

CAPÍTULO 8

HUMECTADORES

1. INTRODUCCIÓN

El control de la humedad ambiental es un factor muy importante en la calidad del aire interior. Los humectadores son los sistemas utilizados para incrementar la humedad del aire en un entorno cerrado.

En el Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis, se incluye a los humectadores dentro de las “instalaciones con menor probabilidad de proliferación y dispersión de *Legionella*” pero no se desarrollan en ningún artículo ni anexo del mismo. En este tipo de sistemas los posibles aerosoles generados afectan únicamente al aire del interior del entorno climatizado no emitiéndose aerosoles al ambiente exterior.

1.1 Aproximación al concepto de humedad del aire

Humedad etimológicamente significa contenido de agua. Humedad del aire es, consecuentemente, la cantidad de agua contenida en el mismo.

La cantidad de agua que una masa de aire puede contener no es constante, sino variable en función de la temperatura y presión del aire. Para un lugar determinado y a las mismas condiciones atmosféricas, cada 10° C de aumento de temperatura se duplica aproximadamente la capacidad de contener vapor de agua en el aire ambiente: Así pues, hay dos medios generales de expresar la medida de la humedad del aire:

- Humedad absoluta o contenido de vapor de agua en el aire, normalmente se expresa en gramos de agua por kilogramo de aire seco y no varía con el calentamiento o enfriamiento del aire.
- Humedad relativa o contenido porcentual de vapor de agua en el aire sobre el máximo posible a una temperatura determinada. La humedad relativa disminuye al calentar el aire y aumenta al enfriarlo.

Los sistemas de calefacción elevan la temperatura del aire, por lo que su humedad relativa disminuye. El aire seco, con baja humedad relativa, tiende a tomar vapor de agua de los elementos existentes en el entorno que le rodea, tales como muebles, suelos, materiales de decoración, y de los seres vivos, tracto respiratorio, piel, cabellos, etc. Los entornos provistos de calefacción que no controlan sus niveles de humedad relativa mediante humectadores pueden tener habitualmente, en función del salto térmico, humedades relativas inferiores al 30%.

1.2 Humedad relativa y confort

El ser humano es generalmente poco sensible a los cambios de humedad relativa dentro del margen del 30% al 70%, y además la percepción, si se realiza, se manifiesta como cambio de temperatura, aunque ésta permanezca constante. Cuanto más seco está el aire, más fría se percibe la temperatura. Nuestro metabolismo aprovecha la evaporación del sudor para refrigerar nuestra piel. Si la humedad relativa es del 100%, el aire está saturado de agua e impide la evaporación. Cuanto menor sea la humedad relativa, más fácilmente se evaporará el sudor de nuestra piel, por lo que nos sentiremos más frescos.

A continuación se muestra la sensación de temperatura que percibe un individuo expuesto a una temperatura constante de 35 °C, humedad relativa variable, y con velocidad del aire inapreciable.

Tabla 1: Sensación térmica para Temperatura Seca constante de 35 °C y diferentes niveles de humedad relativa

HUMEDAD	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
SENSACION TERMICA ° C	30,5	32,2	33,8	35,5	38,3	41,6	45,5	51	58	65,5	74,4

Con una temperatura de 21 °C y una humedad relativa de 0%, la sensación térmica es inferior a la temperatura real, de unos 17,7 °C. Si incrementamos la humedad relativa al 70% sin modificar la temperatura, nuestra sensación será de 21,1 °C, es decir sentiremos que la temperatura ha aumentado 3,4 °C.

Tabla 2: Sensación térmica para Temperatura Seca constante de 21 °C y diferentes niveles de humedad relativa

HUMEDAD	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
SENSACION TERMICA °C	17,7	18,3	18,9	19,4	20,0	20,5	21,0	21,1	21,6	21,7	22,2

El control de humedad es un requisito imprescindible para mantener un aceptable nivel de confort en toda aquella actividad o instalación dotada de calefacción, especialmente en climas secos y muy fríos.

1.3 Humedad relativa y salud

Los ambientes muy secos o muy húmedos son, en general, más adecuados para el desarrollo de la contaminación biológica que los ambientes con una humedad relativa entorno al 50%. Esta contaminación incluye los ácaros del polvo, bacterias, hongos, mohos, etc.

La humedad relativa afecta en gran medida a la cantidad de polvo presente en el ambiente, tanto en su generación, que es menor (alfombras, moquetas, madera, etc) como a su permanencia en suspensión. Al aumentar la humedad relativa a temperatura constante, la densidad del aire disminuye por lo que muchas partículas en suspensión en un ambiente seco se convierten en sedimentables en un ambiente más húmedo.

Bajos niveles de humedad incrementan la evaporación de las mucosas de las fosas nasales y del sistema respiratorio y causan sequedad en la piel y en el pelo.

1.4 Humedad relativa y materiales

En general, se puede afirmar que la mayor parte de los materiales son sensibles a la humedad ambiental, pudiéndose considerar dos tipos de comportamientos diferentes:

- a) **Alteraciones irreversibles** o en una sola dirección; esto es, que una vez afectado el material por el cambio de humedad no vuelve a su estado original aunque modifiquemos la humedad en sentido inverso. (corrosión de los metales férricos, el deterioro de las frutas y vegetales cuando se secan o los daños en obras de arte y antigüedades).
- b) **Alteraciones reversibles** o lo que es lo mismo, la pérdida o ganancia de vapor de agua de un material por cesión o absorción de vapor de agua del ambiente (madera, papel, tabaco, fibras, azúcar, sal, etc). Los materiales que intercambian vapor de agua con el ambiente son higroscópicos.

