

CONTROL DE LEGIONELA EN BUQUES: RETOS Y PERSPECTIVAS

Sonsoles FUENTES GUTIÉRREZ



Introducción



A reciente pandemia del COVID-19 ha puesto de relieve la importancia de la salud pública no sólo en la protección y la promoción de la salud en las Fuerzas Armadas, sino también en su capacidad operativa.

Desde el primer brote documentado durante la 58.º Convención de la Legión Americana en 1976, que provocó la muerte de 34 personas, la legionelosis ha supuesto un reto para la salud pública (1). Según el European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC), más de 11.000 casos se reportaron en Europa durante el año 2019, de los cuales un 13 por 100 fueron localizados en España. Dentro del ámbito del Ministerio de Defensa, cabe destacar los brotes producidos en 1986 en la Residencia Militar «Castillejos» de Zaragoza y en 2016 en la Residencia Logística Militar «Gravelinas» en Badajoz. En la Armada, uno de los más recientes fue el declarado en el buque de acción marítima *Rayo* en 2019.

Existen principalmente dos formas clínicas de esta afección: la infección pulmonar o enfermedad del legionario y la forma no neumónica o fiebre de Pontiac. La primera produce el cuadro más grave, caracterizado por una

(1) Durante la Convención de la Legión Americana en el Hotel Bellevue (Filadelfia) en julio de 1976, 221 de sus miembros se vieron afectados por una neumonía inespecífica, que la prensa de la época bautizó como «enfermedad del legionario». Posteriormente, el Centro para el Control y Prevención de enfermedades (CDC) descubrió que fue causada por una bacteria presente en los sistemas de refrigeración del edificio.

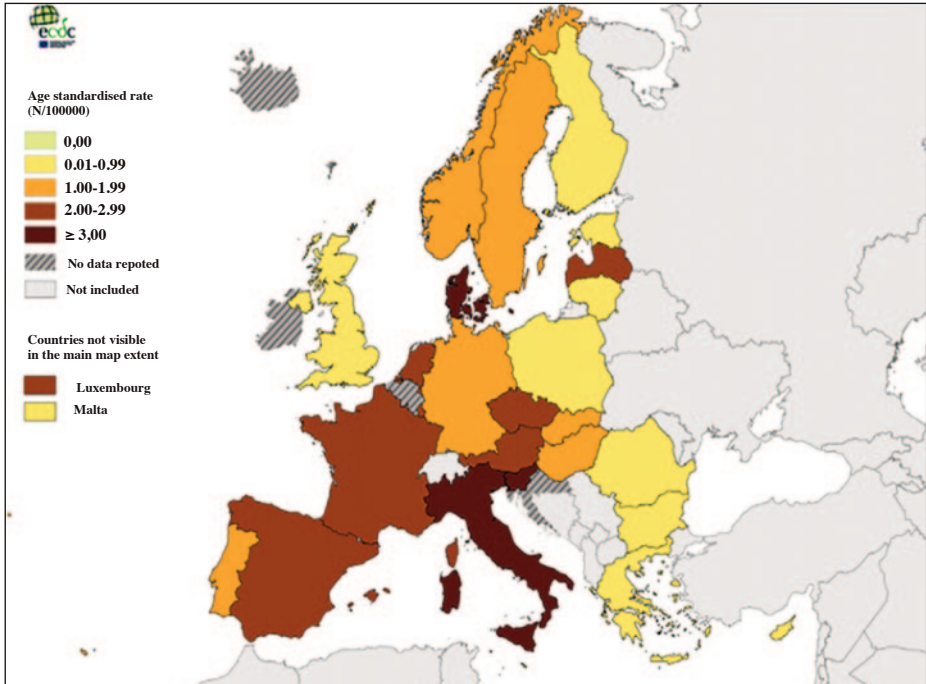


Figura 1. Número de casos de legionelosis por 100.000 habitantes durante 2019. (Fuente: «Legionnaires' disease. Annual Epidemiological Report for 2019» (ECDC). AER Legionnaires 2019) (europa.eu)

neumonía con fiebre alta que puede afectar a distintos órganos y con una letalidad que oscila entre el 15-30 por 100. Por otro lado, la fiebre de Pontiac es un síndrome febril agudo autolimitante, sin neumonía, acompañado de tos, dolor torácico, diarrea y confusión, que finaliza de manera espontánea en dos a cinco días; esta forma tiene un pronóstico leve y es la más frecuente, constituyendo alrededor del 95 por 100 de los casos reportados.

La bacteria responsable de ambas enfermedades clínicas es la *Legionella spp* (2), siendo en concreto la especie *Legionella pneumophilla* la responsable del 90 por 100 de las infecciones. Es una bacteria ambiental, cuyo reservorio natural son fuentes de agua dulce, como ríos, lagos o estanques, desde donde coloniza las redes de abastecimiento de agua para contaminar los sistemas sanitarios u otros que requieran agua para su funcionamiento, como torres de

(2) Se han descrito 48 especies de legionela con más de 70 serogrupos, siendo los que más frecuentemente producen enfermedad los serogrupos 1, 2 y 4 de *Legionella pneumophila*.

refrigeración, sistemas contra incendios, etc. Las características de estas instalaciones, principalmente el estancamiento y la presencia de biocapa (formada por la acumulación de materia orgánica, material de corrosión y microorganismos como amebas, protozoos y algas), junto con temperaturas óptimas de proliferación (entre 25 y 45° C), multiplican la carga bacteriana en la red hasta concentraciones infectantes. La transmisión final al ser humano se produce por vía aérea mediante la inhalación de aerosoles o gotitas respirables (menores de 5 µm) de agua procedentes de redes contaminadas.

