

TA

TRATAMIENTO DE AGUAS

Programas para el control de la calidad microbiológica del agua de refrigeración

Estudio de su eficacia en torre de refrigeración piloto y evaluación del riesgo de una torre de refrigeración industrial para la prevención y control de la legionelosis

Se presentan los resultados de diversos ensayos realizados para evaluar la eficacia de diferentes biocidas en el control de la contaminación microbiológica de torres de refrigeración, en general y por Legionella en particular. En primer lugar se estudia la eficacia de los biocidas mediante ensayos in vitro y en una planta piloto. Posteriormente se realiza una evaluación del riesgo de una torre de refrigeración industrial con mantenimiento correcto y de otra con mantenimiento incorrecto.



**N. Adroer Martori,
J. Aumatell Colom,
y I. Navarro Soria**
Adiquímica, S.A.

SEGÚN EL REAL DECRETO 865/2003 sobre prevención y control de la legionelosis [1], se requieren y exigen controles, revisiones y planes de mantenimiento de las instalaciones de riesgo para mantener la calidad físico-química y microbiológica del agua utilizada en las mismas, y de esta manera poder prevenir y controlar la posibilidad de contaminación por *Legionella* del agua de las instalaciones de riesgo. Los tratamientos de mantenimiento de las instalaciones de riesgo requieren de la dosificación de varios productos para su acondicionamiento tanto físico-químico como microbiológico: inhibidores de incrustación, anticorrosivos y biocida/s. El diseño de estos programas de mantenimiento dependerá de varios factores, como, por ejemplo:

- Tipo de instalación.
- Tipo de uso.
- Materiales de construcción.
- Calidad del agua de aporte: si se requiere pre-tratamiento o no.
- Condiciones de funcionamiento de la instalación: vida media, ciclos de concentración, intervalos de temperatura de trabajo, exigencias técnicas, etc.
- Ubicación.
- Condiciones climatológicas.

La Guía Técnica para la Prevención y Control de la Legionelosis en Instalaciones, publicada en el año 2006 por el Ministerio de Sanidad y Política Social [2], hace un repaso muy exhaustivo de todas las instalaciones de riesgo descritas en la normativa sobre prevención y control de la legionelosis. Esta Guía ha servido, entre otros aspectos, para ayudar a los que diseñan los programas de mantenimiento a mejorar y a optimizarlos gracias, entre otras cosas, a las pautas que nos dan estas guías para poder hacer una evaluación del riesgo de cada una de las instalaciones implicadas. En estas evaluaciones se tienen en cuenta tres factores: el estructural, el de mantenimiento y el operacional. La contribución del factor de mantenimiento, respecto a los otros dos factores, en el índice global, tiene una importancia mayoritaria de un 60% y, por tanto, se corrobora que el mantenimiento diario y periódico es primordial para tener una instalación bajo control para prevenir la legionelosis.

Existe una amplia gama de productos biocidas inscritos en el Regis-

tro de Plaguicidas de la Dirección General de Salud Pública. Estos biocidas registrados tienen ingredientes activos diferentes y maneras de actuar diferentes, y los podemos clasificar en oxidantes y no oxidantes. Se utilizan estos biocidas solos o bien combinados, para poder llevar a cabo los tratamientos de mantenimiento, adaptados a cada tipo de instalación y a cada caso particular. La combinación en el tiempo de varios tipos de biocidas, oxidantes y no oxidantes, puede maximizar la efectividad de los tratamientos aplicados. Se presentan diferentes propuestas de trabajo en función de diferentes casos prácticos estudiados.

1. Objetivos

El propósito del estudio experimental cuyos resultados se dan en el presente artículo era evaluar la eficacia de diferentes biocidas para el control de la contaminación microbiana y de la *Legionella*.

Los objetivos concretos perseguidos eran:

- Demostrar la efectividad de distintos biocidas en las diferentes situaciones con las que nos podemos encontrar en las instalaciones reales.
- Establecer las dosis adecuadas de biocida, para los casos estudiados, para el control de la contaminación microbiana y de la *Legionella* en torres de refrigeración.
- Plantear una evaluación de riesgos de la torre utilizada y que está bajo control, comparándola con la misma torre con un factor de mantenimiento muy deficiente, y ver qué es lo que implica este hecho.

