



## FICHA TÉCNICA

**AUTOR:** LAMÚA, Manuel.

**TÍTULO:** Torres de enfriamiento y condensadores evaporativos: mantenimiento frente a las bacterias de la *Legionella*

**FUENTE:** *Gestión Práctica de Riesgos Laborales*, nº 68, pág. 52, febrero 2010.

**RESUMEN:** Con este artículo el autor pretende hacer reflexionar sobre la importancia de aplicar los criterios higiénico-sanitarios establecidos en el RD 865/2003 para la prevención y control de la legionelosis. Las empresas que dispongan de instalaciones susceptibles de ser colonizadas por bacterias del género *Legionella*, causantes de esta enfermedad, han de poner en práctica las pautas de utilización, mantenimiento e inspecciones fijadas por Real Decreto con objeto de proteger la salud, sobre todo en aquellas empresas y organizaciones que utilizan en sus instalaciones y en procesos industriales equipos de condensación y de enfriamiento evaporativo, entre otros.

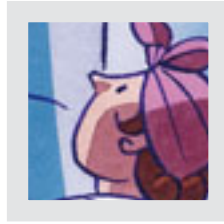
**DESCRIPTORES:**

- Higiene industrial
- Inspecciones
- Mantenimiento
- Bacterias
- Legionelosis

# Torres de enfriamiento y condensadores evaporativos: mantenimiento frente a las bacterias de la *Legionella*

Vive con total libertad en el medio acuático y, si se dan las circunstancias propicias, se reproduce alcanzando concentraciones perjudiciales para el ser humano. Se trata de la *Legionella*, familia de bacterias que prolifera en entornos industriales y sanitarios que utilizan equipos de condensación y enfriamiento evaporativo, entre otros. Para prevenir enfermedades como la legionelosis, las empresas con instalaciones susceptibles de ser colonizadas por *Legionella* han de mantenerlas según la normativa vigente.

**Manuel Lamúa**, secretario general de la Asociación Nacional de Empresas de Frío y Refrigeración (Anefryc)



La Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales ha tenido como consecuencia un amplio desarrollo reglamentario que se ha traducido en la aparición de diferentes normas orientadas al establecimiento de medidas que garanticen la protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentra el Real Decreto 664/1997<sup>1</sup>, que tiene por objeto la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

En el caso de los riesgos derivados de las propias instalaciones, existen otras normas que, aún sin ser específicas de la prevención de riesgos laborales, recogen medidas destinadas a prevenir los riesgos derivados de las mismas, al mismo tiempo que fijan unas pautas de utilización, mantenimiento e inspecciones con objeto de proteger la salud de los usuarios de estos equipos. Una de ellas es el Real Decreto 865/2003<sup>2</sup>, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis a tener en cuenta en las empresas que dispongan de instalaciones susceptibles de ser colonizadas por legionela.

### Bacterias del género *Legionella*

La legionela es una bacteria que se desarrolla en bajas concentraciones en la mayoría de los circuitos de agua, resultando inocua en estas condiciones. Es capaz de sobrevivir en un amplio intervalo de condiciones físico-químicas, multiplicándose entre los 20 °C y los 40 °C y destruyéndose en temperaturas superiores a los 60 °C. Con temperaturas inferiores, como es el caso de las que oscilan entre los 10 °C y los 20 °C, la bacteria puede permanecer latente en las aguas.

Junto a la temperatura existen otras circunstancias –como el estancamiento de las aguas o

Cuando se trata de riesgos derivados de las instalaciones existen normas que, sin ser específicas de la prevención de riesgos laborales, establecen pautas de utilización y mantenimiento de los equipos con objeto de proteger la salud

la acumulación de materias de corrosión, lodos o amebas– que favorecen la multiplicación de legionela hasta permitirle alcanzar concentraciones perjudiciales para el ser humano.