En la tabla 1 se describen las condiciones que favorecen el desarrollo de legionela en las instalaciones. Un factor fundamental es la temperatura, ya que la bacteria se encuentra en estado latente a temperaturas inferiores a 20° C; entre 20° y 50° se produce su multiplicación, siendo la temperatura óptima de crecimiento alrededor de los 35°; por encima de 50° se detiene su multiplicación, destruyéndose a temperaturas superiores a 70° C.

Temperatura	Con rango entre 25 y 45° C. Mayor entre 35 y 37° C
Estancamiento agua	Existencia de zonas muertas, baja velocidad de circulación
Calidad del agua	Presencia de nutrientes, depósito de sólidos en suspensión, conductividad, turbidez, etc.
Tipo de superficie en contacto con el agua	Tipo de material (celulosa, madera, etc.), rugosidad, depósitos cálcicos, corrosión
Depósitos biológicos (biocapa)	Protozoos, algas, bacterias

Tabla 1. Condiciones que favorecen el desarrollo de legionela en instalaciones. (Fuente: elaboración propia)

En vista de las características descritas en la tabla, los buques, y concretamente los de la Armada, son instalaciones con especificidades que favorecen el desarrollo y la proliferación de legionela. Éstas podrían resumirse en:

- Calidad heterogénea de las redes de distribución usadas para el abastecimiento en puertos nacionales e internacionales.
- Dificultad para el control de la temperatura de suministro de agua fría, especialmente durante navegaciones en zonas cálidas.
- Presencia de zonas muertas en áreas de poco de uso.
- Uso discontinuo de la instalación, con paradas incluso superiores a un mes.
- Dificultad en la accesibilidad a los equipos para su inspección, limpieza y desinfección.

Legislación nacional relativa al control de legionela

El alto riesgo de proliferación de esta bacteria en los buques de la Armada hace fundamental la aplicación de la legislación relativa a las medidas de control y prevención de legionela, con el fin de evitar la aparición de brotes que afecten tanto a la salud de la dotación como al desarrollo de las operaciones.

En España, la primera normativa específica nacional data de 2001, cuando se aprobó el Real Decreto 909/2001, de 21 de julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis. Posteriormente, el Real Decreto 865/2003 profundizó en los aspectos relacionados con la proliferación de legionela en las instalaciones, como las condiciones estructurales o su régimen de funcionamiento. Éste ha estado en vigor hasta el 2 de enero de 2023, en que quedó derogado por el Real Decreto 487/2022, de 21 de junio, por el que se establecen los requisitos sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis.

Las principales razones de la actualización de la legislación han sido la evolución del conocimiento científico-técnico (especialmente en relación a las técnicas analíticas de aislamiento), la experiencia acumulada en la aplicación de la normativa y en el estudio de los brotes producidos en los últimos años, la publicación de la norma UNE 100030:2017 y los nuevos requisitos en la formación del personal.

Dentro de su ámbito de aplicación, se incluye toda aquella instalación fija o móvil «susceptible de convertirse en foco de exposición humana a la bacteria y, por tanto, de propagación de la enfermedad de la legionelosis durante su funcionamiento» (3). Estas instalaciones son, entre otras:

- Sistemas de agua sanitaria: instalaciones de agua caliente (ACS) y de agua fría (AFCH).
- Torres de refrigeración y condensadores evaporativos.
- Equipos de enfriamiento evaporativo.
- Centrales humidificadoras industriales.
- Humidificadores.
- Sistemas de agua contraincendios.
- Otras instalaciones que utilicen agua en su funcionamiento y produzcan o sean susceptibles de producir aerosoles, como sistemas de lavado de vehículos, dispositivos de enfriamiento evaporativo o fuentes ornamentales.

La principal modificación respecto al anterior Real Decreto es la introducción de dos instrumentos para el control de legionela: el Plan de Prevención y Control

(3) Quedan excluidas del ámbito de aplicación de este Real Decreto las instalaciones ubicadas en edificios dedicados al uso exclusivo de vivienda, siempre y cuando no afecten al ambiente exterior de éstos.

de Legionela (PPCL) y el Plan Sanitario frente a Legionela (PSL). El PPCL consiste en un conjunto de actividades que permiten minimizar el riesgo de proliferación y/o diseminación de legionela. Estas se describen con detalle en el Real Decreto y están basadas en cuatro principios:

- a) Garantizar la eliminación o reducción de zonas sucias, el acúmulo de suciedad, así como los estancamientos, mediante un buen diseño y mantenimiento de las instalaciones y equipos.
- b) Evitar las condiciones que favorecen la supervivencia y multiplicación de legionela mediante el control de la temperatura del agua y la desinfección de la misma.
- c) Minimizar la emisión de aerosoles.
- d) Aplicar medidas correctoras para mitigar el riesgo.

