>	
<b>Recuento total de aerobios</b>	
<b>Legionella sp</b>	<p>Las muestras deberán recogerse en envases estériles, a los que se añadirá el neutralizante adecuado al posible biocida utilizado. Se tomará 1 litro de agua.</p> <p>Si el sistema dispone de balsa, la muestra se recogerá directamente de la misma en un punto alejado de la entrada de agua de aporte. Si ésta no existe o el volumen de agua almacenado es demasiado escaso, el circuito debe disponer de, al menos, un punto de toma de muestra (pulverizadores, purga, etc.).</p> <p>Recoger posibles restos de suciedad e incrustaciones de las paredes de la balsa mediante una torunda estéril que se añadirá al mismo envase de recogida. Medir temperatura del agua y cantidad de cloro libre o el biocida empleado y anotar en los datos de toma de muestra.</p>

	<p><b>Normas de transporte:</b></p> <p><b>Para las muestras ambientales (agua)</b>, tal y como especifica el punto 2.2.62.1.5 del Acuerdo Europeo de Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR), las materias que no es probable causen enfermedades en seres humanos o animales no están sujetas a estas disposiciones. Si bien es cierto que <i>Legionella pneumophila</i> puede causar patología en el ser humano por inhalación de aerosoles, es prácticamente imposible que estos se produzcan durante el transporte. No obstante, los recipientes serán los adecuados para evitar su rotura y serán estancos, deberán estar contenidos en un paquete externo que los proteja de agresiones externas.</p>
<p>Para todos los parámetros, las muestras deberán llegar al laboratorio lo antes posible, manteniéndose a temperatura ambiente y evitando temperaturas extremas. Se tendrá en cuenta la norma UNE-EN-ISO 5667-3 de octubre de 1996. “Guía para la conservación y la manipulación de muestras”.</p>	

Hay que tener en cuenta que estas recomendaciones son generales y que el punto de toma de muestras dependerá en muchos casos del diseño, de las características de la instalación y otros factores que se determinarán en función de la evaluación del riesgo, por lo que este aspecto deberá tenerse en cuenta a la hora de realizar dicha evaluación.

#### 4.3.4 Limpieza y desinfección

Durante la realización de los tratamientos de desinfección se han de extremar las precauciones para evitar que se produzcan situaciones de riesgo entre el personal que realice los tratamientos como todos aquellos ocupantes de las instalaciones a tratar.

En general para los trabajadores se cumplirán las disposiciones de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y su normativa de desarrollo. El personal deberá haber realizado los cursos autorizados para la realización de operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario para la prevención y control de la legionelosis, Orden SCO 317/2003 de 7 de febrero.

Se pueden distinguir tres tipos de actuaciones en la instalación:

- Limpieza y programa de mantenimiento
- Limpieza y desinfección de choque
- Limpieza y desinfección en caso de brote

##### 4.3.4.1. Limpieza y programa de mantenimiento

Se corresponderá con los programas de tratamiento especificados en el artículo 8.2 Real Decreto 865/2003 para las instalaciones de menor probabilidad de proliferación y dispersión de *Legionella*.

La desinfección continua del agua en estos equipos es recomendable, aunque no obligatoria, salvo en el caso de aprovechamiento de aguas de captación propia. En estos sistemas tal como se describe en el apartado 4.1.3.b “Control de crecimiento de microorganismos” hay restricciones importantes en el uso de biocidas.

##### 4.3.4.2. Limpieza y desinfección de choque

Los equipos de enfriamiento evaporativo de superficie húmeda, por su modo de funcionamiento no producen aerosoles, pero como se ha repetido en varios puntos anteriores, pueden producir accidentalmente arrastres de gotas si no se mantienen adecuadamente. Por tanto, la limpieza periódica de estos equipos es fundamental.

Estos equipos están calificados como de menor probabilidad de proliferación y dispersión de *Legionella* de acuerdo al artículo 2 del Real Decreto 865/2003, por tanto deben limpiarse y si procede desinfectarse. El criterio recomendado es realizar una limpieza de mantenimiento, según el protocolo descrito en este mismo apartado, con periodicidad mínima recomendada semestral. En el caso de equipos de funcionamiento estacional se

limpiaran una vez al año, siempre antes de la puesta en marcha de la temporada. Si los resultados analíticos de los ensayos de aerobios totales o *Legionella* detectan niveles por encima de la recomendación (ver apartado 4.3.5 Criterios de Valoración de Resultados), proceder a una limpieza y desinfección de choque según el protocolo que se detalla en el apartado siguiente.