Estas bacterias acceden al organismo humano por la vía aérea, a través del sistema respiratorio. Ocurre normalmente en aquellos procesos en los que se produce una *aerosolización* del agua contaminada con la bacteria, de manera que se van formando *gotículas* que pueden permanecer suspendidas en el aire y ser inhaladas por el ser humano, llegando a provocar la enfermedad de la legionelosis. Sin embargo, la vida de la bacteria en esas microgotas es bastante corta por lo que, consecuentemente, el contagio es improbable cuando hay cierta distancia entre la fuente de emisión y el receptor.

Las torres de enfriamiento y condensadores *evaporativos* sólo son susceptibles de desarrollar la bacteria *Legionella pneumophila*, es decir, de aumentar la concentración de la misma en el agua que recircula si el líquido que recibe de la red está contaminado. En consecuencia, para que se produzca un brote epidémico de legionelosis asociado a una torre de enfriamiento es necesario que se presente una cadena de sucesos altamente improbable: la existencia de una alta concentración de colonias de la bacteria, que inicialmente entran en la instalación a través de la red pública de suministro, y condiciones incontroladas que permitan la multiplicación de la misma. Es decir, la descarga de una corriente de aire con aerosoles contaminados al ambiente y la consecuente producción de un número suficiente de *microgotas* de los aerosoles inhalados por personas susceptibles de padecer la enfermedad (*inmunodepresivos*). Estas circunstancias muy raramente se producen.

Teniendo en cuenta lo anterior, para prevenir la aparición de legionelosis basta con romper esta cadena de sucesos en cualquiera de sus eslabones, algunos de los cuales es sencillo quebrar con sólo establecer un buen diseño y un correcto mantenimiento de las instalaciones de enfriamiento. De este modo, es posible minimizar el arrastre de aerosoles de agua en la descarga del aire de los equipos, reducir las posibilidades de inhalación mediante el adecuado emplazamiento del equipo y/o protección personal y, sobre todo, eliminar las condiciones que favorecen la multiplicación de las bacterias.

<sup>1</sup> RD 664/1997, de 12 de mayo, que determina las medidas que deben adoptarse para garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. BOE nº 124, del 24 de abril de 1997.

<sup>2</sup> RD 865/2003, de 4 de julio, que establece los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis. BOE nº 171, del 18 de julio de 2003.

En resumidas cuentas, la posible entrada de una colonia de legionela en la instalación de refrigeración sólo se volverá perjudicial para el ser humano si prolifera de forma descontrolada, algo que únicamente es posible cuando dicha instalación no se controla y no se mantiene de forma adecuada, tal y como exige la ley en el RD 865/2003.

Concentraciones típicas de un total de bacterias aeróbicas de las 10<sup>4</sup> cfu/ml (cfu= unidades formadoras de colonias) implican que el sistema está bajo control; sin embargo, concentraciones superiores a 10<sup>5</sup> cfu/ml requieren medidas correctivas de forma inmediata que permitan reducir el nivel bacteriológico. Existen condiciones que favorecen las altas concentraciones de bacterias del género *Legionella*:

> **Temperatura.** La bacteria no se multiplica por debajo de los 20 grados aunque siga viva, mientras que por encima de los 60 no sobrevive.

> **Nutrientes.** En la instalación deben existir nutrientes que permitan la multiplicación de la bacteria, es decir, sedimentos, lodo, restos de corrosión, etc.

> **Refugios.** El lodo, las películas biológicas y las incrustaciones pueden propiciar el crecimiento de la legionela.

Una correcta inspección, limpieza y desinfección de la instalación de refrigeración *evaporativa* impedirá la producción de cualquiera de estas circunstancias, convirtiéndose en la solución para minimizar los riesgos de legionelosis.

### Prevención de riesgos laborales

Una vez que la empresa haya identificado aquellas instalaciones que son objeto del RD 865/2003, únicamente será necesario atenerse a las medidas y recomendaciones de mantenimiento establecidas en el mismo para evitar cualquier riesgo para la salud de todas aquellas personas implicadas en la manipulación de los equipos. En cualquier caso, toda medida de prevención desarrollada por las empresas que disponen de equipos de enfriamiento *evaporativo* debe ir orientada a vigilar aquellos factores que podrían favorecer la proliferación de la legionela y a asegurar el cumplimiento de los registros y programas de mantenimiento adecuados a las características de la instalación.