El PSL es otra herramienta de control conformada por una relación de actividades, pero que a diferencia del PPCL incluye una evaluación previa de riesgo basada en las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (4) para adaptarla a las particularidades y características específicas de la instalación. Al igual que Real Decreto 865/2003, esta normativa adjudica al titular de la instalación la responsabilidad de su cumplimiento, con el fin de que la misma no represente un riesgo para la salud pública. En el ámbito del Ministerio de Defensa, la titularidad de la instalación corresponde al jefe del buque, unidad o instalación (5), que deberá optar entre aplicar un PPCL o un PSL. Igualmente, deberá designar al responsable técnico del PPCL o PSL, que llevará a cabo la elaboración, desarrollo, implantación y evaluación del plan. Tanto éste como las personas encargadas de operaciones menores —comprobación de los niveles de biocidas o el control del pH— tendrán que estar en posesión de la cualificación profesional requerida en función de su puesto y recibir una formación relacionada con las actividades asignadas del PPCL/PSL. El personal puede ser propio o bien procedente de empresas de servicios a terceros, aunque este último caso no exime al titular de la instalación de su responsabilidad. Los requerimientos de cualificación profesional y formación incluidos en el Real Decreto 487/2022 suponen un reto importante para el Ministerio de Defensa debido a la falta de personal con dichos perfiles. Los PPCL incluirán como mínimo los siguientes puntos:

(4) «Evaluación de riesgo» disponible en [https://www.who.int/es/publications/i/item/water-safety-plan-manual-\(wsp-manual\)](https://www.who.int/es/publications/i/item/water-safety-plan-manual-(wsp-manual))

(5) Orden Ministerial 87/2004, de 31 de marzo, sobre la inspección de instalaciones para la prevención y control de la legionelosis en el Ministerio de Defensa, y Orden Ministerial 50/2014, de 6 de octubre, de modificación de la anterior.

- a) Diagnóstico inicial de la instalación y descripción detallada de la misma.
- b) Programa de mantenimiento y revisión de instalaciones y equipos y responsabilidades.
- c) Programa de tratamiento.
- d) Programa de muestreo.
- e) Documentación y registros.
- f) Programa de formación del personal.

El PPCL es una herramienta compleja, por lo que para facilitar su comprensión procederemos a describir una aplicación práctica al sistema de agua sanitaria de un buque de acción marítima (BAM).

Diagnóstico inicial/descripción detallada de la instalación

Este punto incluye los datos técnicos y de funcionamiento, diseño y ubicación de la instalación, además de un plano o esquema en el que se reflejan todos sus componentes, que debe mantenerse actualizado e incluir el contrato de suministro y la identificación de la red de distribución facilitada por el gestor cuando el suministro proceda de una red de distribución pública o privada. Finalmente, se hará una relación de los puntos donde se realizará la toma de muestras y la emisión de aerosoles.

El BAM dispone de dos tanques de almacenamiento de agua potable con un volumen de 11.000 litros cada uno (figura 2a). Su abastecimiento puede proceder de la red de distribución de tierra o bien de las dos plantas de ósmosis dispuestas para la producción de agua potable. Estas recogen el agua del mar por aspiración con ayuda de su bomba de alimentación, que se entrega a una bomba de alta presión que la hace circular por las cuatro membranas semipermeables que posee cada planta y, por medio del sistema de ósmosis inversa, es transformada en agua potable. Este agua cuenta con un sistema de cloración automático anterior a su entrada en los tanques de almacenamiento. Asociado al abastecimiento desde tierra, existe también un sistema de cloración automático, aunque en la mayoría de los BAM permanece inoperativo y se realiza una cloración manual que no proporciona unos niveles estables de desinfectante.

Desde los tanques de almacenamiento, el agua será aspirada por las bombas hidróforas, que entran en funcionamiento, una o las dos, de manera automática según la demanda, atravesando el esterilizador (con posibilidad de hacer baipás cuando está inoperativo) para alcanzar los circuitos de agua fría y agua caliente. El esterilizador consta de dos módulos de rayos ultravioleta que realizan una desinfección física del agua; sin embargo, este sistema no es utilizado en los BAM debido al alto coste de reposición de las lámparas ultravioleta.

Asociado al circuito de agua caliente, existen dos acumuladores dispuestos en paralelo, de 650 litros cada uno y dotados de un sistema de medida de