El control de la humedad relativa es un requisito imprescindible para que muchos productos y materiales puedan permanecer en las condiciones adecuadas: tabaco, cuadros y obras de arte, etc.

1.5 Humedad relativa y electricidad estática

La electricidad estática se genera en nuestro entorno continuamente por el movimiento de unos materiales de gran resistencia eléctrica contra otros. Cuando las condiciones ambientales permiten su acumulación, la mencionada electricidad estática se convierte en un problema: los usuarios reciben descargas desagradables, los papeles, fibras o tejidos se repelen o se pegan y la maquinaria de proceso genera descargas (chispas); esto último puede ser muy grave en ambientes con gases volátiles inflamables o explosivos. Asimismo, estos fenómenos son muy importantes en salas de ordenadores y centros de proceso de datos donde pueden originar problemas de fallos electrónicos en circuitos, acumulaciones de polvo en las cabezas lectoras e incluso roturas en soportes magnéticos almacenados.

El aire con una humedad relativa inferior al 45% permite la acumulación de cargas electrostáticas.

El aumento adecuado de la humedad relativa no evita la formación de cargas, pero sí su acumulación. Esto se consigue mediante una lámina invisible de humedad sobre las superficies de los materiales que permite que las cargas se desplacen a tierra antes de que alcancen niveles de potencial elevados. Para reducir o prevenir

la acumulación de cargas electrostáticas se recomienda una humedad relativa del 45% o superior. Algunos materiales tales como la lana y algunos tejidos sintéticos necesitan humedades relativas más altas.

El control de la humedad relativa es un requisito muy importante en salas de ordenadores, salas blancas tales como quirófanos o de fabricación de componentes electrónicos, salas de fabricación o almacenamiento de armas y munición, etc.

Asimismo, ciertos procesos industriales: industria textil, etc, requieren humidificadoras industriales (ver capítulo 5 Centrales Humidificadoras Industriales).

Por todo lo anteriormente expuesto es deseable controlar la humedad relativa de los ambientes acondicionados y mantener niveles entre el 30% y el 60%.

2. EVOLUCIÓN TÉCNICA

La humidificación del aire se da de forma natural en las zonas cercanas al mar, a ríos y a lagos y de forma más efectiva en cascadas y saltos de agua. Las formas más primitivas de incrementar la humedad en nuestros entornos estaban basadas en la imitación de la naturaleza, instalando estanques, fuentes, canales con saltos de agua, etc.

Los primeros humectadores fueron sencillamente bandejas o cuencos, en los que se ponía agua que al evaporarse evitaba niveles de humedad muy bajos.

Para aumentar el rendimiento de estos primeros humectadores se incluyeron aletas fabricadas con materiales porosos que con su base en contacto con el agua de la bandeja, se humedecían por completo por capilaridad. De esta manera aumentaba la superficie de transmisión de la humedad en el aire. Posteriormente se incrementó la capacidad de humectación usando un ventilador para impulsar el aire a través de un material absorbente humedecido, tal como una correa, un fieltro, o un filtro.

Finalmente, el desarrollo de la regulación automática permitió sistemas de funcionamiento autónomo que obtienen y mantienen un valor prefijado de humedad relativa.

3. DESCRIPCIÓN

Los humectadores pueden clasificarse según su principio de funcionamiento y según la forma de impulsión del aire tratado.

3.1 Tipos de humectadores según el principio de funcionamiento

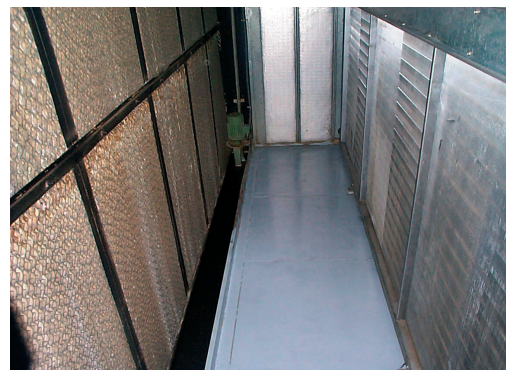
- Humectadores de evaporación.
- Humectadores de atomización.
- Humectadores de vapor.

3.1.1 Humectadores de evaporación

El agua en fase líquida toma la energía necesaria para vaporizarse del propio aire que se humidifica (y enfría) por lo que se denomina humidificación adiabática o a energía constante (aunque no es un proceso realmente adiabático). Este es el proceso de humidificación que ocurre de forma natural sobre la superficie de los mares, ríos y lagos.

En los humectadores de evaporación modernos se hace pasar el agua y el aire en flujos cruzados por un panel de gran superficie interior donde el contacto aire-agua es de larga duración y el proceso de evaporación es máximo (foto1).

Foto 1



Algunas de las **ventajas** de los humectadores de evaporación:

- Son sencillos y económicos.
- Su coste de operación es bajo: requieren muy poca energía.
- En condiciones normales no generan aerosoles. El aire pasa a través del material absorbente humedecido y modifica su humedad relativa sin arrastre de agua en fase líquida. Es importante mencionar que aún cuando el funcionamiento teórico de estos sistemas no genera aerosoles, existe el riesgo de que a lo largo de su vida útil se modifique el ajuste del sellado del material absorbente, o el goteo que humedece el material, etc., y se creen condiciones tales que sí se generen aerosoles.