2. Material y métodos

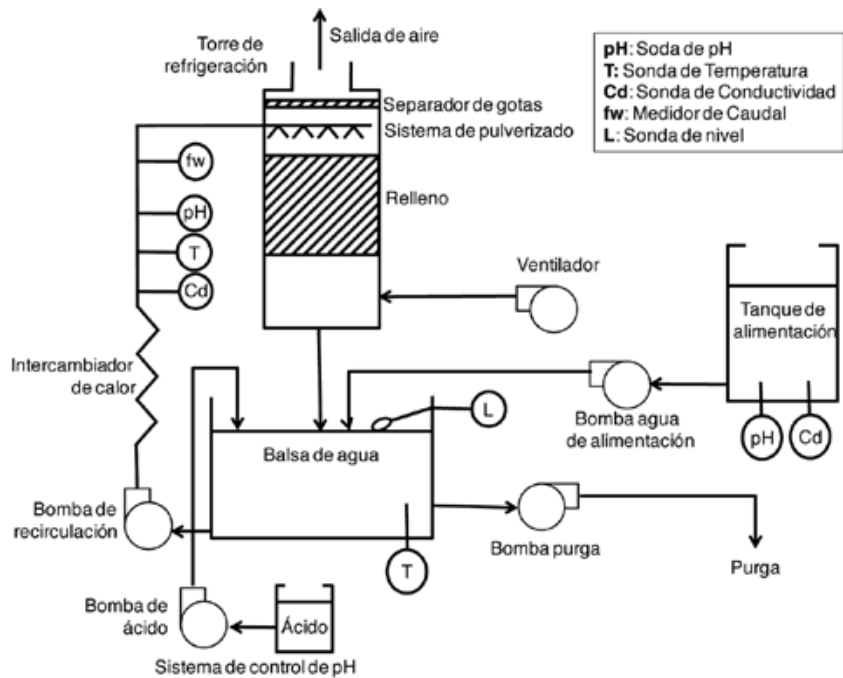
- Biocidas utilizados:

Se realizaron ensayos para los siguientes biocidas: Adiclene 1352, Adicida 182, Adicida 141, Adic 516, Adic 512 y Adicida W-128, así como mezclas del primero con el último y de éste con el cuarto.

- Ensayos en planta piloto de torre de refrigeración:

La planta piloto de la torre de refrigeración contenía todos los elementos de una instalación real. En la figura 1 se muestra un diagrama de bloque de la planta piloto de la torre de refrigeración. En la torre de refrigeración piloto se utilizaban 600 mm

Figura 1
Diagrama de bloque de la planta piloto de la torre de refrigeración ubicada en el laboratorio de Adiquímica, S.A.



de altura de relleno plástico de tipo celular. El área efectiva de la sección transversal era de 0.03 m². Mediante un ventilador centrífugo ubicado en la parte baja de la torre se impulsaba contracorriente el aire al interior de la misma. El volumen total del sistema era de 55 litros. La bomba de alimentación de agua se controlaba automáticamente mediante una sonda de nivel ubicada en la balsa de la torre. El agua pasaba a través de una resistencia calefactora. La potencia suministrada por la resistencia era de 3.000 kcal/h. El caudal de recirculación era de 0,6 m³/h.

Los ciclos de concentración eran controlados mediante el caudal de la bomba de purga, de manera que la relación entre la concentración salina en el agua de aporte era igual a cuatro ciclos de concentración. La concentración salina era referida a la concentración en el agua de cloruros.

En el tanque de alimentación se almacenaba el agua de alimentación. El agua de alimentación era agua de red. La composición del agua de alimentación a la torre de refrigeración se muestra en la Tabla 1.

