

# LA LEGIONELOSIS Y LOS SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN.

Autor: Plá, F. J.

## SEGUNDA PARTE:

### 5. ALGUNOS DISPOSITIVOS QUE PUEDEN CAUSAR LEGIONELOSIS: FUNCIONAMIENTO Y TIPOS.

#### 5.1. Torres de recuperación:

##### 5.1.1. Torres de Refrigeración de Impulsión.

##### 5.1.2 Torres de Recuperación de Inducción.

#### 5.2. Condensadores evaporativos.

#### 5.3. Equipos de enfriamiento evaporativos y humectadores.

### 6. CONTAMINACIÓN BIOLÓGICA.

#### 6.1. El ensuciamiento biológico.

#### 6.2. Motivo del ensuciamiento biológico.

#### 6.3. Control del ensuciamiento biológico.

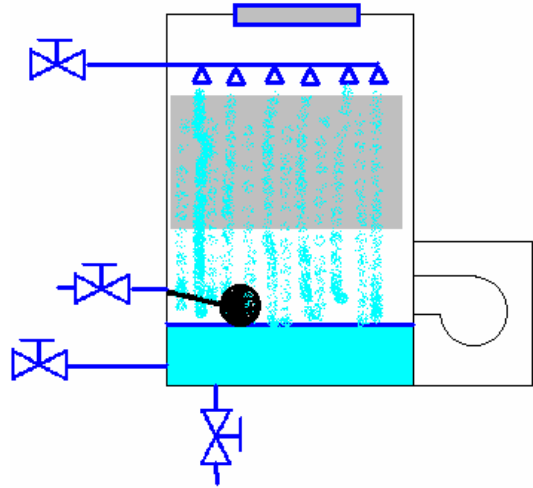
#### 6.4. La Legionella.

### 5. ALGUNOS DISPOSITIVOS QUE PUEDEN CAUSAR LEGIONELOSIS: FUNCIONAMIENTO Y TIPOS.

Los equipos o instalaciones que pueden causar legionelosis son muy específicos. Esta guía se centra exclusivamente en las instalaciones objeto del DECRETO 173/2000, de 5 de diciembre, del gobierno Valenciano por la que se establecen las condiciones higiénico-sanitarias que deben reunir los equipos de transferencia de masa de agua en corriente de aire con producción de aerosoles, para la prevención de la legionelosis (DOGV nº 3893 de 07.12.2000). Este Decreto es de aplicación en torres de refrigeración, condensadores evaporativos, equipos de enfriamiento evaporativos, humectadores y otras instalaciones que generen aerosoles que afecten a ambientes exteriores e interiores.

## 5.1. TORRES DE RECUPERACIÓN.

En los sistemas de climatización y en ciertos procesos Industriales (plantas enfriadoras de agua, refrigeración de motores diesel, alternadores, maquinaria industrial etc.) se genera gran cantidad de calor que hay que disipar al ambiente, pudiéndose utilizar aire o agua para la refrigeración del sistema. Como la capacidad calorífica así como el coeficiente de transmisión de calor del agua es mayor que el aire, cuando los equipos poseen una potencia considerable, se refrigera con agua. Sin embargo, supondría graves pérdidas medioambientales y económicas desechar el agua calentada en estos sistemas. Una alternativa que permite ahorrar agua y reducir los costes económicos consiste en enfriar el agua mediante una torre de recuperación, y reutilizarla de nuevo en circuito cerrado. Las torres de recuperación son, por lo tanto, dispositivos cuya función es la de enfriar agua.



Las torres de refrigeración reciben agua a una temperatura elevada (entre 25 y 40 °C generalmente) y producen la evaporación de una parte de la misma, devolviendo el resto, una vez enfriada, al circuito. El principio físico en el que se basa el funcionamiento se denomina enfriamiento evaporativos y es el mismo que el del tradicional botijo.