**a) Protocolo de limpieza para equipos con recirculación:**

- Desmontar los paneles de relleno e impregnar las superficies con biodispersantes (detergentes) enjuagar con agua.
- Vaciar la bandeja, limpiar cualquier resto de incrustación o residuo sólido. Limpiar con detergentes y enjuagar.
- Limpiar las superficies de los equipos auxiliares, ventiladores, bombas, sondas de conductividad, etc. con detergentes y enjuagar posteriormente.
- Volver a montar el sistema y rellenar para condiciones de uso normales.

En caso de detectar contaminación microbiológica en el sistema, el protocolo de limpieza-desinfección descrito en el anexo 4.B del Real Decreto 865/2003 también puede ser válido para los equipos con recirculación de agua y contacto con superficie húmeda si se utiliza cloro como desinfectante. En este caso ha de tenerse en cuenta que la neutralización y el enjuague del equipo debe ser especialmente cuidadoso, para evitar introducir cloro en las áreas tratadas una vez el sistema se vuelva a poner en condiciones normales de uso.

En caso de utilizar un desinfectante diferente al cloro, se seguirá el procedimiento indicado por el fabricante. Se debe tener en cuenta que la limpieza de la instalación es necesaria independientemente del biocida empleado.

Es importante tener en cuenta que en este tipo de instalaciones la desinfección de choque exige siempre la parada de la instalación y que las limpiezas y desinfecciones no deben afectar a los trabajadores u ocupantes en general.

**b) Protocolo para los sistemas que no disponen de recirculación**

El tratamiento se realizará mediante la desinfección de cada una de las partes desmontables. Todas las partes desmontables de la instalación se sumergirán en una solución clorada u otro desinfectante autorizado, con 20 mg/l de cloro residual libre durante al menos 30 minutos. Los depósitos de agua existentes previos a la pulverización deberán ser vaciados, limpiados y desinfectados (mediante pulverización con solución clorada a concentración 20 mg/l) y posteriormente aclarados. Estas desinfecciones deben llevarse a cabo con una periodicidad mínima semestral.

**4.3.4.3. Limpieza y desinfección en caso de brote**

a) **En equipos con recirculación de agua y contacto con superficie húmeda** se podrá utilizar el protocolo descrito en el anexo 4 C del Real Decreto 865/2003 usando cloro como desinfectante.

b) **En equipos de agua perdida pulverizada mediante boquillas**, utilizando cloro como desinfectante, se procederá del siguiente modo:

• **Con depósito acumulador**

- Clorar el depósito de agua con 20 mg/l de cloro residual libre, manteniendo el pH entre 7 y 8 y la temperatura por debajo de 30 °C.
- Hacer llegar a los pulverizadores la solución desinfectante. Se minimizará la generación de aerosoles, desmontando boquillas o utilizando cualquier otro procedimiento adecuado.
- Mantener residuales de cloro como mínimo durante 3 horas verificando al menos 2 mg/l en los puntos finales de la red (pulverizadores).
- Neutralizar el cloro residual libre del depósito y vaciar.
- Limpiar a fondo las paredes del depósito eliminando lodos e incrustaciones.
- Aclarar con agua limpia y restablecer las condiciones habituales en el sistema.
- Todas las partes desmontables de la instalación se sumergirán en una solución clorada u otro desinfectante autorizado con 20 mg/l de cloro residual libre durante al menos 30 minutos.

• Sin depósito acumulador

- Dosificar 20 mg/l de cloro residual libre manteniendo el pH entre 7 y 8 y la temperatura por debajo de 30 °C en el agua de aporte mediante una bomba dosificadora.
- Hacer llegar a los pulverizadores la solución desinfectante. Se minimizará la generación de aerosoles, desmontando boquillas o utilizando cualquier otro procedimiento adecuado.
- Mantener residuales de cloro como mínimo durante 3 horas verificando al menos 2 mg/l en los puntos finales de la red (pulverizadores).
- Aclarar con agua limpia y restablecer las condiciones habituales en el sistema.
- Todas las partes desmontables de la instalación se sumergirán en una solución clorada u otro desinfectante autorizado con 20 mg/l de cloro residual libre durante al menos 30 minutos.