Algunas de las **desventajas** de los humectadores de evaporación:

- No permiten un control preciso de la humedad.
- Los materiales absorbentes pueden favorecer la formación de hongos, algas y bacterias, nocivas para la salud.
- La bandeja de agua, si no es convenientemente tratada, puede crear entornos muy adecuados para el desarrollo de bacterias en general y concretamente de *Legionella*.

3.1.2 Humectadores de atomización

También son sistemas de humectación adiabática, pero la solución mecánica utilizada es diferente de la anterior.

En éstos (figura 1), se pulveriza el agua en partículas tan pequeñas como sea posible, es decir se generan aerosoles, mediante boquillas alimentadas con agua a presión (lavador de aire), discos giratorios a gran velocidad con una corona dentada perimetral contra la que chocan las gotas de agua desplazadas por la fuerza centrífuga (atomizador centrífugo), o las partículas de agua se desprenden por la vibración a muy alta frecuencia de un cristal piezoeléctrico (humectadores de ultrasonidos). Es decir, el principio de operación de los humectadores de atomización es la generación de aerosoles y su emisión a la atmósfera a acondicionar.

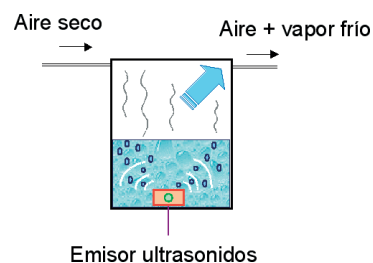


Figura 1. Humectadores de atomización

Algunas de las **ventajas** de los humectadores de atomización:

- Son sencillos y económicos.
- Su coste de operación es bajo: requieren poca energía.
- La cantidad de aerosoles generada no depende de la humedad relativa del aire ni de la velocidad de impulsión del mismo. De esta manera podemos controlar la cantidad de aerosol generada y conseguir un control preciso de la humedad relativa del aire.

Algunas de las **desventajas** de los humectadores de evaporación:

- Generan aerosoles que son incorporados a la corriente de aire o emitidos a las zonas ocupadas. Dichos aerosoles favorecen la dispersión de los contaminantes existentes en el agua (minerales, contaminación biológica, etc.) y al ser emitidos pueden ser inhalados por la población expuesta. Debido al tamaño de las partículas de agua atomizadas, al ser inhaladas son susceptibles de penetrar hasta los alvéolos pulmonares.
- La bandeja de agua, si no es convenientemente tratada, puede crear entornos muy adecuados para el desarrollo de bacterias en general y concretamente de *Legionella*.

3.1.3 Humectadores de vapor

En este método, la energía necesaria para vaporizar el agua líquida se cede directamente a ella, de forma que se produce vapor que será posteriormente emitido al aire.

El humectador dispone de un depósito de agua y mediante resistencias calefactoras o electrodos, calienta el agua generando vapor (figura 2).

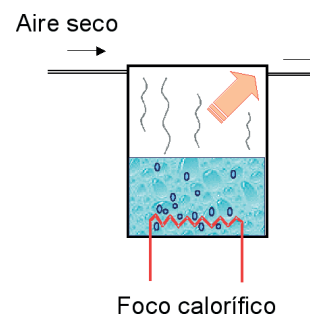


Figura 2

Algunas de las **ventajas** de los humectadores de vapor:

- Al calentar el agua hasta convertirla en vapor destruyen la carga bacteriana.
- Permiten un control preciso de la humedad.

Algunas de las **desventajas** de los humectadores de vapor:

- Su coste de operación es alto: requieren mayor energía que el resto de humectadores.

Los humectadores de vapor no representan riesgo frente a *Legionella*. Todos estos humectadores (de evaporación, de atomización, y de vapor) disponen de una bandeja o depósito donde se acumula el agua. Los de menor tamaño no disponen de instalación automática de aporte de agua, es decir, no están conectados a ninguna red de suministro de agua, sino que sus depósitos o bandejas son rellenados manualmente por los usuarios.

El tiempo de residencia puede ser largo (dependiendo del volumen de agua, cantidad de vapor de agua generado, etc) y la temperatura del agua suele estabilizarse al valor de temperatura del ambiente acondicionado, creándose entornos susceptibles de favorecer el crecimiento bacteriano.

Se recomienda que los sistemas domésticos empleen agua con bajo contenido mineral (desmineralizada). Esta medida reduce el riesgo de desarrollo de microorganismos y evita la emisión a la atmósfera de minerales existentes en el agua potable. De igual manera, la utilización de agua con bajo contenido mineral en instalaciones de pequeño tamaño reduce la necesidad de limpiezas del sistema y el riesgo de averías.

3.2 Tipos de humectadores según el modo de impulsión del aire

Desde el punto de vista de la impulsión del aire tratado, podemos diferenciar dos tipos de humectadores:

- Humectadores con emisión directa al ambiente a ser tratado.
- Humectadores con emisión a red de conductos de distribución de aire.

3.2.1 Humectadores con emisión directa al ambiente tratado

Son los de menor tamaño, suelen tener capacidad de humectar una única dependencia.

Algunas de sus características son:

- Pequeño volumen de agua almacenada.
- No tienen, en general, sistema automático de aporte de agua, sino que el usuario rellena el pequeño depósito de agua cuando se vacía.
- El aire humedecido es emitido directamente al ambiente que se desea humectar. En el caso de los humectadores de atomización se realiza una emisión directa de aerosoles a las zonas ocupadas. Dichos aerosoles tienen capacidad de transportar minerales y microorganismos, y son inhalados por los usuarios de las zonas tratadas.

Estos humectadores, y en particular los de atomización con emisión directa a la atmósfera, no permiten la utilización de separadores de gotas, pues su principio de funcionamiento se basa en emitir agua nebulizada a la atmósfera.