La torre de refrigeración piloto

TABLA 1

COMPOSICIÓN DEL AGUA DE ALIMENTACIÓN A LA TORRE DE REFRIGERACIÓN

Parámetro	Unidades	Resultado
pH		8.0
Conductividad	µS/cm	435
Bicarbonatos	mg/L HCO ₃	153
Calcio	mg/L Ca	57
Magnesio	mg/L Mg	8,6
Cloruros	mg/L Cl	43
Sulfatos	mg/L SO ₄	66

TABLA 2

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE EFECTIVIDAD DE LOS BIOCIDAS

Biocida dosificado	Tipo de prueba	Microorganismo/s contra el/los que se estudia la eficacia del biocida	Concentración de biocida dosificado (ppm)	Eficacia biocida (reducción de > 10 ⁴ ufc/mL para flora) o (reducción de > 10 ⁴ ufc/L para <i>Legionella pneumophila</i>)
Adiclene 1352	Planta piloto torre de refrigeración	General	40	NO
	Planta piloto torre de refrigeración	General	100	SI
	<i>In-vitro</i>	<i>Legionella pneumophila</i>	40	SI
	<i>In-vitro</i>	General	40	NO
	<i>In-vitro</i>	General	80	SI
Adicida 182	Planta piloto torre de refrigeración	General	100	SI
	Planta piloto torre de refrigeración	General	50	NO
	<i>In-vitro</i>	<i>Legionella pneumophila</i>	25	SI
	<i>In-vitro</i>	General	50	SI
Adicida 141	Planta piloto torre de refrigeración	General	10	SI
	Planta piloto torre de refrigeración	General	5	NO
	<i>In-vitro</i>	<i>Legionella pneumophila</i>	1	SI
	<i>In-vitro</i>	General	5	SI
Adic 516	Planta piloto torre de refrigeración	General	2,5	SI
	<i>In-vitro</i>	<i>Legionella pneumophila</i>	2,5	SI
	<i>In-vitro</i>	General	2,5	SI
Adic 512	Planta piloto torre de refrigeración	General	5	SI
	<i>In-vitro</i>	<i>Legionella pneumophila</i>	5	SI
	<i>In-vitro</i>	General	5	SI
Adicida W-128	Planta piloto torre de refrigeración	General	50	NO
	Planta piloto torre de refrigeración	General	100	SI
	<i>In-vitro</i>	<i>Legionella pneumophila</i>	50	SI
	<i>In-vitro</i>	General	50	SI
Adiclene 1352 + Adicida W-128	Planta piloto torre de refrigeración	General	A-1352 40 ppm + A-W128 25 ppm	SI
	<i>In-vitro</i>	General	A-1352 40 ppm + A-W128 25 ppm	SI
Adic 516 + Adicida W-128	Planta piloto torre de refrigeración	General	A-516 1 ppm + A-W128 25 ppm	SI
	<i>In-vitro</i>	General	A-516 1 ppm + A-W128 25 ppm	SI

incorporaba un sistema de adquisición, almacenamiento de datos y control en tiempo real. Las variables de proceso adquiridas eran:

- pH y conductividad del agua almacenada en el tanque de alimentación.
- pH, temperatura y conductividad del agua de la torre después de pasar por la resistencia calefactora.
- El caudal de recirculación del agua.
- La temperatura y el nivel del agua en la balsa de la torre.
- Caudal de la bomba de purga.
- Caudal de la bomba de alimentación.

El sistema estaba equipado con

un ordenador de proceso que efectuaba las tareas de almacenamiento, tratamiento de datos y control

de proceso. El *software* gestionaba y almacenaba los datos obtenidos en tiempo real. Se generaba un histó-

TABLA 3

RESULTADOS ANALÍTICOS EN LA TORRE CON MANTENIMIENTO CORRECTO

Parámetro	Valor obtenido
Temperatura de la balsa	26,5°C
Turbidez	< 0,2 NTU
pH	9,22
Hierro total	0,03 ppm
Aerobios totales	< 1x10 ⁴ ufc/mL
<i>Legionella spp</i>	no detectadas

rico de las variables de proceso que podía ser volcado por su proceso y tratamiento en una hoja de cálculo. El *software* incluía un interfaz gráfico dónde se representaba la evolución de las variables de proceso a lo largo del tiempo. El módulo de proceso y control ejecutaba las acciones necesarias sobre las bombas de alimentación de agua y de purga para mantener a cuatro los ciclos de concentración.