4.3.5. Criterios de valoración de resultados

En la tabla 7 se relacionan los distintos parámetros a medir con su valor de referencia y las actuaciones correctoras que pueden adoptarse en caso de desviación de los mismos

Tabla 7. Acciones correctoras en función del parámetro

Parámetro	Valor de referencia	Actuación correctora en caso de incumplimiento
Temperatura	Según condiciones de funcionamiento.	No aplicable.
pH	6,5 - 9,0	Se valorará este parámetro a fin de ajustar la dosis de cloro a utilizar (UNE 100030) o de cualquier otro biocida.  Se recomienda calcular el índice de Ryznar o de Langelier para verificar la tendencia agresiva o incrustante del agua.
Índice de Langelier	> 0 Agua incrustante 0 Equilibrio < 0 Agua agresiva	Se valorará este parámetro a fin de determinar el programa de tratamiento del agua de modo que ésta en ningún momento podrá tener características extremadamente incrustantes ni corrosivas.
Índice de Ryznar	< 6 Agua incrustante 6-7 Equilibrio > 7 Agua agresiva	
Conductividad	Debe estar comprendida entre los límites que permitan la composición química del agua (dureza, alcalinidad, cloruros, sulfatos, otros) de tal forma que no se produzcan fenómenos de incrustación y/o corrosión.	La purga se debe realizar en función a la conductividad máxima permitida en el sistema indicado en el programa de tratamientos del agua.
Turbidez	< 15 NFU	Diluir con agua nueva la balsa.
Hierro total	< 2 mg/l	Identificar y sustituir el elemento afectado por la corrosión.

<b>Recuento total de aerobios</b>	<b>Pulverizado</b>	< 1000 Ufc/ml	Con valores superiores a 1000 Ufc/ml será necesario comprobar el programa de mantenimiento.  Con valores superiores a 10000 Ufc/ml limpiar y realizar un tratamiento de choque de acuerdo con lo indicado en el apartado 4.3.4.2 Limpieza y desinfección de choque, antes de reiniciar el servicio.
	<b>Superficie húmeda</b>	≤10000 Ufc/ml	Con valores superiores a 10000 Ufc/ml será necesario comprobar el programa de mantenimiento.  Con valores superiores a 100000 Ufc/ml limpiar y realizar un tratamiento de choque de acuerdo con lo indicado en el apartado 4.3.4.2 Limpieza y desinfección de choque antes de reiniciar el servicio.
<b>Legionella sp</b>		Presencia (*)	Parar el funcionamiento de la instalación, vaciar el sistema en su caso. -100-1000 Ufc/L  Limpiar y realizar un tratamiento de choque de acuerdo con lo indicado en la el apartado 4.3.4.2 Limpieza y desinfección de choque antes de reiniciar el servicio.  ->1000 Ufc/L  Limpiar y realizar un tratamiento en caso de brote de acuerdo con lo indicado en el apartado 4.3.4.3. Limpieza y desinfección en caso de brote antes de reiniciar el servicio.  En ambos casos realizar una nueva toma de muestras aproximadamente a los 15 días.

(\*) El límite inferior de detección del método de análisis debe ser igual o menor a 100 Ufc/L.

#### 4.3.6 Resolución de problemas asociados a la instalación

En los sistemas con recirculación de agua, la concentración de sales disueltas debido al fenómeno de la evaporación, puede llegar a superar el producto de solubilidad de algunas de ellas produciéndose incrustaciones, lodos y fangos que obturan el relleno y favorecen el crecimiento microbiano. Se debe, por tanto, establecer un régimen de purgas en función de la conductividad del agua adecuado para cada instalación en función de las características físico-químicas del agua de aporte. La opción más segura desde este punto de vista es disponer de una sonda de conductividad que purgue automáticamente al alcanzar un nivel determinado.

Con el fin de evitar incrustaciones, en caso necesario, se puede realizar un tratamiento antiincrustante que ayude a mantener las superficies del sistema libres de incrustaciones y lodos. El tratamiento antiincrustacion generalmente será externo, para evitar la entrada de iones calcio o magnesio al sistema.

Un tratamiento externo habitual consiste en la instalación de un sistema de descalcificación, dicho sistema esta basado en un lecho de resinas que capta los iones calcio o magnesio, intercambiándolos por iones sodio. Estas resinas tienen una capacidad limitada de intercambio por lo que se regeneran habitualmente de forma automática mediante cloruro sódico.