3.2.2 Humectadores con emisión a red de conductos de distribución de aire

Este tipo de humectadores es utilizado en instalaciones de mayor tamaño, que disponen de una red de distribución de conductos que reparte el caudal de aire tratado en diferentes zonas o estancias. Requieren, a diferencia de los anteriores, de instalación y puesta en marcha.

Una de las ventajas, desde el punto de vista de prevención de *Legionella*, de estas instalaciones, es que los posibles aerosoles emitidos por el humectador, al recorrer los conductos van evaporándose. De esta manera, la red de conductos reduce o elimina los niveles de gotas emitidos a las zonas tratadas. Por otro lado, estos equipos pueden disponer de separadores de gotas, reduciendo aún más el riesgo de que los aerosoles lleguen a las zonas tratadas. Los humectadores con emisión a red de conductos de distribución de aire suelen disponer de un sistema automático de aporte de agua.

En muchos casos se instalan incluyendo una bandeja de condensación que recoge el exceso de agua. Esta bandeja de condensación puede estar conectada a un desagüe.

También son muy utilizados los sistemas con recirculación, en los que el agua emitida en exceso es recogida por condensación en una bandeja y una bomba de recirculación vuelve a utilizarla para humectar el aire.

Este tipo de equipos puede sofisticarse y hacerse de tamaño industrial convirtiéndose en Centrales Humidificadoras Industriales, que debido a su importancia y singularidad han sido descritas en el capítulo 5.

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

El diseño de los equipos se determinará en función de las necesidades específicas de la aplicación, dependiendo del tipo de usuario, volumen de la zona a tratar, niveles de temperatura y humedad existentes y deseados, etc. Se deberán considerar al menos los siguientes aspectos:

- Criterios de selección.
- Características técnicas.
 - Materiales.
 - Facilidad de desmontaje para la limpieza completa.
 - Facilidad de desaguado.
 - Calidad del separador de gotas.
 - Conductos.
- Sistemas de desinfección y control de la calidad del agua.

4.1.1 Criterios de selección

Para la selección de un humectador se deberán tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Grado de humedad relativa del aire que se desea obtener.
- Nivel de precisión de control de humedad deseado.
- Niveles termohigrométricos existentes.
- Tipos de instalaciones de refrigeración o calefacción existentes o proyectadas.
- Dimensiones de la zona a tratar.
- Número de usuarios, edades, susceptibilidad de las personas expuestas, etc.
- Calidad del agua de aporte.

Al diseñar un nuevo equipo, tendrán preferencia los sistemas de menor riesgo de proliferación de la bacteria y se intentarán evitar los que acumulen y recirculen agua. Siempre que sea posible se instalarán sistemas de humidificación por inyección de vapor.

4.1.2 Características técnicas

Los humectadores con emisión directa al ambiente son, en general, pequeños aparatos que no requieren instalación y cuya puesta en marcha es muy sencilla. Requieren ser emplazados en el lugar seleccionado, poner agua en el depósito y conectarlos a la energía eléctrica. Las características que debemos exigir son:

- Marcado CE, como garantía de calidad electromecánica.
- Capacidad de humectación acorde con nuestras necesidades.
- Facilidad de desmontaje para su limpieza.

En el diseño o remodelación de humectadores con emisión a red de conductos de distribución de aire se deben considerar los siguientes aspectos:

a) Materiales

Los materiales que se utilicen, y más directamente los que vayan a estar en contacto con el reservorio de agua, no deberían facilitar el crecimiento microbiológico y en lo posible resistir la acción corrosiva del agua.

En humectadores evaporativos no es aconsejable el uso de 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 fibra de vidrio.

b) Facilidad de desmontaje para la limpieza completa

Todos los elementos deben ser fácilmente accesibles para realizar su revisión, mantenimiento, limpieza y desinfección.

c) Facilidad de desaguado

Las balsas, depósitos o bandejas de recogida de agua provistas de drenaje, dispondrán de una pendiente en el fondo adecuada (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 sedimentos, y además deberá disponer de un sifón para evitar la entrada de olores.

d) Calidad del separador de gotas

Los humectadores con emisión a red de conductos de distribución de aire por atomización deberán disponer de separadores de gotas de alta eficacia (ver apartado 4.1.3.d) del capítulo 4 Torres de Refrigeración y Condensadores Evaporativos). En todo caso el aire se introducirá en los locales ocupados generalmente a través de una serie de conductos que minimizan el transporte de las gotas.

e) Conductos

En cuanto al diseño de conductos de aire se deben tener en cuenta las indicaciones de las Normas UNE 100030 y UNE-EN 12097 ya que debe minimizarse el riesgo de condensaciones en el interior de estos conductos y 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 selección del humectador se debe contemplar la necesidad de realizar limpiezas y desinfecciones, previendo, por tanto, todos los elementos que deben formar parte del equipamiento necesario para su realización.

Para el mantenimiento de la calidad físico-química y microbiológica del agua en un humectador se deberán contemplar los siguientes aspectos:

- Control de incrustaciones.
- Control de crecimiento de microorganismos.
- Control de la corrosión.
- Control de sólidos disueltos en el agua.
- Control de sólidos en suspensión.

Dado que los usuarios van a inhalar el aire tratado por el humectador, se deberá tener en consideración que no se pueden adicionar productos químicos al agua del sistema que resulten peligrosos por inhalación para las personas expuestas.