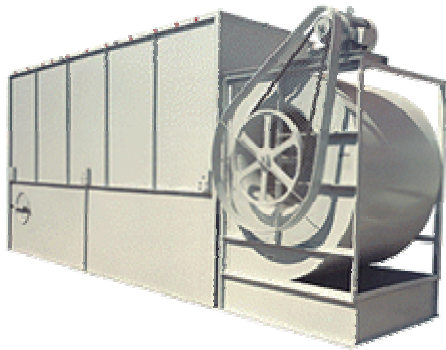
En las torres de refrigeración y con el fin de conseguir la evaporación, se crea habitualmente una fuerte corriente de aire mediante el empleo de ventiladores axiales o centrífugos. Esta corriente de aire se dirige en dirección contraria a la del agua (contracorriente)

El diseño más extendido de torres de refrigeración es aquel en el que el agua más caliente es pulverizada desde la parte superior y la corriente de aire discurre en sentido contrario, de abajo hacia arriba. Para conseguir una mayor eficacia en estos aparatos se emplea un entramado en su interior, denominado relleno, cuyo fin es el de aumentar la superficie de contacto entre el agua y el aire. Con el fin de evitar que se produzcan pérdidas de agua al arrastrarse gran cantidad de gotitas por la corriente de aire, se emplea un dispositivo denominado separador de gotas, situado a la salida de la corriente de aire. En la parte inferior se sitúa una bandeja cuya misión es la de recoger todo el agua que cae, una vez enfriada.

En la bandeja se instala un flotador o boya, similar al de una cisterna de inodoro, por el que se añade el agua perdida, regulando el nivel del agua, de tal forma que permite la entrada de agua de renovación a medida que se producen pérdidas en el circuito.

Estas pérdidas producidas en forma de microgotas son diseminadas al aire, pudiendo ser captadas por las aspiraciones de aire de los ventiladores del climatizador ( toma de aire exterior), pudiendo así ser introducidas en el interior del edificio por los conductos. Evidentemente si la torre de recuperación se halla alejada de la toma de aire exterior del climatizador, el riesgo de contaminar el edificio disminuye considerablemente. Recordemos que, en el caso de que uno de estos sistemas esté contaminado por *Legionella*, el 75% de las partículas del bioaerosol son respirables, y que se pueden transportar eficazmente hasta distancias de 1.6 Km

Como se ha descrito, en el interior de las torres de refrigeración se crea una corriente de aire mediante el empleo de ventiladores. Según el diseño de la torre, el ventilador puede ocupar dos posiciones diferentes, dando lugar a dos tipos de torres de refrigeración:



### 5.1.1. Torres de Refrigeración de Impulsión.

Son aquellas en las que el ventilador fuerza la entrada de aire en el interior de la torre. Existe en el interior una situación de sobrepresión. La turbina está situada en el punto de aspiración del aire, es decir "la entrada" (físicamente el ventilador está situado en la parte inferior de la torre).

### 5.1.2 Torres de Recuperación de Inducción.

Son aquellas en las que el ventilador fuerza la salida de aire del interior de la torre de refrigeración. Existe en el interior una situación de vacío. Un ventilador está situado en el punto de emisión de aire, es decir "la salida" (físicamente el ventilador está en la parte superior de la torre).

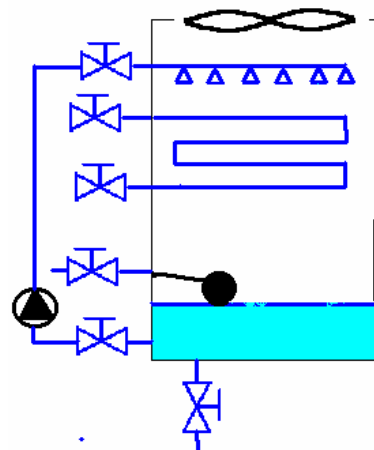


## 5.2. CONDENSADORES EVAPORATIVOS.

Los condensadores evaporativos son similares en estructura y función a las torres de refrigeración. En este caso el agua pulverizada cae directamente sobre un serpentín de tubo que contiene líquido refrigerante. La evaporación del agua que provoca la corriente de aire que asciende, produce el enfriamiento de ésta y, en consecuencia, el enfriamiento del líquido refrigerante.

Como en el caso anterior la corriente de aire arrastra gran cantidad de gotitas que salen al exterior a través del separador de gotas y el agua que cae se recoge en una bandeja, donde se instala también un dispositivo que regula el aporte de agua de renovación.