En cada prueba se realizaba un tratamiento anti-corrosivo y anti-incrustante con la dosificación en el circuito de 200 mg/l de un producto adecuado. El agua de alimentación y el agua recirculación de la torre se analizaban diariamente. Se realizaban determinaciones de pH, conductividad, alcalinidad p y alcalinidad m, calcio, magnesio, cloruros, hierro y sulfatos.

Para cada biocida, se realizaron ensayos de efectividad en planta piloto de la torre de refrigeración. Antes de la dosificación de biocida, se inoculaba el agua de recirculación con una suspensión de microorganismos cultivables, quedando la concentración inicial entre 10^4 - 10^5 ufc/ml. El biocida se dosificaba en el agua de recirculación de la torre de refrigeración en dosis de choque.

Se realizaba un seguimiento de la evolución a lo largo del tiempo de los siguientes parámetros en el agua de recirculación de la torre de refrigeración:

- Concentración de microorganismos cultivables antes y después de la dosificación del biocida (según Norma UNE-EN ISO 6222).

- Concentración de biocida.
- Análisis físico-químico del agua.

- Parámetros de operación de la torre.

- Ensayos *in-vitro* para evaluar la efectividad de los biocidas frente a *Legionella pneumophila*.

Según la Norma siguiente: prEN 13623 (actividad bactericida contra *Legionella pneumophila*). Método de ensayo en suspensión para determinar si un antiséptico o desinfectante químico tiene o no actividad bactericida frente a *Legionella pneumophila*. Realizado por un laboratorio externo y acreditado.

- Ensayos *in-vitro* para evaluar la efectividad de los biocidas frente a la contaminación microbiológica.

TABLA 4

FACTORES PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA TORRE CON MANTENIMIENTO CORRECTO

	Riesgo	Factor	Puntos
FACTORES ESTRUCTURALES			
Procedencia del agua	Bajo	El aporte de agua es de la red de distribución pública. Se descalcifica previamente mediante intercambio iónico	0
Agua estancada	Medio	Existen elementos que mantienen ocasionalmente el agua estancada: volumen total de la balsa de la torre y de las tuberías del circuito 10 m ³	5
Materiales	Bajo	Tuberías de impulsión y retorno a la torre de acero galvanizado. Balsa de la torre es de fibra de vidrio. Intercambiadores de cobre	4
Tipo de aerosolización	Bajo	No se observa visualmente la emisión de gotas que caigan por gravedad	0
Punto de emisión de aerosoles en un entorno cercano a la torre	Bajo	La torre se encuentra ubicada en la zona destinada a almacén, se encuentra situada en altura. Se encuentra alejada de las tomas de aire exterior	0
Condiciones atmosféricas	Bajo	No es significativo	0
Ubicación de la instalación	Bajo	Zona industrial	0
TOTAL: ÍNDICE ESTRUCTURAL (IE)			9
FACTORES MANTENIMIENTO			
Parámetros fisicoquímicos	Medio	Turbidez <0,2 NTU Fe total 0,03 ppm de Fe pH.- 9.22	8
Contaminación microbiológica	Bajo	Aerobios totales < 1x10 ⁴ Ufc/ml <i>Legionella spp</i> negativo	2
Presencia de algas	Bajo	No se detecta presencia de algas	0
Estado higiénico de la instalación	Bajo	La balsa y el circuito presentan correcto estado de higiene y conservación	1
Estado mecánico de la instalación	Bajo	No se observan piezas metálicas con corrosión visible. No se observan incrustaciones en los elementos de la instalación	1
Estado del sistema de tratamiento y desinfección	Bajo	La instalación cuenta con bombas dosificadoras para producto anticorrosivo y antiincrustante Cada seis meses limpieza y desinfección de la instalación. La inspección de los elementos interiores desde la parte superior de la misma	1
TOTAL: ÍNDICE MANTENIMIENTO (IM)			13
FACTORES OPERACIÓN			
Temperatura media del agua en balsa	Medio	La temperatura de la balsa es de 26,5°C	20
Frecuencia de funcionamiento	Bajo	Continuo (todos los días)	0
TOTAL: ÍNDICE OPERACIÓN (IO)			20