En los sistemas que no disponen de suministro de agua en continuo se valorará la utilización de agua con bajo contenido mineral, que reducirá las necesidades de mantenimiento. En cualquier caso, se debe considerar que la reposición continua del agua favorece la concentración de sales, y por consiguiente el equipo se debe vaciar completamente con cierta periodicidad, según el uso y la calidad del agua.

4.2 Fase de instalación y montaje

Durante la fase de montaje se evitará la entrada de materiales extraños. Los equipos se deben someter 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.

La instalación del separador de gotas es de gran importancia y debe cuidarse la correcta fijación sobre los marcos de soporte de forma que no aparezcan puntos que faciliten el escape de cantidades importantes de agua.

4.3 Fase de vida útil: Mantenimiento de la instalación

4.3.1 Criterios de funcionamiento

La finalidad principal de estos equipos es mantener un grado de humedad determinado en el interior de las estancias. Los niveles de humedad para ocupación humana, deben mantenerse preferiblemente entre el 30% y el 60% (Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo). Un nivel muy adecuado para la mayoría de las personas es del 45%.

En función de las condiciones de humedad y temperatura interiores se producen grandes variaciones en la cantidad de agua a aportar al aire. La variabilidad en el régimen de funcionamiento (volúmenes de agua aportados y horas de funcionamiento) por tanto es muy grande, y debe particularizarse en cada caso.

4.3.2 Revisión

En la revisión de un humectador se comprobará su correcto funcionamiento y su buen estado de conservación y limpieza.

La revisión de todas las partes de un humectador para comprobar su buen funcionamiento, se realizará con la periodicidad establecida en las tabla 3 y 4, según tengan emisión directa al aire o a través de un sistema de conductos.

a) Humectadores con emisión directa al ambiente a ser tratado:

Tabla 3: Periodicidad de las revisiones de humectadores con emisión directa al ambiente tratado

Elemento	Periodicidad
Depósito o bandeja de acumulación de agua: Debe comprobarse que no presenta suciedad general, algas, lodos, corrosión, o incrustaciones. El agua debe estar clara y limpia. En caso de existir sistemas de desinfección se revisara su funcionamiento y estado.	DIARIO
Sistema de generación de humedad: Debe comprobarse mediante inspección visual exterior que no presentan suciedad general, corrosión, o incrustaciones. En humectadores por atomización se verificará que la pulverización sea homogénea. Los discos o filtros de material absorbente en sistemas evaporativos deben de estar correctamente colocados, de forma que no se generen aerosoles. Se verificará que no presenten restos de suciedad, algas, lodos, etc.	MENSUAL

b) Humectadores con emisión a red de conductos de distribución de aire:

Tabla 4: Periodicidad de revisiones de humectadores con emisión a red de conductos de distribución de aire

Elemento de la instalación	Periodicidad
Depósito o bandeja de acumulación de agua: Debe comprobarse que no presenta suciedad general, algas, lodos, corrosión, o incrustaciones. El agua debe estar clara y limpia. En caso de existir sistemas de desinfección se revisará su funcionamiento y estado.	MENSUAL
Pulverizadores: Debe comprobarse mediante inspección visual exterior que no presentan suciedad general, corrosión, o incrustaciones. La pulverización debe ser homogénea.	MENSUAL
Separador de gotas: No debe presentar restos de suciedad, algas o lodos, debe estar correctamente colocado sobre el marco soporte. Dada su importancia, se asegurará su correcta instalación e integridad después de cada limpieza y desinfección.	ANUAL
Conductos de aire: Revisar que se encuentran en buenas condiciones higiénicas y que no presentan zonas húmedas debido a excesos de agua emitida por el humectador. Como referencia puede ser aplicada la norma UNE 100012 Higienización de sistemas de climatización.	ANUAL

En general, se revisará el estado de conservación y limpieza, 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.

En los humectadores con emisión a red de conductos de distribución de aire se revisará también la calidad físico-química y microbiológica del agua del sistema determinando los siguientes parámetros (tabla 5).

Tabla 5: Parámetros de control de calidad del agua

Parámetro	Método de análisis	Periodicidad
EQUIPOS CON RECIRCULACION		
Nivel de biocida (en caso de utilizarse)	Según fabricante.	SEMANTAL
Temperatura	Termómetro de inmersión de lectura directa.	MENSUAL
pH	Medidor de pH de lectura directa o colorimétrico.	SEMANTAL
Recuento total de aerobios	Según norma ISO 6222. Calidad del agua. Enumeración de microorganismos cultivables. Recuento de colonias por siembra en medio de cultivo de agar nutritivo análisis.	SEMESTRAL
Legionella sp	Según Norma ISO 11731 Parte 1. Calidad del agua. Detección y enumeración de <i>Legionella</i> .	ANUAL Aproximadamente 15 días después de la realización de cualquier tipo de limpieza y desinfección.
EQUIPOS SIN RECIRCULACION (excepto agua fría de consumo humano procedente directamente de red, sin acumulación)		
Legionella sp	Según Norma ISO 11731 Parte 1. Calidad del agua. Detección y enumeración de <i>Legionella</i> .	ANUAL Aproximadamente 15 días después de la realización de cualquier tipo de limpieza y desinfección.

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.

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.