Los equipos con recirculación de agua y contacto con superficie húmeda suelen ubicarse en la cubierta de los locales tratados, estas cubiertas no siempre son practicables, y por tanto es preciso asegurar que el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la empresa titular especifique un protocolo de acceso seguro para la inspección y mantenimiento de los equipos.

#### 4.3.7 Descripción de registros asociados a las instalaciones

Se dispondrá en éstas instalaciones de un Registro de Mantenimiento dónde se deberán indicar:

- Esquema de la instalación con la descripción de flujos de agua.
- Operaciones de mantenimiento realizadas incluyendo las inspecciones de las diferentes partes del sistema.
- Análisis de agua realizados incluyendo registros de biocida diarios en aquellas instalaciones que los utilicen.
- Certificados de limpieza y desinfección.
- Resultados de la evaluación del riesgo.

El contenido del registro y de los certificados del tratamiento efectuado deberán ajustarse al Real Decreto 835/2003. No obstante en este capítulo se recoge un modelo de registro de mantenimiento (anexo 1).

### 5. EVALUACIÓN DEL RIESGO DE LA INSTALACIÓN

El riesgo asociado a cada instalación concreta es variable y depende de múltiples factores específicos relacionados con la ubicación, tipo de uso, estado, etc.

#### 5.1 Características de la evaluación del riesgo

La evaluación del riesgo de la instalación se realizará como mínimo una vez al año, cuando se ponga en marcha la instalación por primera vez, tras una reparación o modificación estructural cuando una revisión general así lo aconseje y cuando así lo determine la autoridad sanitaria.

La evaluación del riesgo de la instalación debe ser realizada por personal técnico debidamente cualificado y con experiencia, preferiblemente con titulación universitaria de grado medio o superior y habiendo superado el curso homologado tal como se establece en la Orden SCO/317/2003, de 7 de febrero por el que se regula el procedimiento para la homologación de los cursos de formación del personal que realiza las operaciones de mantenimiento higiénico-sanitaria de las instalaciones objeto del Real Decreto 865/2003.

Las tablas 8, 9 y 10 permiten determinar los factores de riesgo asociados a cada instalación.

Las tablas comprenden factores estructurales asociados a las características propias de la instalación; factores de mantenimiento asociados al tratamiento y al mantenimiento que se realiza en la instalación; y factores de operación asociados al funcionamiento de la instalación.

En cada tabla se indican los criterios para establecer un factor de riesgo “BAJO”, “MEDIO” o “ALTO” así como posibles acciones correctoras a considerar.

La valoración global de todos estos factores se determina con el “Índice Global” que figura a continuación de la tabla 11. Este Índice se calcula para cada grupo de factores (estructural, mantenimiento y operación) a partir de las tablas anteriores y se establece un valor global ponderado.

El Índice global permite la visión conjunta de todos los factores y facilita la decisión sobre la necesidad y la eficacia de implementar acciones correctoras adicionales en función de las características propias y específicas de cada instalación.

Este algoritmo es un indicador del riesgo, que en cualquier caso siempre debe utilizarse como una guía que permite minimizar la subjetividad del evaluador y no sustituye el análisis personalizado de cada situación concreta.

Independientemente de los resultados de la evaluación de riesgo, los requisitos legales de cualquier índole (Real Decreto 865/2003 u otros que le afecten) relativos a estas instalaciones, deben cumplirse.

La evaluación del riesgo incluirá la identificación de los puntos idóneos para la toma de muestras. Asimismo, se valorará la necesidad de tomar muestras del agua de aporte.