TABLA 5

RESULTADOS ANALÍTICOS EN LA TORRE CON MANTENIMIENTO INCORRECTO

Parámetro	Valor obtenido
Temperatura de la balsa	26,5°C
Turbidez	20 NTU
pH	9,22
Hierro total	3 ppm
Aerobios totales	> 1x10 ⁴ ufc/mL
Legionella spp	> 10 ⁴ ufc/l

Para cada biocida, se tomaba una muestra del agua de recirculación de la planta piloto de la torre de refrigeración una vez inoculado el sistema con una suspensión de flora bacteriana y antes de dosificar el biocida. A continuación se realizaba un tratamiento de choque del biocida en el vaso de precipitados agitado y a temperatura ambiente.

Se realizaba un seguimiento de la evolución en el tiempo de los siguientes parámetros en el vaso de precipitados:

- Concentración de microorganismos cultivables antes y después de la dosificación del biocida.
- Concentración de biocida.

3. Resultados

En la Tabla 2 se presentan los resultados de los ensayos de efectividad de los biocidas realizados en:

- Ensayos *in-vitro* para evaluar la efectividad de los biocidas frente a la *Legionella pneumophila*.

- Ensayos *in-vitro* para evaluar la efectividad de los biocidas frente a la contaminación microbiológica.

- Torre de refrigeración piloto.

Se han utilizado distintos biocidas, distintas dosis de los mismos y se han hecho diferentes combinaciones entre ellos. Todas las pruebas han durado 24 h. Se muestra su eficacia frente a la contaminación microbiológica, trabajando a la dosis de biocida efectiva para *Legionella pneumophila* (determinada con el método *in vitro* (*)), reducción de > 10⁴ ufc/L) y frente a la contaminación de microorganismos cultivables (reducción de > 10⁴ ufc/mL). Se investiga y determina, en cada caso, la dosis óptima de biocida para el

control de la contaminación microbiológica en general.

En algunos casos, la dosificación requerida en instalaciones reales es superior a la encontrada como concentración eficaz *in vitro* contra la *Legionella pneumophila*, y en otros es la misma. La dosificación de dos biocidas, con dos principios activos diferentes y, por lo tanto, dos mecanismos de actuación, puede tener un efecto sinérgico y ser mucho más eficaz que si actuara cada uno de ellos

EL MANTENIMIENTO ES UN FACTOR MUY IMPORTANTE PARA EL CONTROL Y LA PREVENCIÓN DE LA LEGIONELOSIS

por separado, a concentraciones superiores. Los resultados en planta piloto corroboran los tratamientos aplicados en casos reales, en los que se han controlado la contaminación microbiológica de la instalación y no se ha detectado presencia de *Legionella* a lo largo de su tratamiento.

4. Evaluación del riesgo de una torre industrial

En el estudio anterior se ha visto que la dosis de biocida adecuada para el control de la presencia de *Legionella* la contaminación microbiológica de una torre de refrigeración depende del mantenimiento de la instalación, de las características físico-químicas

del agua y del tipo de ensuciamiento que tenga la misma, siendo el mantenimiento un factor prioritario en la prevención de la legionelosis. Se presentan dos escenarios en los que se ha hecho una evaluación de riesgos de una torre de refrigeración industrial: uno con un mantenimiento adecuado y el otro con un mantenimiento muy deficiente.

A continuación se presentan los datos de la instalación necesarios para realizar la evaluación de riesgos:

- Ubicación. Torre de refrigeración situada en una zona industrial, en el tejado del edificio destinado a almacén, alejada de tomas de aire y zonas de paso de personas. El área donde se encuentra ubicada la instalación no presenta condiciones atmosféricas significativas.