4.3.3 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 de humectadores con emisión a red de conductos de distribución de aire

Parámetro	Protocolo de toma de muestras.
Nivel de biocida utilizado	<p>La muestra debe ser representativa de la concentración de biocida en el sistema.</p> <p>Si el sistema dispone de bandeja, la muestra se recogerá directamente de la misma en un punto alejado de la entrada de agua de aporte. Si ésta no existe, 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 y autorizados para este tipo de instalaciones.</p> <p>Cuando por el tipo de biocida utilizado es 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>
pH	Se medirá en el mismo punto que el utilizado para el análisis de biocida.
Temperatura	<p>Directamente de la balsa en un punto alejado de la entrada de agua de aporte.</p> <p>Considerar el valor del parámetro más desfavorable para el algoritmo de determinación del riesgo.</p>
Recuento total de aerobios	<p>Las muestras deberán recogerse en envases estériles, a los que se añadirá el neutralizante adecuado al posible biocida utilizado.</p> <p>Se tomará aproximadamente un litro de agua en un punto del circuito cercano al elemento de aerosolización, Si es preciso, dejar correr previamente el agua unos segundos para garantizar que la muestra tomada sea representativa del circuito.</p>

<i>Legionella sp</i>	<p>Las muestras deberán recogerse en envases estériles, a los que se añadirá el neutralizante adecuado al posible biocida utilizado.</p> <p>El volumen total de muestra recogida deberá ser al menos de 1 litro.</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, 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>Normas de transporte:</p> <p>Para las muestras ambientales (agua), 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 continuado del agua especificados en el artículo 8.2 Real Decreto 865/2003 para las instalaciones de menor probabilidad de proliferación y dispersión de *Legionella*.

4.3.4.2 Limpieza y desinfección de choque

El protocolo de limpieza-desinfección expresado en el anexo 4B del Real Decreto 865/2003 también puede ser válido para los humectadores con recirculación de agua y bandeja de acumulación si se utiliza cloro como desinfectante. 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. En cualquier caso deben tomarse las medidas adecuadas para que las limpiezas o desinfecciones no afecten a los usuarios de la zona tratada, airear el sistema de climatización antes de su reutilización en condiciones normales. En los sistemas que no disponen de recirculación, se realizará mediante la limpieza y desinfección de cada una de las partes desmontables.

Todas las partes desmontables de la instalación, tras su limpieza, se sumergirán en una solución clorada con 20 mg/l de cloro residual libre durante al menos 30 minutos u otro desinfectante autorizado según recomendaciones del fabricante, y tras su aclarado se volverán a montar.

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 o con otro desinfectante autorizado) y posteriormente aclarados.

Los elementos en contacto con el agua que no puedan ser fácilmente desmontados (separador de gotas, filtros, etc.), deberán ser impregnados por pulverización con una solución desinfectante en las mismas condiciones que en el párrafo anterior. Estos tratamientos deben llevarse a cabo con una periodicidad mínima semestral.

4.3.4.3 Limpieza y desinfección en caso de brote

En humectadores con recirculación de agua y bandeja de acumulación se podrá utilizar el protocolo expresado en el anexo 4C del Real Decreto 865/2003 siempre con la indicación de que se use cloro como desinfectante, ya que es el único permitido para estos casos.

En humectadores sin recirculación de agua, utilizando cloro como desinfectante, se procederá tal y como se describe a continuación:

a) 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 sistema 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.
- Los depósitos de agua existentes previos a la pulverización deberán ser vaciados, limpiados y desinfectados (mediante pulverización con solución clorada).

b) 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.
- 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.
- Aclarar con agua limpia y restablecer las condiciones habituales en el sistema.

c) En ambos casos:

- Todas las partes desmontables de la instalación, tras su limpieza, se sumergirán en una solución clorada con 20 mg/l de cloro residual libre durante al menos 30 minutos, tras su aclarado se volverán a montar.
- Los elementos en contacto con el agua que no puedan ser fácilmente desmontados (separador de gotas, filtros, etc.), deberán ser impregnados por pulverización con una solución clorada en las mismas condiciones que en el párrafo anterior.

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 las mismas.

Tabla 7: Acciones correctoras en función del parámetro

Parámetro	Valor de referencia	Actuación correctora en caso de incumplimiento
Nivel de biocida	Según fabricante	Según fabricante.
Temperatura	Según condiciones de funcionamiento	No aplicable.
pH	6,5-9,0	Se valorará este parámetro a fin de ajustar la dosis de cloro (sólo en desinfecciones de choque o brote) a utilizar (UNE 100030) o de cualquier otro biocida.
Presencia de aerobios totales	> 10000 Ufc/ml	Se revisará el programa de mantenimiento, a fin de establecer acciones correctoras. Realizar una limpieza y desinfección de choque. Confirmar el recuento, a los 15 días analizando también <i>Legionella sp.</i> Si se mantiene superior al valor indicado realizar una limpieza y desinfección en caso de brote. Confirmar el recuento de nuevo a los 15 días.
<i>Legionella sp</i>	Presencia (*)	Parar el funcionamiento de la instalación, vaciar el sistema en su caso. ≤ 1000 Ufc/L. 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. > 1000 Ufc/L. Limpiar y realizar un tratamiento en caso de brote de acuerdo con lo indicado en la sección 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 las boquillas pulverizadoras y favorecen el crecimiento microbiano. Se debe, por tanto, establecer un régimen de purgas que garantice la ausencia de materia decantada en la bandeja de condensación.

4.3.7 Descripción de registros asociados a las instalaciones

Se dispondrá en estas instalaciones de un Registro de Mantenimiento donde se deberán indicar:

- Esquema señalizado 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.
- Certificados de limpieza y si es preciso de desinfección.
- Resultado 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 humectador de aire es variable y depende de múltiples factores específicos relacionados con la ubicación, tipo de uso, estado, etc.

Los humectadores de vapor no representan riesgo frente a *Legionella*.

5.1 Criterios para 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 que figuran a continuación permiten determinar los factores de riesgo asociados a cada instalación.