Tabla 8. Evaluación del riesgo estructural de la instalación

Factores de riesgo estructural	BAJO		MEDIO		ALTO	
	FACTOR	FACTOR	ACCIONES A CONSIDERAR	FACTOR	ACCIONES A CONSIDERAR	
<b>Procedencia del agua</b>	Agua fría de consumo humano.	Captación propia tratada.	Controlar el correcto funcionamiento de los equipos del tratamiento.	Captación propia sin tratar.	Cambiar la captación. Tratar el agua de aporte.	
<b>Acumulación previa</b>	Entrada directa de red sin acumulación previa.	Acumulación previa en depósito que se renueva totalmente en menos de 24 horas.	Estudiar la viabilidad de no usar acumulación, o disminuir el tamaño del depósito.	Acumulación previa en depósito que no se renueva totalmente en menos de 24 horas.	Estudiar la viabilidad de no usar acumulación, o disminuir el tamaño del depósito.	
<b>Materiales</b>	Materiales plásticos y metálicos o similares que resistan la acción agresiva del agua y no favorezcan el desarrollo de microorganismos.	Materiales orgánicos que pueden favorecer el desarrollo de microorganismos pero que han sido tratados o seleccionados para prevenir el crecimiento microbiano.	Sustitución de materiales.	Celulosa y/o materiales sin tratar que favorezcan el crecimiento fúngico y/o bacteriano.	Sustitución de materiales.	
<b>Longitud de los conductos de aire</b>	Conductos de aire de impulsión de recorrido largo (> 4 metros).	Conductos de aire de impulsión con recorrido medio (2-4 metros).	No aplica.	Conductos de aire de impulsión con recorrido corto (< 2 metros).	No aplica.	

Tabla 9. Evaluación del riesgo de mantenimiento de la instalación

Factores de riesgo mantenimiento	BAJO		MEDIO		ALTO	
	FACTOR	FACTOR	ACCIONES A CONSIDERAR	FACTOR	ACCIONES A CONSIDERAR	
<b>Parámetros físico-químicos</b>	Valores de índice de Ryznar del agua circulante entre 5 y 7.		Valores de índice de Ryznar del agua circulante $\geq 4 < 5$ y $> 7 \leq 8$ .	Realizar un tratamiento adecuado del agua. Utilización de agua de aporte diferente. Incremento de régimen de purgas.	Valores de índice de Ryznar del agua circulante $< 4$ y $> 8$ .	Realizar un tratamiento adecuado del agua. Utilización de agua de aporte diferente. Incremento de régimen de purgas.
<b>Parámetros microbiológicos <i>Legionella sp</i></b>	Ausencia.		100 – 1000 Ufc/L.	Según apartado 4.3.5 Criterio de valoración de resultados.	> 1000 Ufc/L.	Según apartado 4.3.5 Criterio de valoración de resultados.
<b>Parámetros microbiológicos Aerobios totales</b>	<b>Pulverizado</b>	< 1000 Ufc/ml.	1000 – 10000 Ufc/ml.	Según criterio de valoración de resultados	> 10000 Ufc/ml.	Según apartado 4.3.5 Criterio de valoración de resultados.
	<b>Superficie húmeda</b>	< 10000 Ufc/ml.	10000-100000 Ufc/ml.		> 100000 Ufc/ml.	
<b>Estado higiénico de la instalación</b>	Instalación limpia.		La instalación presenta áreas de biocapa y suciedad no generalizada	Realizar una limpieza de la instalación.	La instalación presenta biocapa y suciedad visible generalizada.	Realizar una limpieza y desinfección de la instalación.

<b>Estado mecánico de la instalación</b>	Buen estado de conservación. Sin restos de corrosión ni incrustación Relleno en buen estado.	Algunos elementos presentan corrosión y/o incrustación. Roturas u obstrucciones ligeras en el relleno.	Realizar un tratamiento adecuado del agua. Sustituir los elementos con corrosión. Realizar desincrustación de las partes afectadas. Limpiar o sustituir el relleno.	Mal estado general de conservación. Corrosión e incrustación generalizadas. Roturas u obstrucciones generalizadas en el relleno.	Realizar un tratamiento adecuado del agua. Sustituir elementos con corrosión. Utilizar materiales adecuados. Realizar desincrustación. Limpiar o sustituir el relleno.
--	---	---	--	--	--

Tabla 10. Evaluación del riesgo operacional de la instalación

Factores de riesgo operación	BAJO	MEDIO		ALTO	
	FACTOR	FACTOR	ACCIONES A CONSIDERAR	FACTOR	ACCIONES A CONSIDERAR
Temperatura del agua de aporte	< 20 °C.	20–30 °C.	Aislar correctamente las tuberías y/o aljibes.	> 30 °C.	Aislar correctamente las tuberías y/o aljibes.
Temperatura del agua en el sistema	< 20 °C.	20–30 °C.	Aumentar el régimen de purgas.	> 30 °C.	Aumentar el régimen de purgas.
Tiempo de residencia del agua en la balsa del equipo	< 8 h.	8 h -24 h.	Aumentar el régimen de purgas / vaciados.	> 24 h.	Aumentar el régimen de purgas / vaciados.