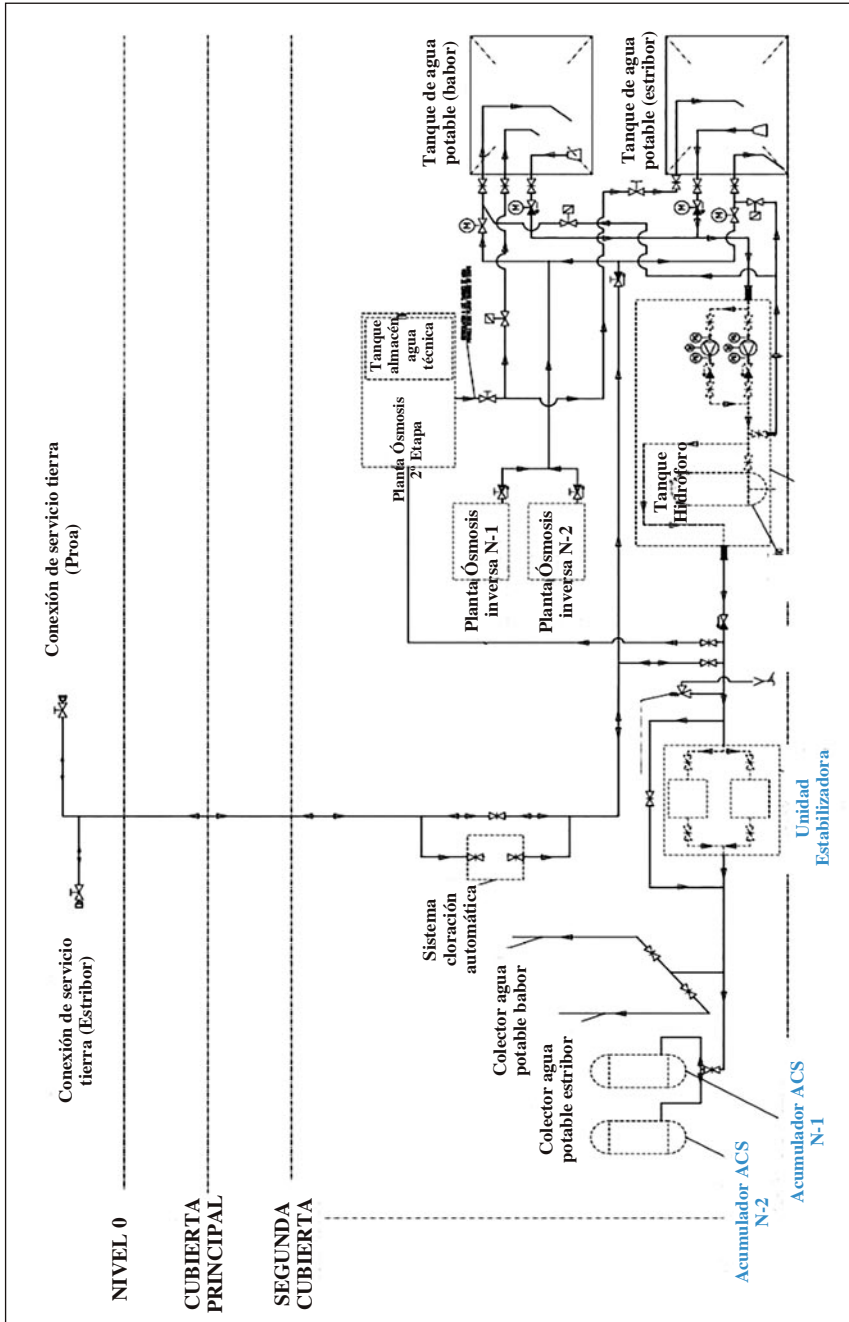


Figura 2a. Esquema de los componentes del sistema de agua sanitaria de un BAM. (Fuente: Plan de Prevención y Control de Legionelosis BAM *Relámpago*)

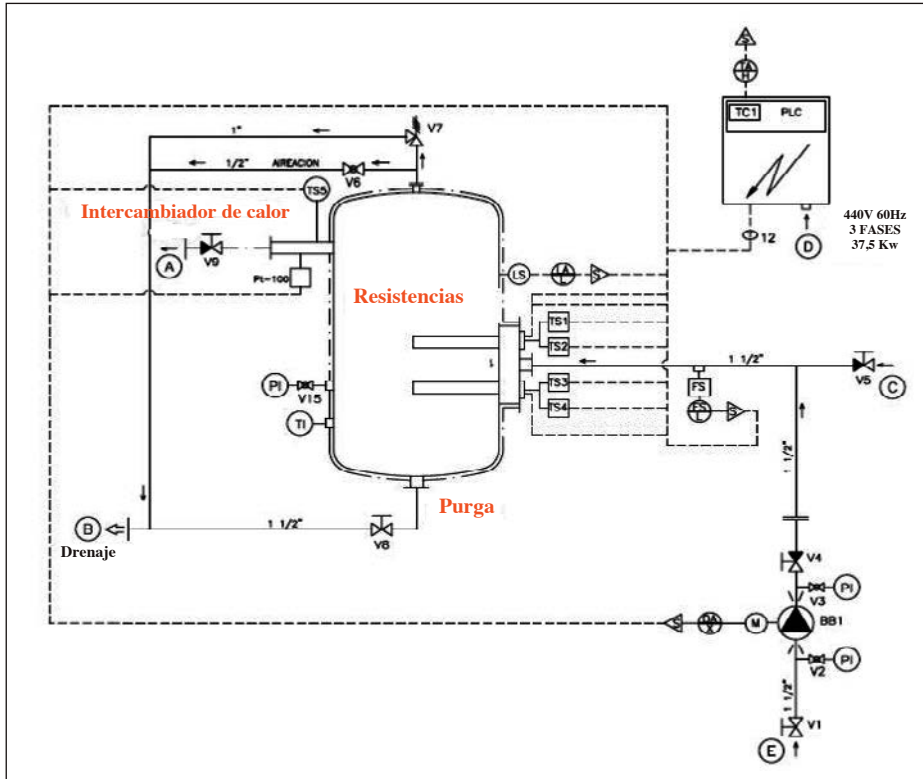


Figura 2b. Esquema de los componentes del sistema de agua sanitaria de un BAM (acumulador). (Fuente: Plan de Prevención y Control de Legionelosis BAM Relámpago)

temperatura del agua interior; también hay un circuito de retorno con un intercambiador de calor (figura 2b). El acceso al interior de los acumuladores para su inspección, limpieza y vaciado es muy limitado. Disponen de un sistema de purga, pero por falta de accesibilidad no es posible realizar una correcta toma de muestras. La temperatura del agua almacenada en los acumuladores debe ser homogénea y superior a 60° C, pudiendo alcanzar 70° C, aunque el sistema de resistencias de los acumuladores de los BAM es muy sensible y no suele superar los 60° C.