En el contenido restante de estos apuntes, mientras no se indique otra cosa, se entenderá por torres de refrigeración tanto a las torres propiamente dichas como a los condensadores evaporativos.



### 5.3. EQUIPOS DE ENFRIAMIENTO EVAPORATIVOS Y HUMECTADORES.

Los aparatos de enfriamiento evaporativos son dispositivos para enfriar el aire exterior que se envía a los locales que se pretende acondicionar, siendo su uso frecuente en países de clima caluroso y seco.

Los humectadores son aparatos que sirven para mantener la humedad relativa de los locales dentro de ciertos límites, para el bienestar de las personas o por necesidad de un proceso industrial. En las industrias textiles, por ejemplo, es necesario mantener un ambiente húmedo. De ahí la gran proliferación en zonas de industria textil.

El funcionamiento de ambas clases de aparatos es similar, diferenciándose dos tipos principales

- Por pulverización de agua en una corriente de aire.
- Por contacto entre una corriente de aire y una superficie mojada de gran extensión-

En el caso de los dispositivos por pulverización de agua, ésta se realiza de forma mecánica, neumática o por ultrasonidos, generándose aerosoles que llegan a los locales a acondicionar.

Si el dispositivo es por contacto entre una corriente de aire y una superficie mojada, se generan menos aerosoles, limitándose éstos a los que se producen por las turbulencias de aire a su paso por el relleno mojado o en contacto con la lámina de agua de la bandeja. El riesgo para la salud es menor que en los aparatos de pulverización.

En ambos tipos, los aerosoles pueden llegar a los locales o industrias a acondicionar, bien directamente o embocando el equipo a una red de conductos. Si lo hacen a través de una red de conductos, éstos retienen parte de los aerosoles, ya que las paredes actúan a modo de separadores de gotas principalmente en los cambios de dirección y en las derivaciones. Por lo tanto, los equipos de enfriamiento evaporativos y humectadores de mayor riesgo son aquellos que pulverizan agua y lo hacen directamente en los locales a acondicionar.

Los equipos de enfriamiento evaporativos y humectadores en los que no se produce recirculación del agua, y que por tanto trabajan a "agua perdida" no entrañan riesgo apreciable de multiplicación de la legionella, ya que no se producen las condiciones óptimas para el crecimiento de esta bacteria

## 6. CONTAMINACION BIOLÓGICA.



### 6.1. EL ENSUCIAMIENTO BIOLÓGICO.

Los sistemas por los que se recircula agua son, en potencia, sitios en los que se pueden dar condiciones ideales de incubación y por tanto donde se puede promover el crecimiento de los microorganismos. Normalmente en ellos el agua está: saturada de oxígeno, expuesta a la luz solar, con una temperatura que oscila entre los 30 y los 60°C, y con un pH entre 6 y 9, lo que asegura nutrientes abundantes y un entorno

apropiado para el mantenimiento de la vida microbiana. Aunque en algunos sistemas de agua en recirculación estas condiciones se cumplen solo de forma parcial, sin embargo, se observa también en ellos la presencia de microorganismos; algunos de los cuales pueden desarrollarse en condiciones mucho más adversas que las mencionadas anteriormente. Por lo tanto se puede afirmar que el ensuciamiento biológico, es decir la formación de biocapas de microorganismos,



es un hecho que tiene lugar de manera natural en los sistemas de recirculación de agua no tratados.

Los efectos de este crecimiento microbiano pueden llegar a ser muy importantes. El ensuciamiento biológico puede interferir en el flujo de agua que circula a través de los intercambiadores de calor y en las conducciones, con lo que se dificulta la transferencia de calor y se puede incentivar la corrosión y deterioro de los sistemas.