- Características de la instalación. Toma agua de aporte de la red, pero presenta zonas de estancamiento de agua (aproximadamente 10 m³). Las tuberías de la instalación son de acero galvanizado, la balsa de la torre es de fibra de vidrio y los intercambiadores de calor son de cobre. La torre posee un separador de gotas correctamente instalado y no se observa la caída de gotas por gravedad. Su régimen de funcionamiento es continuo (24 h/día; 7 días a la semana).

4.1. Torre con un mantenimiento correcto

- Controles analíticos: en la Tabla 3 se muestran los resultados analíticos obtenidos en esta instalación.

- Estado general de la instalación: la instalación presenta un correcto estado de conservación y limpieza. No se detectan sedimentos, incrustaciones, algas o corrosión.

- Mantenimiento de la instalación: la instalación cuenta con bombas dosificadoras de biocida, antiincrustante y anticorrosivo. Se realizan análisis físico-químicos y microbiológicos mensuales y de *Legionella* cada tres meses. Se somete a limpiezas y desinfecciones semestrales. Se inspeccionan los elementos interiores de la torre desde la parte superior de la misma. Se reparan o sustituyen las partes dañadas de la instalación.

- Evaluación de riesgos: se hace un cálculo de los tres factores que inciden en el índice global: estructural, operacional y mantenimiento (Tabla 4), basándonos en las tablas

definidas en el Capítulo 4 de la Guía Específica de Torres de Refrigeración y Condensadores Evaporativos:

$$\begin{aligned}\text{ÍNDICE GLOBAL} &= \\ &= 0,3*IE + 0,6*IM + 0,1*IO = \\ &= 2,7 + 7,8 + 2,0 = 12,5\end{aligned}$$

Vemos claramente que la participación más importante viene dada por los factores de mantenimiento. Si analizamos estos factores, vemos que el punto con mayor contribución sería el referente a los resultados de los parámetros físico-químicos y dentro de ellos el pH. Un regulador de pH reduciría, por tanto, este factor de riesgo, y con él el riesgo total de la instalación. No obstante, se trata de una instalación con riesgo bajo. Su índice global está por debajo de 60 unidades, por lo que está cumpliendo los requisitos del RD 865/2003.

4.2. Torre con un mantenimiento incorrecto

- Controles analíticos. En la Tabla 5 se muestran los resultados analíticos obtenidos en esta instalación.

- Estado general de la instalación. La instalación presenta un incorrecto estado de conservación y limpieza. Se detectan sedimentos, incrustaciones, algunas algas y corrosión.

- Mantenimiento de la instalación. La instalación no cuenta con bombas dosificadoras de biocida, antiincrustante y anticorrosivo. Se realizan análisis físico-químicos y microbiológicos mensuales y de *Legionella* cada tres meses.

- Evaluación de riesgos. Igual que antes se realiza un cálculo de los tres factores que inciden en el índice global: estructural, operacional y mantenimiento (Tabla 6), basándonos en las tablas definidas en el Capítulo 4 de la Guía Específica de Torres de Refrigeración y Condensadores Evaporativos:

$$\begin{aligned}\text{ÍNDICE GLOBAL} &= \\ &= 0,3*IE + 0,6*IM + 0,1*IO = \\ &= 2,7 + 57 + 2,0 = 61,7 (\geq 60 \text{ y } \leq 80)\end{aligned}$$

ÍNDICE DE MANTENIMIENTO:
95 (≥ 50)

Se trata de una instalación de riesgo alto. Aunque su índice global está entre 60 y 80 unidades, y con este valor se podría considerar una instalación de riesgo medio, se debe tener en cuenta que el índice