La red de distribución del sistema de agua sanitaria se extiende desde un tronco central hacia la proa y la popa del buque, suministrando a alrededor de 100 puntos terminales. La mayoría de ellos son fundamentalmente duchas y grifos con aireador, que presentan niveles importantes de aerosolización. Debido a los problemas de diseño descritos anteriormente, la temperatura del ACS en los puntos más alejados de proa y popa es normalmente inferior a 50° C y la de AFCH superior a 20° C.

Programa de mantenimiento, revisión de instalaciones y tratamiento

Dentro de este capítulo, no sólo se deben incluir las actividades y su frecuencia, sino también las acciones correctoras en caso de detectar anomalías en el estado de mantenimiento de los componentes de la instalación. Cada tarea debe estar distribuida entre el personal implicado en el PPCL, que deberá aplicar las medidas correctoras necesarias.

En la revisión se comprobará el correcto funcionamiento de los elementos de la instalación y su estado de limpieza y desinfección. Si se detectan elementos deteriorados, deberán ser reparados o sustituidos. Ante la presencia de corrosión, sedimentos o materia orgánica, se debe proceder a la limpieza y conservación de los tramos de red afectados. La periodicidad de las revisiones será, como mínimo, la indicada en el Real Decreto (tabla 2). El programa de tratamiento consta de dos componentes:

- a) Programa de limpieza y desinfección.
- b) Programa de tratamiento del agua.

El programa de limpieza y desinfección deberá contemplar las limpiezas y desinfecciones generales y las específicas para áreas o equipos, describiendo procedimientos, periodicidad, productos a utilizar, dosis y precauciones a tener en cuenta. En caso de ser realizadas por una empresa contratada, se emitirá el correspondiente certificado. Como se indica en la tabla 2, la limpieza y desinfección de las instalaciones se efectuará como mínimo una vez al año, y además:

- Cuando se ponga en marcha la instalación por primera vez.
- Tras paradas superiores a un mes.
- Tras una reparación o modificación estructural.
- Cuando una revisión general de la instalación lo aconseje.
- Cuando así lo determine la autoridad sanitaria.

Los protocolos de limpieza y desinfección de los sistemas de agua sanitaria en un BAM deben ser secuenciales, comenzando con la limpieza del depósito de AFCH, siguiendo con los acumuladores y finalizando con la red y sus puntos terminales. Siempre se debe realizar la limpieza antes de la desinfección. Cuando son realizados por empresas de servicios a terceros, deberán estar inscritas en el Registro Oficial de Establecimientos y Servicios Biocidas, utilizar productos autorizados y registrados (6) y con personal en posesión de la cualificación

(6) Biocidas (desinfectantes) autorizados y registrados o, en su caso, notificados para el tratamiento de las instalaciones en aplicación del Reglamento (UE) n.º 528/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de mayo de 2012, relativo a la comercialización y el uso de los

	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
Toda la instalación (ACS/AFCH)		Apertura de grifos y duchas no utilizadas o con poco uso	Revisión de grifos y duchas [muestra rotatoria (1)]		Revisión, limpieza y desinfección de la instalación (2)
ACS	Control temperatura depósitos (>60°C) y circuito de retorno (>50° C)		Control de temperatura en grifos y duchas [muestra rotatoria (1)]	Revisión, y limpieza y desinfección acumuladores ACS (2)	
			Purga del fondo de los acumuladores		
AFCH	Control de niveles desinfectante/pH en puntos terminales [muestra rotatoria (1)]	Control de temperatura de depósitos AFCH (<20° C)			Revisión, limpieza y desinfección de los depósitos de AFCH (2)

(1) Muestra rotatoria: al menos una vez al año, en todos los puntos terminales se habrá realizado la revisión, así como el control de niveles de desinfectante y de temperatura de ACS.

(2) La limpieza y desinfección también se realizará: 1. Cuando se ponga en marcha la instalación por primera vez; 2. Tras paradas superiores a un mes; 3. Después de una reparación o modificación estructural; 4. Cuando una revisión general de la instalación lo aconseje; 5. Cuando así lo determine la autoridad sanitaria.

Tabla 2. Periodicidad mínima de las acciones del programa de mantenimiento y tratamiento del PPCL. (Fuente: elaboración propia)

profesional relativa al mantenimiento higiénico-sanitario de instalaciones susceptibles de proliferación de legionela (7).

En el Real Decreto 487/2022 se describen distintos protocolos específicos para cada instalación. Para las de agua sanitaria existen dos tipos principales: los protocolos del programa de tratamiento (Anexo IV. Parte B.4.) y los asociados a casos o brotes de legionelosis (Anexo IX. I. Parte A). En ambos se emplea una desinfección química —tanto en las redes de AFCH como en las de ACS— y una térmica, que sólo se podrá aplicar en redes ACS, aunque en caso de brote el Real Decreto no lo aconseja. En la tabla 3, se resumen los protocolos de limpieza y desinfección de las redes. Debido a las limitaciones de

biocidas, del Real Decreto 3349/1983 de 30 de noviembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la fabricación, comercialización y utilización de plaguicidas, o acogidos a la disposición transitoria segunda del Real Decreto 1054/2002, de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas.