## **6.2. MOTIVO DEL ENSUCIAMIENTO BIOLÓGICO.**

*Una de las fuentes más importantes contaminación biológica es el abastecimiento de agua aportada al sistema. Otro camino de ensuciamiento, sobre todo en sistemas de refrigeración con una torre, es el aire. Las torres de refrigeración actúan como grandes limpiadoras del aire, y el agua es bastante efectiva para capturar polvo, microorganismos y otros residuos. Estos pueden llegar a cambiar las características del agua y a favorecer las condiciones de crecimiento de los diferentes microorganismos, tanto los que llegaron al sistema a través del agua de alimentación como los captados del aire. Otra de las posibles causas del crecimiento biológico son las fugas de fluidos del proceso en la corriente de agua, éstos pueden aportar nutrientes para la alimentación de los microorganismos presentes en el agua.*

La presencia de depósitos, de todo tipo, facilita la proliferación de los microorganismos. Por lo que la suciedad, en general, es un factor determinante en el aumento del ensuciamiento biológico.

## **6.3. CONTROL DEL ENSUCIAMIENTO BIOLÓGICO.**

El estudio y planificación de un control efectivo de la población microbiana en un proceso específico de tratamiento del agua, requiere un examen de los tipos de organismos presentes en el sistema y de los problemas asociados que pueden provocar.

Cada grupo de microorganismos tiene su ambiente preferido y se desarrolla en áreas específicas de un sistema de agua. Su ubicación y su aspecto pueden indicar, con bastante acierto, el tipo de organismo del que se trata.

*Prácticamente en todos los procesos de tratamiento de agua se detecta la presencia de microorganismos. En algunos casos se desea su presencia y se aprovecha su actividad para obtener un beneficio industrial, el ejemplo más conocido de ello son los diferentes tipos de plantas de depuración biológica de las aguas residuales conteniendo materia orgánica. Los microorganismos la utilizan como alimento y la destruyen. La masa biológica de microorganismos se separa por decantación y filtración y el agua efluente de la planta tiene*



***un contenido de polución orgánica extremadamente reducido en comparación con la del caudal que entra. Se aplica un último paso de desinfección y, normalmente, el agua ya está en condiciones de ser vertida al río, o al mar, sin peligro de contaminación. Hay muchos otros procesos industriales en los que se aprovecha la actividad de los microorganismos, como p.ej. en las fermentaciones (fabricación de pan, bebidas, maduración de alimentos en general, fabricación de ácido acético o láctico, etc.), en todos aquellos procesos en los que intervienen los enzimas microbianos y, en general, en todos los procesos de tipo biotecnológico.***

Sin embargo los microorganismos son perjudiciales en la mayor parte de los sistemas, Muy a menudo en estos casos la eliminación completa es excesivamente costosa, impracticable y no siempre necesaria. Normalmente se trata el agua de refrigeración para controlar las poblaciones microbianas. Estas poblaciones se mantienen dentro de niveles que, de acuerdo con la experiencia, el sistema pueda tolerar, sin llegar a una esterilización completa. El crecimiento biológico en los circuitos de refrigeración sigue una evolución exponencial, es decir con un pequeño crecimiento cuando el circuito esta libre de contaminación pero con una gran proliferación cuando la cantidad de microorganismos empieza a ser alta. Es por ello muy importante mantener la población de microorganismos por debajo de un nivel umbral para evitar problemas de difícil solución, o hasta incluso irreversibles. Se pretende asegurar unas condiciones en las que el crecimiento exponencial de los microorganismos sea casi imperceptible y se evite el problema del ensuciamiento biológico de los sistemas de refrigeración.

La utilización de métodos físicos para el control de la población de microorganismos es muy limitado. La elevación de la temperatura del agua permite eliminar los microorganismos pero en sistemas de refrigeración no es aplicable, la disminución de la temperatura no es un método efectivo pues los microorganismos solo se vuelven inactivos sin llegar a morir (además el coste del proceso sería prohibitivo). Existe la posibilidad de utilizar radiaciones, la mas adecuada sería la ultravioleta, pero esta radiación tiene poco poder de penetración y requiere un agua muy limpia, este sistema se utiliza en algunos casos para aguas potables después de su clarificación y filtración. Un método químico, posible en teoría, sería la modificación del pH, pero su campo de aplicación es muy limitado. Elevar el pH por encima de 8 dificulta la proliferación bacteriana pero difícilmente podría garantizar la esterilidad del circuito ya que existen algunos microorganismos capaces de crecer en condiciones muy adversas. Se puede encontrar vida microbiana en un amplio intervalo de pH.