TABLA 6

FACTORES PARA LA EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA TORRE CON MANTENIMIENTO INCORRECTO

	Riesgo	Factor	Puntos
FACTORES ESTRUCTURALES			
Procedencia del agua	Bajo	El aporte de agua es de la red de distribución pública. Se descalcifica previamente mediante intercambio iónico	0
Agua estancada	Medio	Existen elementos que mantienen ocasionalmente el agua estancada: volumen total de la balsa de la torre y de las tuberías del circuito 10 m ³	5
Materiales	Bajo	Tuberías de impulsión y retorno a la torre de acero galvanizado. Balsa de la torre es de fibra de vidrio. Intercambiadores de cobre	4
Tipo de aerosolización	Bajo	No se observa visualmente la emisión de gotas que caigan por gravedad	0
Punto de emisión de aerosoles en un entorno cercano a la torre	Bajo	La torre se encuentra ubicada en la zona destinada a almacén, se encuentra situada en altura. Se encuentra alejada de las tomas de aire exterior	0
Condiciones atmosféricas	Bajo	No es significativo	0
Ubicación de la instalación	Bajo	Zona industrial	0
TOTAL: ÍNDICE ESTRUCTURAL (IE)			9
FACTORES MANTENIMIENTO			
Parámetros físico-químicos	Alto	Turbidez 20 NTU Fe total 3 ppm de Fe pH. 9.22	16
Contaminación microbiológica	Alto	Aerobios totales < 1x10 ⁴ Ufc/ml Legionella spp > 10 ⁴ ufc/l	22
Presencia de algas	Media	Presencia ligera de algas	5
Estado higiénico de la instalación	Alto	La balsa y el circuito presentan biocapa y presencia de suciedad generalizada	22
Estado mecánico de la instalación	Alto	Mal estado general de conservación. Corrosión e incrustaciones generalizadas	14
Estado del sistema de tratamiento y desinfección	Bajo	La instalación no dispone de sistema de tratamiento y desinfección	16
TOTAL: ÍNDICE MANTENIMIENTO (IM)			95
FACTORES OPERACIÓN			
Temperatura media del agua en balsa	Medio	La temperatura de la balsa es de 26,5°C.	20
Frecuencia de funcionamiento	Bajo	Continuo (todos los días)	0
TOTAL: ÍNDICE OPERACIÓN (IO)			20

de mantenimiento es muy alto. El índice de mantenimiento (IM) debe estar siempre por debajo de 50 unidades, y de no ser así, se deben tomar medidas para reducirlo (aunque el índice global nos proporcione un resultado por debajo de 60 unidades). Toda acción correctora debe estar encaminada a reducir el número de factores con riesgo alto, ya que estos suponen un claro incumplimiento del RD 865/2003. Por lo que en este caso se debería hacer un plan de revisión general de todo el mantenimiento de la torre de refrigeración.

5. Conclusiones

- La dosis de biocida adecuada para el control de la presencia de Legionella y la contaminación microbiológica de una torre de refrigeración dependerá de la instalación,

de las características físico-químicas del agua y del tipo de ensuciamiento que tenga.

- En algunos casos, la dosificación requerida en instalaciones reales es superior a la encontrada como concentración eficaz in vitro contra la Legionella pneumophila, y en otros es la misma. La dosificación de dos biocidas, con dos principios activos diferentes y, por lo tanto, dos mecanismos de actuación, puede tener un efecto sinérgico y ser mucho más eficaz que si actuaran cada uno de ellos por separado, a concentraciones superiores. Los resultados en planta piloto corroboran los tratamientos aplicados en casos reales, en los que se ha controlado la contaminación microbiológica de la instalación y no se ha detectado presencia de Legionella a lo largo de su tratamiento.

- Para el control de una instalación de refrigeración se debe defi-

nir, validar y verificar que el tratamiento de mantenimiento cumpla los requisitos del R.D. 865/2003, y sea efectivo para el control de la contaminación microbiológica en cada caso particular.

- El mantenimiento es un factor muy importante para el control y la prevención de la legionelosis. El uso de la evaluación de riesgos es una herramienta útil para hacer un diagnóstico del estado de la torre, y dar pautas para saber qué acciones correctoras se deben aplicar para minimizar los problemas detectados.

Bibliografía

[1] 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. BOE 171 de 18/07/03.

[2] Guía Técnica para la prevención y control de la legionelosis en instalaciones. Ministerio de Sanidad y Política Social. <http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/guia.htm>

[3] Norma UNE-EN prEN 13623 (actividad bactericida contra Legionella pneumophila). Octubre 2008. 