(7) Real Decreto 830/2010, de 25 de junio, por el que se establece la normativa reguladora de la capacitación para realizar tratamientos con biocidas.

Tabla 3a. Protocolos de limpieza y desinfección de redes de sistemas de agua sanitaria

ANEXO IV. Programa de tratamiento (desinfección química)
<p>1. Procedimiento de limpieza y desinfección del depósito de AFCH.</p> <p>a) Vaciar el depósito y eliminar todos los residuos acumulados en fondos y paredes hasta dejar las superficies perfectamente limpias. Si las superficies interiores del depósito presentan incrustaciones, estas se deberían eliminar con agua a presión o recurrir a desincrustantes químicos.</p> <p>b) Aclarar, en su caso.</p> <p>c) Inspeccionar el estado del depósito y realizar las reparaciones pertinentes.</p> <p>d) Aclarar perfectamente el depósito con agua antes de iniciar la desinfección. Purgar los restos del aclarado.</p> <p>e) Realizar el tratamiento de desinfección.</p> <p>f) Limpiar y desinfectar los elementos auxiliares del sistema de bombeo y tratamiento del agua.</p> <p>g) Aclarar con agua de consumo, neutralizar y eliminar el efluente.</p> <p>h) Volver a llenar con agua de consumo restableciendo el servicio una vez ajustado el nivel de desinfectante.</p>
<p>2. Procedimiento de limpieza y desinfección de acumuladores de ACS</p> <p>1.º Apagar el acumulador y vaciar y desmontar algunos elementos como ánodos del sistema de protección catódica.</p> <p>2.º Proceder a la apertura de los accesos al interior (bocas de registro).</p> <p>3.º Realizar la limpieza mecánica de toda la superficie interior para eliminar incrustaciones y productos de corrosión, sin dañar el revestimiento interior. Purgar los restos de esta operación.</p> <p>4.º Aclarar perfectamente el depósito con agua antes de iniciar la desinfección.</p> <p>5.º Realizar el tratamiento de desinfección.</p> <p>6.º Aclarar con agua de consumo, neutralizar y eliminar el efluente.</p> <p>7.º Volver a llenar con agua de consumo, previo a su puesta en servicio.</p> <p>* Los Acumuladores de ACS no accesibles, de menos de 750 litros con acceso manual para su limpieza y desinfección se podrán limpiar y desinfectar cuando se realice el proceso de limpieza y desinfección de la red.</p>
<p>3. Procedimiento de limpieza y desinfección de la red de agua fría y agua caliente sanitaria (ACS)</p> <p>a) Acciones previas:</p> <p style="padding-left: 20px;">Desconexión del sistema de calentamiento de agua para alcanzar temperaturas inferiores a 30°C</p> <p style="padding-left: 20px;">Cerrar la entrada del depósito, para que mediante el consumo se vacíe el depósito o quede un volumen mínimo de agua.</p> <p style="padding-left: 20px;">Desconectar los sistemas de tratamiento del agua</p> <p>b) Limpieza y desinfección de depósitos de AFCH y de acumuladores de ACS</p> <p>c) Desinfección:</p> <p style="padding-left: 20px;">c.1 Llenar el depósito con la cantidad de agua necesaria para realizar la desinfección de la red.</p> <p style="padding-left: 20px;">c.2 Calcular la dosis del desinfectante necesaria en función del volumen de agua a tratar.</p> <p style="padding-left: 20px;">c.3 Asegurarse que las bombas de presión y de recirculación del ACS estén en funcionamiento.</p> <p style="padding-left: 20px;">c.4 Realizar el tratamiento de desinfección, asegurándose de que el biocida llegue a todos los puntos terminales.</p> <p>* Si no existiese depósito o fuese técnicamente aconsejable, se debería dosificar el desinfectante y otros productos químicos en el punto más próximo posible a la acometida del agua desde la red de abastecimiento.</p> <p>d) Controlar el nivel de pH (si la efectividad del biocida depende del pH) y de desinfectante al menos cada hora. Este control se realiza en el depósito y en los puntos terminales más alejados de la red.</p> <p>e) Finalizado el tiempo de contacto, Neutralizar la cantidad de biocida.</p> <p>g) Acciones posteriores a la limpieza y desinfección:</p> <p style="padding-left: 20px;">g.1. Apertura secuencial de todos los puntos terminales y comprobar el nivel de biocida.</p> <p style="padding-left: 20px;">g.2. Conectar los sistemas de calentamiento y de tratamiento del agua.</p> <p>h) Elementos accesorios:</p> <p style="padding-left: 20px;">h.1 Elementos desmontables (grifos y duchas), limpieza a fondo con eliminación de incrustaciones y adherencias, desinfección mediante inmersión en desinfectantes, el tiempo necesario, aclarando posteriormente con abundante agua fría.</p> <p style="padding-left: 20px;">h.2 Elementos difíciles de desmontar o sumergir se cubren con un paño limpio impregnado en la misma solución de desinfectante, durante el tiempo necesario o mediante pulverización y aclarado posterior como método alternativo excepcional</p>
ANEXO IV. Programa de tratamiento (desinfección térmica)
<p>a) Acciones previas y limpieza: según protocolo 2.</p> <p>b) Desinfección térmica:</p> <p style="padding-left: 20px;">b.1 Llenar el acumulador y elevar la temperatura del agua hasta 70 °C, y mantenerlo al menos durante 2h.</p> <p style="padding-left: 20px;">b.2 Apertura secuencial de los puntos terminales hasta alcanzar 60 °C, manteniéndolos abiertos durante al menos 5 min.</p> <p style="padding-left: 20px;">b.3 El depósito debería mantenerse a 70 °C durante 2h. La red una vez alcanzados los 60 °C se deja enfriar de forma natural durante un periodo mínimo de 2h.</p>