Estas contienen información sobre 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 aplicar 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 pero que 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
Procedencia del agua	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.
Acumulación previa	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.
Recirculación	Sistema sin recirculación.	Sistema con recirculación -El agua de recirculación se renueva totalmente en menos de 24 horas.	Estudiar la viabilidad de usar sistema sin recirculación, o disminuir el volumen del agua almacenada para recirculación.	Sistema con recirculación. El agua de recirculación no se renueva totalmente en menos de 24 horas.	Estudiar la viabilidad de usar sistemas sin recirculación, o disminuir el volumen de agua almacenada para recirculación.
Materiales	Materiales plásticos y metálicos que resistan la acción agresiva del agua y no favorezcan el desarrollo de microorganismos.	Hormigón y materiales metálicos que favorecen oquedades y productos de la corrosión en el agua circulante.	Sustitución y recubrimiento de materiales.	Celulosa y materiales que favorezcan el crecimiento fúngico y/o bacteriano.	Sustitución de materiales.
Separador de gotas	Existe un separador de gotas de alta eficacia.	Existe un separador de gotas de baja eficacia.	Instalar sistema de retención de gotas de alta eficacia.	No existe separador de gotas. Esta es la situación habitual para instalaciones de emisión directa a local.	Instalar separador de gotas si es aplicable.
Longitud de los conductos de aire	Conductos de aire de impulsión de recorrido largo sin acumulación de gotas por decantación.	Conductos de aire de impulsión con recorrido largo con acumulación de gotas por decantación.	Evitar acumulaciones de agua.	Conductos de aire de impulsión con recorrido corto o no existente y con acumulación de gotas por decantación.	Evitar acumulaciones de agua.

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
Tratamientos de desinfección	Existen tratamientos desinfectantes funcionando correctamente.	Existen tratamientos desinfectantes pero no funcionan correctamente.	Realizar un tratamiento adecuado del agua.	No se emplean tratamientos desinfectantes.	Realizar un tratamiento adecuado del agua.
Parámetros microbiológicos <i>Legionella sp</i>	Ausencia.	100 – 1000 Ufc/L.	Según criterio de valoración de resultados.	> 1000 Ufc/L.	Según criterio de valoración de resultados.
Parámetros microbiológicos Aerobios totales	< 10000 Ufc/ml.	10000 – 100000 Ufc/ml.	Según criterio de valoración de resultados.	> 100000 Ufc/ml.	Según criterio de valoración de resultados.
Estado higiénico de la instalación	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.
Estado mecánico de la instalación	Buen estado de conservación. Sin restos de corrosión ni incrustación.	Algunos elementos presentan corrosión y/o incrustación.	Realizar un tratamiento adecuado del agua. Sustituir los elementos con corrosión. Realizar desincrustación de las partes afectadas	Mal estado general de conservación. Corrosión e incrustación generalizadas.	Realizar un tratamiento adecuado del agua. Sustituir elementos con corrosión. Utilizar materiales adecuados. Realizar desincrustación.

Tabla 10. Evaluación del riesgo operacional de la instalación

Factores de riesgo operacional	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 el sistema	≤ 24 h.	> 24 h- 48 h.	Aumentar el régimen de purgas / vaciados.	≥ 48 h.	Aumentar el régimen de purgas / vaciados.

Tabla 11. Índice global

RIESGO ESTRUCTURAL	Bajo	Medio	Alto
Procedencia del agua	0	10	20
Existencia de acumulación previa	0	6	12
Existencia de recirculación	0	13	26
Materiales	0	5	10
Sistema de retención gotas	0	11	22
Conductos de aire	0	5	10
TOTAL: Índice Estructural (IE)		50	100

RIESGO DE MANTENIMIENTO	Bajo	Medio	Alto
Tratamientos de desinfección	0	7	14
Parámetros microbiológicos <i>Legionella sp</i>	0	20	40
Parámetros microbiológicos Aerobios totales	0	8	16
Estado higiénico de la instalación	0	10	20
Estado mecánico de la instalación	0	5	10
TOTAL: Índice Mantenimiento (IM)		50	100

RIESGO DE OPERACIÓN	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 el sistema (la acumulación previa no se considera parte del sistema)	0	20	40
TOTAL: Índice Operación (IO)		50	100

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

INDICE GLOBAL: $0,30 * IE + 0,60 * IM + 0,1 * IO$

5.2 Valoración del índice global

INDICE GLOBAL < 60

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

$60 \leq \text{INDICE GLOBAL} \leq 80$

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 8, 9 y 10.

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.

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 evaluación del riesgo de una instalación

Consideremos una instalación con las características que se describen en las tablas 12,13 y 14.

Tabla 12. Ejemplo de evaluación del riesgo estructural

FACTORES DE RIESGO ESTRUCTURAL	SITUACIÓN ACTUAL	FACTOR
Procedencia del agua	Agua fría de consumo humano.	BAJO
Acumulación previa	Acumulación previa en depósito que no se renueva totalmente en menos de 24 horas ($V= 8m^3$).	ALTO
Existencia de recirculación	Sistema con recirculación, que no se renueva totalmente en menos de 48 horas.	ALTO
Materiales	Balsa de recirculación de hormigón conducciones de acero al carbono.	MEDIO
Sistema de retención de gotas	No existe separador de gotas.	ALTO
Conductos de aire	Conductos de aire de impulsión con recorridos cortos o no existentes.	ALTO