Tabla 11. Índice global

Riesgo Estructural	Bajo	Medio	Alto
Procedencia del agua	0	14	28
Acumulación previa	0	10	20
Materiales	0	17	34
Longitud de los conductos de aire	0	9	18
<b>TOTAL: Índice estructural (IE)</b>		<b>50</b>	<b>100</b>

Riesgo de mantenimiento	Bajo	Medio	Alto
Parámetros físico-químicos	0	5	10
Parámetros microbiológicos <i>Legionella sp</i>	0	20	40
Parámetros microbiológicos Aerobios totales	0	8	16
Estado higiénico de la instalación	0	9	18
Estado mecánico de la instalación	0	8	16
<b>TOTAL: Índice de mantenimiento (IM)</b>		<b>50</b>	<b>100</b>

Riesgo operacional	Bajo	Medio	Alto
Temperatura del agua de aporte	0	10	20
Temperatura del agua en el sistema	0	20	40
Tiempo de residencia del agua en la balsa del equipo	0	20	40
<b>TOTAL: Índice operacional (IO)</b>		<b>50</b>	<b>100</b>

Teniendo en consideración los diferentes pesos de cada uno de los índices de riesgos el valor medio se pondera de acuerdo a la siguiente formula:

$$\text{INDICE GLOBAL: } 0,3 * \text{IE} + 0,6 * \text{IM} + 0,1 * \text{IO}$$

## 5.2 Acciones correctoras en función del Índice Global

### INDICE GLOBAL < 60

Cumplir los requisitos del Real Decreto 865/2003 así como los especificados en el apartado 4.3. Fase de vida útil: Mantenimiento de la instalación.

Cumplir requisitos según apartado 4.3 Fase de vida útil: Mantenimiento de la instalación

### 60 ≤ INDICE GLOBAL ≤ 80

Se llevaran a cabo las acciones correctoras necesarias para disminuir el índice.

Aumentar la frecuencia de revisión de la instalación: Revisión trimestral.

Un ejemplo de posibles acciones se recoge en las tablas 9, 10 y 11.

### INDICE GLOBAL > 80

Se tomaran medidas correctoras de forma inmediata que incluirán, en caso de ser necesario, la parada de la instalación hasta conseguir rebajar el índice.

Aumentar la frecuencia de limpieza y desinfección de la instalación a periodicidad trimestral hasta rebajar el índice por debajo de 60.

Un ejemplo de posibles acciones se recoge en las tablas 9, 10 y 11.

El mantenimiento y la limpieza es una parte esencial para la prevención de la legionelosis en toda instalación. Por este motivo el índice de mantenimiento considerado por separado debe ser siempre < 50.

## 5.3 Ejemplo de la evaluación del riesgo de una instalación

Consideremos un enfriador evaporativo de superficie húmeda con las características que se describen en las siguientes tablas 12, 13 y 14.

Tabla 12. Ejemplo de evaluación del riesgo estructural

FACTORES DE RIESGO ESTRUCTURAL	SITUACIÓN ACTUAL	FACTOR
Procedencia del agua	Captación propia tratada.	MEDIO
Acumulación previa	Acumulación previa en depósito que no se renueva diariamente.	ALTO
Materiales	Balsa de recirculación plástica, relleno de virutas de madera no tratada, conducciones de cobre.	ALTO
Longitud de los conductos de aire	Los conductos son medios: 3 metros.	MEDIO

Tabla 13 Ejemplo de evaluación del riesgo de mantenimiento

FACTORES DE RIESGO DE MANTENIMIENTO	SITUACIÓN ACTUAL	FACTOR
Parámetros físico-químicos	Valores de Índice de Ryznar < 5.	MEDIO
Parámetros microbiológicos: <i>Legionella sp</i>	Último control analítico <i>Legionella sp</i> > 10.000 Ufc/L.	ALTO
Parámetros microbiológicos: Aerobios totales	Último control analítico Aerobios totales (superficie húmeda): 15.000 ufc/ml	MEDIO
Estado higiénico	Aparecen restos de biocapa y lodos abundantes en la balsa de recirculación.	ALTO
Estado mecánico	Algunos elementos del relleno presentan incrustaciones.	MEDIO

Tabla 14. Ejemplo de evaluación del riesgo operacional

FACTORES DE RIESGO DE OPERACIÓN	SITUACIÓN ACTUAL	FACTOR
Temperatura del agua de aporte	22 °C	MEDIO
Temperatura del agua circulante	26 °C	MEDIO
Tiempo de residencia del agua en el sistema	Renovación en un periodo de 6 horas.	BAJO

A partir de estos factores se calcularía el índice global tal y como se muestra en las siguientes tablas 15, 16, y 17, aplicando a cada factor el valor asignado a su nivel de riesgo.