TABLA 1

### Programa de mantenimiento mecánico típico

Servicio	Puesta en marcha	Mensual	Cada seis meses	Parada	Anual
Inspeccionar el estado general de la instalación	X			X	X
Comprobar la limpieza de las secciones de transmisión de calor	X		X		
Comprobar la limpieza de los separadores de gotas y su adecuada instalación	X		X		
Inspeccionar la bandeja de recogida de agua	X		X		
Verificar y ajustar el nivel del agua en la bandeja y acometida	X		X		
Comprobar el equipo de alimentación y dosificación de productos químicos	X	X			
Verificar el funcionamiento correcto de la purga	X	X			
Comprobar el funcionamiento de las resistencias de la bandeja	X		X		
Limpiar el filtro de agua de la bandeja	X		X		
Vaciar la bandeja y las tuberías				X	

Fuente: Código de prácticas recomendadas para mantener su instalación eficiente y segura. Eurovent.

TABLA 2

### Parámetros de la calidad del agua

Parámetro	Valor nominal requerido
TAB <sup>1</sup> en el agua en recirculación	Sin rebasar 10 <sup>5</sup> cfu/ml
LP <sup>2</sup> (en caso de haberse medido)	Sin rebasar 10 <sup>4</sup> cfu/ml
PH del agua en recirculación	Entre 7 y 9
Dureza del agua en recirculación	Mayor 50°F Mayor 28°D Mayor mg/l como CaCO3
Otros parámetros	Según recomendaciones específicas

NOTA: <sup>1</sup> TAB (bacterias aeróbicas totales) expresada en cfu/ml, unidades de formación de colonias por mililitro;  
<sup>2</sup> LP (*Legionella pneumophila*) expresada en cfu/ml, unidades de formación de colonias por mililitro.

Fuente: Código de prácticas recomendadas para mantener su instalación eficiente y segura. Eurovent.

De forma general, sería muy recomendable que todas aquellas organizaciones que cuenten en sus instalaciones y procesos industriales con torres y condensadores de refrigeración por evaporación desarrollaran una serie de actuaciones básicas que, por otra parte, todos los fabricantes siempre prescriben.

En primer lugar, se hace necesario un libro de registro que permita anotar (manteniendo así el control) todas las operaciones de mantenimiento desarrolladas y los resultados obtenidos. Por otra parte, es fundamental la existencia de planos actualizados de las instalaciones existentes que faciliten la puesta en marcha de dichos procesos.

## Diseño y mantenimiento de las instalaciones

Cualquier actuación destinada a reducir al máximo los riesgos de contaminación, multiplicación y dispersión de bacterias del género *Legionella* en instalaciones de refrigeración por evaporación debe tener en cuenta tanto la fase de diseño de las instalaciones como la de mantenimiento.

En el primer caso, se trata de una serie de aspectos que han de contemplarse al construir los equipos con el fin de facilitar la accesibilidad a los mismos para su limpieza y desinfección. En esta etapa hay que tener en cuenta factores como la utilización de materiales susceptibles de ser desinfectados en caso necesario, frente a aquellos que, al igual que las elevadas temperaturas, favorecen el crecimiento de bacterias y la necesidad de evitar el vertido de aerosoles en zonas transitadas.

Por otro lado, todas las actuaciones desarrolladas en la segunda fase están dirigidas a propiciar las tareas de limpieza, desinfección y control de la temperatura del agua durante el mantenimiento de los equipos.

La preservación del equipamiento de refrigeración *evaporativa* es sencilla y, siguiendo unas cuantas recomendaciones, su eficacia y seguridad están garantizadas. Resulta de vital importancia mantener el rendimiento de la instalación, tanto desde el punto de vista del proceso como del ambiental, con objeto de asegurar un funcionamiento óptimo de la fase de enfriamiento y la utilización mínima de agua y energía, al mismo tiempo que se evitará la proliferación incontrolada de bacterias. Los requisitos para mantener la eficacia de cualquier sistema pasan por el control adecuado de la calidad del agua en recirculación y un programa de mantenimiento que contribuya a las buenas condiciones y limpieza del equipo.