Tabla 3b. Protocolos de limpieza y desinfección de redes de sistemas de agua sanitaria

ANEXO IX. Limpieza y desinfección en caso de brote

A. Tratamiento inicial:

a.1. Depósito limpieza y desinfección: según el anexo IV.

a.2. Red de agua fría y agua caliente: según el anexo IV añadiendo:

- Una vez limpio, desinfectado y vaciado el depósito, se llena con un volumen de agua de consumo suficiente y se desinfecta nuevamente, manteniendo esta concentración en todos los puntos de la red de AFCH y ACS, con control periódico cada hora del nivel de biocida, y manteniendo un pH adecuado.
- Neutralizar el biocida del agua en el depósito y vaciar.
- Llenar el depósito de agua para que vuelva a su funcionamiento habitual.
- Abrir los grifos de los puntos terminales hasta que el nivel de biocida alcance un valor adecuado.
- Conectar los sistemas de calentamiento y de tratamiento del agua.

B. Tratamiento continuo: mantener la dosificación en función del biocida utilizado y la temperatura de servicio en puntos terminales para el agua caliente sanitaria se entre 55 y 60 °C.

las resistencias de los acumuladores del sistema ACS de los BAM, que no alcanzan temperaturas superiores a 70° C, la desinfección de esta red se hará preferentemente mediante protocolos de desinfección química. Entre 15 y 30 días después del tratamiento, se realizará una toma de muestras para determinar si sigue habiendo legionela.

En el programa de tratamiento del agua se contemplan las acciones continuas que mantienen las condiciones óptimas físico-químicas y microbiológicas del agua para evitar la proliferación de *Legionella spp.* Cuando se detecten desviaciones de parámetros de calidad del agua, se adoptarán las medidas necesarias. En el caso de los sistemas de agua sanitaria, los parámetros son:



BAM Relámpago. (Foto: Armada)

- Aerobios UFC/ml y pH según lo dispuesto en los criterios de la calidad del agua de consumo (8).
- Temperatura: ACS puntos terminales superior a 50 °C y acumulador superior a 60° C.
- Turbidez: inferior a 4 UNF.
- Hierro total inferior o igual a 0,2 mg/L.

El uso de productos químicos como el hipoclorito para el tratamiento del agua deberá tener en cuenta los niveles de pH (figura 3), así como otras indicaciones del fabricante. Se dará preferencia a la dosificación mediante sistemas automáticos que incluyan sistemas de monitorización; además, en el programa de mantenimiento se incluirá la calibración de los mismos. Como hemos visto en el apartado anterior, los BAM están dotados de estos sistemas de dosificación, aunque el sistema asociado a la red de abastecimiento de tierra está por lo general inoperativo.

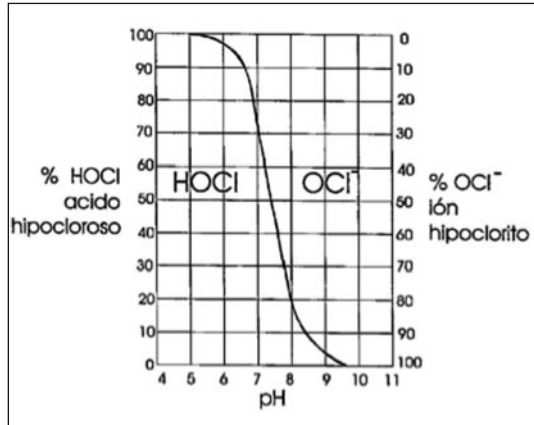


Figura 3. Curva de ionización del ácido hipocloroso en función del pH. (Fuente: Ministerio de Sanidad. *Guía técnica para la Prevención y Control de la Legionelosis en instalaciones*. «Capítulo 2. Agua fría de consumo humano»)

Programa de muestreo

El anexo V relativo al programa de muestreo es una de las novedades incluidas en este Real Decreto. Como parte del PPCL, este programa está dirigido al control de la eficacia de las tareas descritas en el punto anterior, y debe contener: la determinación de los puntos de muestreo, la frecuencia y metodología de muestreo, los parámetros a controlar, condiciones de conservación y transporte de las muestras, métodos de ensayo y responsables de cada operación.

Para el ejemplo del sistema de agua sanitaria de un BAM, al disponer de un sistema de ACS con retorno y entre 100 y 150 puntos terminales, se deberán tomar como mínimo las siguientes muestras:

(8) Real Decreto 3/2023 de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.

TABLA 4. FRECUENCIA MÍNIMA DE MUESTREO	
Parámetro	Frecuencia
<i>Legionella spp</i> (UFC/L) ^a	Trimestral
Aerobios (UFC/L) ^a	Trimestral
pH ^b	Diario
Temperatura ^b	Diario rotatorio
Turbidez (UNF) ^b	Semanal
Biocida ^b	Diario, en su caso, con lectura automática en continuo
Hierro total (ug/l) ^a	Trimestral

^a Análisis realizados en laboratorios acreditados.