Tabla 15. Índice estructural

Estructural	FACTOR	VALOR
Procedencia del agua	MEDIO	14
Acumulación previa	ALTO	20
Materiales	ALTO	34
Longitud de conductos de aire	MEDIO	9
<b>TOTAL: Índice Estructural (IE)</b>		<b>77</b>

Tabla 16. Índice de mantenimiento

Mantenimiento	FACTOR	VALOR
Parámetros físico-químicos	MEDIO	5
Parámetros microbiológicos: <i>Legionella sp</i>	ALTO	40
Parámetros microbiológicos: Aerobios totales	MEDIO	8
Estado higiénico	ALTO	18
Estado mecánico	MEDIO	8
<b>TOTAL: Índice Mantenimiento (IM)</b>		<b>79</b>

Tabla 17. Índice operacional

Operación	FACTOR	VALOR
Temperatura del agua de aporte	MEDIO	10
Temperatura del agua circulante	MEDIO	20
Tiempo de residencia del agua en el sistema	BAJO	0
<b>TOTAL: Índice Operación (IO)</b>		<b>30</b>

Aplicando los factores de ponderación a cada índice se obtiene el siguiente resultado:

<b>INDICE GLOBAL = <math>0,3 \cdot 77 + 0,6 \cdot 79 + 0,1 \cdot 30</math></b>	<b>73,5</b>
--	-------------

A la vista de este valor se deben considerar acciones correctoras para disminuir el Índice por debajo de 60. Asimismo, tal como se expuso anteriormente el Índice de mantenimiento considerado por separado debe ser siempre < 50. En este caso el Índice es 79 por lo que sería necesario actuar en este apartado. Las acciones correctoras deberían estar encaminadas a reducir preferentemente el número de factores “ALTO”, a potenciar el mantenimiento de la instalación.

Corrigiendo estos factores obtenemos los resultados que se muestran en las siguientes tablas 18 y 19. Hay que tener en cuenta que a veces no es posible actuar contra todos los factores.

Tabla 18. Factores de riesgo estructural con acción correctora

FACTORES DE RIESGO ESTRUCTURAL	SITUACIÓN ACTUAL	ACCIÓN CORRECTORA	FACTOR (con acción correctora)
Acumulación previa	Depósito que no se renueva diariamente.	Disminución del tamaño del depósito, para renovar diariamente.	MEDIO
Materiales	Relleno de virutas de madera no tratadas.	Cambiar el relleno.	BAJO

Tabla 19. Factores de riesgo de mantenimiento con acción correctora

FACTORES DE RIESGO MANTENIMIENTO	SITUACIÓN ACTUAL	ACCIÓN CORRECTORA	FACTOR (con acción correctora)
Parámetros microbiológicos: <i>Legionella sp</i>	<i>Legionella sp</i> > 10000 Ufc/L.	Como resultado de las acciones correctoras <i>Legionella sp</i> < 100 Ufc/L.	BAJO
Parámetros microbiológicos aerobios totales	Aerobios totales (superficie húmeda): 15000 Ufc/ml.	Como resultado de las acciones correctoras Aerobios totales (superficie húmeda) < 10000 Ufc/ml.	BAJO
Estado higiénico	Aparecen restos de biocapa y lodos en la balsa de recirculación.	Se efectúa limpieza y desinfección preventiva y se aumenta frecuencia de limpieza.	BAJO

Una vez realizadas las correcciones el Índice Global queda como se muestra en las siguientes tablas 20, 21 y 22.