En este tipo de instalaciones el enfriamiento se produce por la evaporación de una pequeña cantidad del agua en recirculación que fluye a través de los equipos. Al producirse dicha evaporación, las impurezas presentes en la misma permanecen en el circuito y, salvo que una pequeña cantidad de agua conocida como purga se drene del sistema, la concentración de sólidos disueltos se incrementa rápidamente y provoca la formación de incrustaciones o corrosión. Es decir, como consecuencia de la pérdida de agua en el sistema,



**Al diseñar instalaciones de refrigeración se deben tener en cuenta una serie de aspectos, como el material de construcción, que facilitarán la accesibilidad a los equipos para su desinfección.**

bien sea por evaporación o por purga, su reposición resulta necesaria.

En lo que concierne a la merma de agua por evaporación, ésta depende de la cantidad de calor evacuada y de la humedad relativa del aire entrante, mientras que el caudal de agua de purga se determina a partir de los ciclos de concentración que, a su vez, vienen condicionados por la calidad del agua de aportación y de las especificaciones del diseño de la instalación. Estos ciclos se definen como el cociente entre la concentración de sólidos disueltos en el agua de recirculación y la concentración de sólidos disueltos en el agua de aportación. Como regla general, se recomienda que estén entre dos y cuatro, ya que por encima de estos niveles el agua ahorrada al realizar pequeñas purgas se vuelve insignificante y se producen, además, altos riesgos en el funcionamiento, de forma que cualquier pérdida de control conduce al desarrollo de incrustaciones o corrosión en la instalación.

Además de las impurezas presentes en el agua de reposición, las existentes en el aire pueden ser transportadas al interior de la torre y arrastradas por el agua en recirculación, por lo que es necesario implementar un programa de tratamiento de agua

diseñado contra las incrustaciones y la corrosión y un control biológico, así como otro de supervisión que garantice que el anterior está logrando sus objetivos, es decir, que está manteniendo la calidad del agua dentro de los parámetros establecidos.

Incrustaciones y corrosión resultan habituales en el agua de reposición como consecuencia de su temperatura y de los ciclos de concentración. En la medida que ambas tendencias son perjudiciales para la instalación han de tomarse medidas de prevención.

En primer lugar, la excesiva formación de incrustaciones sobre las superficies de transferencia de calor reduce significativamente la eficacia de dicha transferencia, provocando un consumo de energía más elevado, temperaturas de enfriamiento más altas que las deseadas e incluso una parada del sistema, pero también crea un terreno propicio para la reproducción de microorganismos que puede aumentar el riesgo de contaminación bacteriológica. Las incrustaciones pueden prevenirse mediante la descalcificación del agua de aportación, el control de la purga y la dosificación de productos químicos inhibidores de incrustaciones, o bien con métodos físicos como las técnicas electromagnéticas.

En lo que a la corrosión se refiere, esta actúa en contra de los componentes de la instalación acortando su vida útil, al mismo tiempo que algunos de sus productos, como es el caso del óxido, favorecen el crecimiento bacteriológico. Su prevención viene dada por el mantenimiento de la calidad del agua de recirculación dentro de los límites especificados por los proveedores de los equipos, así como por la aplicación de dosificación de inhibidores de corrosión.

Otro problema es la suciedad de las superficies de intercambio térmico con sedimentos y lodo, que puede controlarse con *biodispersantes* químicos dosificados separadamente o mezclados con un *biocida* químico, cuya eliminación implica el filtrado del agua en recirculación.

La suciedad no afecta solamente al rendimiento térmico sino que también propicia el aumento de bacterias. En este punto, el control del crecimiento bacteriológico es el único instrumento válido para evitar la proliferación de bacterias que contaminan el agua en recirculación y entre las que se encuentra la *Legionella pneumophila*, causante de la legionelosis. Su evitación pasa por la utilización de productos *biocidas* oxidantes y no oxidantes y métodos no químicos, como el ozono, la luz ultravioleta y los iones de cobre y de plata. En caso de producirse una contaminación biológica excesiva habrá que proceder a la desinfección de la instalación.