Tabla 13. Ejemplo de evaluación del riesgo de mantenimiento

FACTORES DE RIESGO MANTENIMIENTO	SITUACIÓN ACTUAL	FACTOR
Tratamientos de desinfección	No se emplean tratamientos desinfectantes.	ALTO
Parámetros microbiológicos: <i>Legionella sp</i>	Controles analíticos de <i>Legionella sp</i> durante los últimos 24 meses Ausencia.	BAJO
Parámetros microbiológicos: Aerobios totales	Controles analíticos Aerobios totales durante los 24 últimos meses: 50000 Ufc/ml.	MEDIO
Estado higiénico	La instalación presenta biocapa y suciedad visible generalizada.	ALTO
Estado mecánico	Mal estado general de conservación. Corrosión e incrustación generalizadas.	ALTO

Tabla 14. Ejemplo de evaluación del riesgo operacional

FACTORES DE RIESGO OPERACIÓN	SITUACIÓN ACTUAL	FACTOR
Temperatura del agua de aporte	27 °C.	MEDIO
Temperatura del agua en el sistema	29 °C.	MEDIO
Tiempo de residencia del agua en el sistema (la acumulación previa no se considera parte del sistema)	36 horas.	MEDIO

A partir de estos factores se calcularía el índice global tal y como se muestra en las 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	BAJO	0
Acumulación previa	ALTO	12
Existencia de recirculación	ALTO	26
Materiales	MEDIO	5
Sistema de retención de gotas	ALTO	22
Conductos de aire	ALTO	10
TOTAL: Índice Estructural (IE)		75

Tabla 16. Índice de mantenimiento

Mantenimiento	FACTOR	VALOR
Tratamientos de desinfección	ALTO	14
Parámetros microbiológicos: <i>Legionella sp</i>	BAJO	0
Parámetros microbiológicos: Aerobios totales	MEDIO	8
Estado higiénico	ALTO	20
Estado mecánico	ALTO	10
TOTAL: Índice Mantenimiento (IM)		52

Tabla 17. Índice operacional

Operación	FACTOR	VALOR
Temperatura del agua de aporte	MEDIO	10
Temperatura del agua en el sistema	MEDIO	20
Tiempo de residencia del agua en el sistema (la acumulación previa no se considera parte del sistema)	MEDIO	20
TOTAL: Índice Operación (IO)		50

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

INDICE GLOBAL = $0,3*75+0,6*52+0,1*50$	58,7
--	-------------

El Índice Global está por debajo de 60, por lo que no se requieren acciones correctoras para reducirlo. No obstante, tal como se expuso anteriormente, el Índice de mantenimiento considerado por separado debe ser siempre ≤ 50 . En este caso el Índice es 52 por lo que sería necesario actuar en este apartado.

Las acciones correctoras deberían estar encaminadas a reducir preferentemente el número de factores “ALTO”, potenciando el mantenimiento de la instalación, ya que suponen un claro incumplimiento de las especificaciones del Real Decreto 865/2003.

Se realizan las acciones correctas expuestas en la tabla 18. Hay que tener en cuenta que a veces no es posible actuar contra todos los factores.

Tabla 18. Factores de riesgo de mantenimiento con acción correctora

FACTORES DE RIESGO MANTENIMIENTO	SITUACIÓN ACTUAL	ACCION CORRECTORA	FACTOR (con acción correctora)
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
Estado mecánico	Mal estado general de conservación. Corrosión e incrustación generalizadas.	Se sustituyen los elementos afectados y se realiza un tratamiento para evitar que pueda producirse los problemas de nuevo.	BAJO

Una vez realizadas las correcciones el Índice de mantenimiento queda como se muestra en la tabla 19.

Tabla 19. Índice de riesgo de mantenimiento corregido

FACTORES DE RIESGO DE MANTENIMIENTO	FACTOR		VALOR	
	Anterior	Con acción correctora	Anterior	Con acción correctora
Tratamientos de desinfección	ALTO	ALTO	14	14
Parámetros microbiológicos: <i>Legionella sp</i>	BAJO	BAJO	0	0
Parámetros microbiológicos: Aerobios totales	MEDIO	MEDIO	8	8
Estado higiénico	ALTO	BAJO	20	0
Estado mecánico	ALTO	BAJO	10	0
Total: Índice Mantenimiento (IM)			52	22

El nuevo Índice de Mantenimiento es ≤ 50 , por lo que no es preciso implementar más acciones correctoras, el índice global pasa a ser:

ÍNDICE GLOBAL = $0,3 \cdot 75 + 0,6 \cdot 22 + 0,1 \cdot 50$	40,7
--	-------------

Con la aplicación de las medidas correctoras se ha conseguido reducir el Índice de mantenimiento por debajo del valor 50, obteniéndose, por otro lado, un Índice Global inferior a 60, por lo que no es preciso aumentar las acciones correctoras. No obstante, sería aconsejable plantearse la realización de otras acciones correctoras para rebajar el índice estructural que reducirían el Índice Global, como por ejemplo disminuir el volumen de acumulación previa e instalar un sistema de retención de gotas, lo cual permitiría alcanzar un índice estructural de 41 y un índice global de 30,5.

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 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	Lavado manual de los filtros
	Vaciado y limpieza del depósito previo
	Vaciado y limpieza de la balsa de recirculación
Protocolo seguido	

III - OPERACIONES DE DESINFECCIÓN

FECHA			
Tipo de operación		Desinfección de choque	
		Desinfección en caso de brote	
Producto utilizado	Nombre:		
	Nº de registro:		
Dosis aplicada			
Tiempo de actuación			
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
		≥ 1000 Ufc/L	.....
Otros controles analíticos		