Tabla 20. Índice de riesgo estructural corregido

FACTORES ESTRUCTURALES	FACTOR		VALOR	
	ANTERIOR	CON ACCION CORRECTORA	ANTERIOR	CON ACCION CORRECTORA
Procedencia del agua	MEDIO	MEDIO	14	14
Acumulación previa	ALTO	MEDIO	20	10
Materiales	ALTO	BAJO	34	0
Longitud de conductos de aire	MEDIO	MEDIO	9	9
<b>Total: Índice Estructural (IE)</b>			77	33

Tabla 21. Índice de riesgo de mantenimiento corregido

FACTORES MANTENIMIENTO	FACTOR		VALOR	
	ANTERIOR	CON ACCION CORRECTORA	ANTERIOR	CON ACCION CORRECTORA
Parámetros físico-químicos	MEDIO	MEDIO	5	5
Parámetros microbiológicos <i>Legionella sp</i>	ALTO	BAJO	40	0
Parámetros microbiológicos Aerobios totales	MEDIO	BAJO	8	0
Estado higiénico	ALTO	BAJO	18	0
Estado mecánico	MEDIO	MEDIO	8	8
<b>Total: Índice Mantenimiento (IM)</b>			79	13

Tabla 22. Índice de riesgo operacional corregido

FACTORES DE OPERACIÓN	FACTOR		VALOR	
	ANTERIOR	CON ACCION CORRECTORA	ANTERIOR	CON ACCION CORRECTORA
Temperatura del agua de aporte	MEDIO	<b>MEDIO</b>	10	10
Temperatura del agua circulante	MEDIO	<b>MEDIO</b>	20	20
Tiempo de residencia del agua en el sistema	BAJO	<b>BAJO</b>	0	0
<b>Total: Índice Operación (IO)</b>			30	<b>30</b>

<b>ÍNDICE GLOBAL = <math>0,3*33 + 0,6*13 + 0,1*30</math></b>	<b>20,7</b>
--	-------------

Con la aplicación pues de las medidas correctora indicadas se ha conseguido reducir el Índice Global muy por debajo del valor 60 y el Índice de Mantenimiento a un valor muy reducido (13), lo cual implica un riesgo bajo en todos los factores

## ANEXO 1: REGISTROS

Se debe identificar la instalación y el responsable de la misma.

En principio el certificado de limpieza y desinfección de la empresa autorizada sirve como registro de estas actividades, no obstante recomendamos que se pueda registrar para mayor control en forma de tabla formando parte del libro de registro al que se añadirá el certificado. A continuación se detalla un posible ejemplo:

### I - OPERACIONES DE REVISIÓN

CONCEPTO	FECHA	ESTADO	ACCIÓN REALIZADA
Revisión general del funcionamiento		No se observan anomalías	No se precisa
		Se observan elementos defectuosos	..... (acción realizada)
Revisión del relleno		Buenas condiciones	No se precisa
		Suciedad y/o incrustaciones	..... (acción realizada)
		Roturas	..... (acción realizada)
Revisión de incrustaciones		Ausencia de incrustaciones	No se precisa
		Presencia de incrustaciones	..... (acción realizada)
Revisión de corrosión		Ausencia de procesos de corrosión	No se precisa
		Presencia de elementos con corrosión	..... (acción realizada)
Revisión de suciedad		Ausencia	No se precisa
		Presencia de sedimentos	..... (acción realizada)
Estado de los equipos de desinfección y tratamiento del agua		Funcionamiento correcto	No se precisa
		Funcionamiento defectuoso	..... (acción realizada)

### II – OPERACIONES DE LIMPIEZA

FECHA	
Tipo de operación	Limpieza de equipos
	Vaciado y limpieza del depósito previo
	Vaciado y limpieza de la balsa de recirculación
Protocolo seguido	

**IV - OPERACIONES DE MANTENIMIENTO**

CONCEPTO	FECHA	OPERACIÓN		ACCIÓN REALIZADA
Mantenimiento de equipos e instalaciones			Limpiezas parciales	.....
			Reparaciones	.....
			Verificaciones	.....
			Otras incidencias	.....
Mantenimiento del sistema de tratamiento del agua			Calibraciones y verificaciones	.....
			Reparaciones	.....
			Otras incidencias	.....

**V - RESULTADOS ANALÍTICOS**

CONTROL	FECHA	RESULTADO		ACCIÓN REALIZADA
Determinación de <i>Legionella</i>			< 100 Ufc/L	No se precisa
			> 100 Ufc/L	.....
Otros controles analíticos				.....