***El mejor sistema para controlar la población de microorganismos es la dosificación de biocidas en los circuitos de refrigeración de agua. Hay muchos tipos de biocidas, pero los mas utilizados se pueden dividir en dos grandes grupos: los oxidantes y los no oxidantes. Su utilización permite controlar las poblaciones de microorganismos. En función del tipo de instalación y de la contaminación biológica presente, se utilizará un tipo de biocida u otro. En cada caso concreto se deberá realizar un estudio para determinar el mejor tratamiento posible.***

#### **6.4. LA LEGIONELLA.**

***La Legionella es una bacteria, que en algunos casos puede ser extraordinariamente dañina, de tipo gram negativa, delgada y redondeada por los extremos, de unos 0,5-0,7  $\mu$  de ancho y de 2 a 20  $\mu$  de largo. Esta bacteria crece mejor en condiciones aerobias, pero tolera ambientes casi anaerobios. Tiene unos requerimientos nutritivos complejos, incluyendo un***

***requerimiento inusual de concentraciones elevadas de hierro (2). A pesar de todo es capaz de sobrevivir en un amplio rango de condiciones físico-químicas (pH, temperatura, conductividad, etc.).***

La Legionella se encuentra muy extendida en fuentes naturales de agua (ríos, lagos, etc.). Desde estos depósitos naturales esta bacteria pasa a colonizar los sistemas de abastecimiento de las ciudades y, a través de la red de distribución se incorpora a todas aquellas instalaciones que requieren la utilización de agua para su funcionamiento. Algunos ejemplos de instalaciones serían: torren de refrigeración, condensadores evaporativos, humidificadores, sistemas de agua caliente sanitaria, piscinas y en general, todos los componentes de los sistemas de aire acondicionado que estén sucios y en presencia de un elevado grado de humedad. En estas instalaciones se produce un estancamiento del agua y la acumulación de productos que sirven de sustrato para la Legionella. Las incrustaciones, los materiales de corrosión, las biocapas de microorganismos, los lodos y la materia orgánica que se encuentran en los tanques y las tuberías de los sistemas de refrigeración facilitan la presencia de Legionella, pues son una fuente de alimentación y de protección para las mismas, lo cual facilita que se puedan llegar a alcanzar concentraciones dañinas para las personas. La temperatura que se alcanza en las instalaciones también es un factor determinante para la proliferación de este microorganismo. Estas instalaciones actúan como amplificadores y propagadores de esta bacteria, pues son capaces de dispersar en el aire esta agua contaminada en forma de aerosoles.

Los sistemas de agua caliente sanitaria y las torres de refrigeración han sido las instalaciones que con mayor frecuencia se han identificado como fuentes de infección. En el mes de Noviembre de 1996 la prensa diaria informó de un brote de legionelosis en el Hospital Miquel Servet de Zaragoza y entre Septiembre y Octubre de 1996 informó de otro brote de legionelosis en Alcalá de Henares. También durante el mes de Diciembre la prensa diaria informó de la presencia de Legionella en el Palacio de Buckingham, residencia de la reina de Inglaterra.

La presencia de Legionella en un sistema no es suficiente para que se produzca infección en las personas. Para que esta tenga lugar se tienen que producir las siguientes condiciones:

1. El microorganismo tiene que tener vía de entrada al sistema de agua.
2. Las condiciones ambientales (presencia de materia orgánica, temperatura) han de ser propicias para llegar a un número de microorganismos suficientes para ser dañinos.
3. Que haya una dispersión de los microorganismos en el ambiente a través de los aerosoles que se forman a partir del agua del sistema.
4. Que la cepa microbiana sea virulenta para las personas.
5. Que el aerosol conteniendo cantidad suficiente de organismos vivos, alcance a individuos susceptibles.
- 6.

***Los puntos en los que se puede incidir para la prevención y control de Legionella son el 2 y el 3. En algunos países se han elaborado normas para el diseño y explotación de instalaciones con objeto de reducir al máximo el desarrollo y proliferación de Legionella y la formación de aerosoles, y por lo tanto la posibilidad de infección para las personas se reduce drásticamente (4)***