Junto al control del agua en recirculación se impone la aplicación de un programa de mantenimiento mecánico y de limpieza del equipo que garantice el rendimiento térmico de la instalación y su seguridad, ya que precisamente la falta de mantenimiento y limpieza son los motivos que pueden provocar la legionelosis. Uno y otro trabajo dependerá de la ubicación del equipo, la contaminación ambiental de su entorno, el tipo de proceso de enfriamiento y la efectividad del tratamiento de agua. Periódicamente, es conveniente hacer una inspección de la instalación (Tablas 1, 2 y 3).

### Principio de funcionamiento

El principio de refrigeración *evaporativa* utilizado, entre otros equipos, en las torres de enfriamiento y condensadores por evaporación se aplica a la industria desde hace más de cien años, habiéndose

TABLA 3

### Programa de supervisión típico de la calidad del agua

Actividad de control	Momento para la ejecución
Comprobar el funcionamiento del sistema de tratamiento de agua	A la puesta en marcha y después de cada paro estacional prolongado. Posteriormente cada mes.
Compruebe la cantidad de productos químicos almacenados	A la puesta en marcha y después de cada parada prolongada. Posteriormente, cada semana.
Verifique la concentración de TAB <sup>1</sup>	Semanalmente.
Compare los parámetros de la calidad del agua en recirculación con los parámetros de referencia	Mensualmente.
Compruebe visualmente la formación de películas biológicas y algas	Cada seis meses.
Verifique la concentración de LP <sup>2</sup>	Si el TAB permanece alto después de tomar medidas correctivas. Si hay sospecha de concentración de LP.
Limpieza y desinfección del sistema	Antes de la puesta en marcha, anualmente después de una parada superior a un mes. Cuando el TAB está por encima de 10 cfu/ml. Cuando una concentración de LP está por encima de 10 cfu/l. Cuando se observa crecimiento excesivo de material orgánico.

NOTA: <sup>1</sup> bacterias aeróbicas totales (TAB); expresada en cfu/ml, unidades de formación de colonias por mililitro; <sup>2</sup> Legionella pneumophila (LP).

Fuente: Código de prácticas recomendadas para mantener su instalación eficiente y segura. Eurovent.

dose multiplicado su importancia en un momento en el que el ahorro de energía resulta crucial para el mantenimiento del equilibrio ambiental.

Esta forma de enfriamiento es un proceso natural que utiliza el agua como refrigerante, medio que se ha mostrado eficaz en la transmisión a la atmósfera de calor excedente. Durante la fase de refrigeración de un fluido, estos sistemas de enfriamiento liberan el calor a la atmósfera mediante la evaporación de agua. Este proceso se hace efectivo gracias al establecimiento de un estrecho contacto entre el agua en circulación y una pequeña corriente de aire, de forma que, mediante la evaporación de una mínima parte de agua, la mayoría del calor se transfiere al aire, el cual se descarga más caliente y saturado.

Los equipos, con independencia de sus modalidades y características específicas, incorporan una sección de intercambio de calor humedeci-

do con la utilización de un dispositivo rociador de agua, un sistema de ventilación encargado de forzar el paso del aire ambiente a través del intercambiador de calor y diferentes componentes auxiliares –balsa colectora de agua, bomba de recirculación, eliminadores de gotas e instrumentos de control–.

Estos equipos de refrigeración *evaporativa* constituyen una de las alternativas más eficientes en el campo de la refrigeración industrial, en la medida que utilizan una tecnología respetuosa con el medio ambiente, requieren una inversión inferior a la demandada por soluciones similares y, sobre todo, son seguros para la salud humana. Un sencillo y constante mantenimiento de las instalaciones en las empresas ayudará a mantener el rendimiento térmico de los equipos y a prevenir el consecuente crecimiento de microorganismos potencialmente perjudiciales, como son las bacterias *Legionella*. ||