^b Controles *in situ*.

- Un punto en el depósito de AFCH.
- Un punto en cada uno de los acumuladores.
- Un punto en el circuito de retorno.
- Dos puntos medios de la instalación.
- Siete puntos terminales: cinco correspondientes a la red de ACS y dos a la red de AFCH.

En función del objetivo del muestreo, se puede realizar sin purga o dejando correr el agua. El último caso es más indicado para la evaluación del agua del circuito. Además, se deberá tener en cuenta la disposición vertical y horizontal de la instalación. Respecto a la frecuencia mínima de muestreo para sistemas de agua sanitaria en los BAM será la descrita en la tabla 4.

Actualmente, los BAM realizan el control *in situ* de la temperatura, los niveles de biocida y el pH mediante sistemas de medición electrónicos, pero estos no permiten medir la turbidez. Dentro del PPCL, se incluirán las acciones de calibración de los equipos, siendo estas inscritas en el registro de incidencias.

Los parámetros que deben ser analizados en el laboratorio se medirán con métodos de referencia acreditados, como por ejemplo la detección y el recuento de legionela (Norma UNE-EN ISO 11731:2017) (9). Se prestará especial atención al método de muestreo y al transporte de las muestras descrito en el Anexo VI del Real Decreto.

(9) Norma UNE-EN ISO 11731: 2017 Calidad del agua. Recuento de legionela.



BAM Relámpago en misión de vigilancia marítima. (Foto: twitter.com/Defensagob)

Programa de formación del personal

Para realizar correctamente las funciones asignadas, las personas responsables de PPCL deberán recibir la formación necesaria en función de las características de la instalación o de los equipos. El titular de las instalaciones garantizará que todo el personal (propio o externo) cuente con la formación requerida para la actividad que desempeña.

Aquél que realice operaciones menores se formará dentro del plan de formación incluido en el PPCL, pero la persona responsable técnica del PPCL deberá contar con una formación específica para elaborar, desarrollar, implantar y evaluar el PPCL, así como proponer al titular de la instalación las medidas correctoras correspondientes.

Documentación y registros

Quedarán reflejados en la correspondiente documentación y registros: la realización de las actividades y controles establecidos en los programas, los resultados de dichas acciones, las incidencias y las medidas adoptadas. Además,

se registrarán las fechas de paradas y puestas en marcha técnicas de la instalación, incluyendo su motivo.

La documentación y registros del PPCL serán almacenados preferentemente en formato electrónico en la propia instalación, estando a disposición del personal de mantenimiento, empresas contratadas, en su caso, y de la autoridad sanitaria.

La información recogida en estos documentos permitirá la revisión del PPCL, que se hará de forma periódica por parte del responsable del PPCL o cuando sea solicitado por la autoridad sanitaria. En particular se requerirá la revisión del PPCL:

- a) Si se detectan desviaciones importantes durante la evaluación periódica.
- b) Tras reformas sustanciales en la instalación, contaminaciones microbianas debidas a casos o brotes de la enfermedad u otras incidencias significativas.

Conclusiones

El diseño de las instalaciones de agua sanitaria en los buques y su funcionamiento favorece la proliferación de legionela. A diferencia de las instalaciones en tierra, su modificación es difícil (o incluso imposible en algunos casos) y el acceso al interior de depósitos y acumuladores es mucho más restringido. En este contexto, es fundamental la implantación de un PPCL adecuado con implicación del responsable de la instalación y del personal designado para llevar a cabo las acciones. La documentación generada a partir de estas acciones será clave para la corrección temprana de desviaciones y el análisis en caso de brote.

Como conclusión, la aplicación de las herramientas de prevención y control de legionela, definidas en el Real Decreto 487/2022, supone un reto importante, ya que requiere de la inversión de medios y de personal para ser llevada a cabo. Sin embargo, su aplicación es vital, pues la presencia de legionela en los buques de la Armada pone en riesgo tanto la salud de la dotación como el adecuado desarrollo de las operaciones encomendadas.



BIBLIOGRAFÍA

- PIÉDROLA GIL, Gonzalo, *et al.*: *Medicina preventiva y salud pública*. 12.º edición. Editorial Masson, 2001.
- ALTMAN, Lawrence K.: «In Philadelphia 30 Years Ago, an Eruption of Illness and Fear». *The New York Times*, 2006.
- Surveillance report. Annual Epidemiological Report for 2019*. European Center for Disease Prevention and Control, 2020.
- HERAS ALONSO, Óscar: *Control de «legionella» aplicado a buques mercantes*. Trabajo Fin de Carrera, 2017.
- 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.
- Real Decreto 487/2022, de 21 de junio, por el que se establecen los requisitos sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis.
- Real Decreto 830/2010, de 25 de junio, por el que se establece la normativa reguladora de la capacitación para realizar tratamientos con biocidas.
- Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro.
- Orden Ministerial 87/2004, de 31 de marzo, sobre la inspección de instalaciones para la prevención y control de la legionelosis en el Ministerio de Defensa.

BAM *Atalaz* en el puerto de Barcelona.
(Foto: Jordi Bonet Albalat)

