



UNIVERSIDAD DE MURCIA
ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
TESIS DOCTORAL

Descripción y análisis del impacto de las estrategias de control de
legionelosis en un hospital de tercer nivel.

D. Antonio Tomás Borja
2024



UNIVERSIDAD DE MURCIA
ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
TESIS DOCTORAL

Descripción y análisis del impacto de las estrategias de control de legionelosis en un hospital de tercer nivel

Autor: D. Antonio Tomás Borja

Director/es: D. Alberto Manuel Torres Cantero
y D. Manuel Segovia Hernández



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR

Aprobado por la Comisión General de Doctorado el 19-10-2022

D./Dña. Antonio Tomás Borja

doctorando del Programa de Doctorado en

Biología y Tecnología de la Salud Reproductiva, Línea de Investigación de Salud Pública

de la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad Murcia, como autor/a de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor y titulada:

Descripción y análisis del impacto de las estrategias de control de legionelosis en un hospital de tercer nivel

y dirigida por,

D./Dña. Alberto Manuel Torres Cantero

D./Dña. Manuel Segovia Hernández

D./Dña.

DECLARO QUE:

La tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la Ley de Propiedad Intelectual (R.D. legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Si la tesis hubiera sido autorizada como tesis por compendio de publicaciones o incluyese 1 o 2 publicaciones (como prevé el artículo 29.8 del reglamento), declarar que cuenta con:

- *La aceptación por escrito de los coautores de las publicaciones de que el doctorando las presente como parte de la tesis.*
- *En su caso, la renuncia por escrito de los coautores no doctores de dichos trabajos a presentarlos como parte de otras tesis doctorales en la Universidad de Murcia o en cualquier otra universidad.*

Del mismo modo, asumo ante la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad del contenido de la tesis presentada, en caso de plagio, de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

En Murcia, a 16 de mayo de 2024

Fdo.: Antonio Tomás Borja

Esta DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD debe ser insertada en la primera página de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor.

Información básica sobre protección de sus datos personales aportados	
Responsable:	Universidad de Murcia. Avenida teniente Flomesta, 5. Edificio de la Convalecencia. 30003; Murcia. Delegado de Protección de Datos: dpd@um.es
Legitimación:	La Universidad de Murcia se encuentra legitimada para el tratamiento de sus datos por ser necesario para el cumplimiento de una obligación legal aplicable al responsable del tratamiento, art. 6.1.c) del Reglamento General de Protección de Datos
Finalidad:	Gestionar su declaración de autoría y originalidad
Destinatarios:	No se prevén comunicaciones de datos
Derechos:	Los interesados pueden ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación, oposición, limitación del tratamiento, olvido y portabilidad a través del procedimiento establecido a tal efecto en el Registro Electrónico o mediante la presentación de la correspondiente solicitud en las Oficinas de Asistencia en Materia de Registro de la Universidad de Murcia

17/05/2024 08:37:58
TOMÁS BORJA, ANTONIO
Estos son una copia online imprimible de un documento electrónico administrativo archivado por la Comunidad Autónoma de Murcia, según artículo 27.3.c) de la Ley 39/2015. Los firmantes y los hechos de firma se muestran en los recuadros. Su autenticidad puede ser contrastada accediendo a la siguiente dirección: <https://sede.carm.es/verificadocuments> e introduciendo el código seguro de verificación (CSV) CARM-4e128468-1417-6090-6271-00505696280



Agradecimientos

Quiero agradecer a mis directores de tesis, los doctores D. Alberto Manuel Torres Cantero y D. Manuel Segovia Hernandez, que me animaron para la redacción de esta tesis, así como con sus conocimientos y apoyo me han ido guiando en las distintas fases de su elaboración.

A mis compañeros de trabajo, por la inestimable ayuda y apoyo en la incesante búsqueda de información.

Por último, deseo agradecer a mi familia su paciencia y comprensión por todos esos momentos que no les he podido dedicar al estar inmerso con el desarrollo de esta tesis.

“Si he visto más es poniéndome
sobre los hombros de Gigantes”

Isaac Newton

Índice General

Índice General	9
Índice de Tablas	12
Índice de Figuras	15
Listado de acrónimos y abreviaturas	19
Resumen	22
Preámbulo	25
1. Introducción	28
1.1. <i>Legionella</i> y las instalaciones de agua sanitaria	28
1.2. Características microbiológicas y ecología de la <i>Legionella</i>	32
1.3. Epidemiología de la legionelosis	46
1.4. <i>Legionella</i> y COVID-19	61
1.5. <i>Legionella</i> en agua en el hospital	63
1.6. Aspectos normativos sobre el agua de consumo humano	69
2. Justificación del estudio	83
3. Objetivos	86
3.1. Objetivo general	86
3.2. Objetivos específicos	86
4. Material y método	88
4.1. Ámbito y espacio temporal del estudio	88

4.2. Ubicación	90
4.3. Descripción de las instalaciones de agua	92
4.4. Parámetros físicos, químicos y biológicos	100
4.5. Detalles gráficos para la interpretación de resultados	108
4.6. Técnicas de análisis de datos. Tratamiento e interpretación de datos	116
4.7. Conflicto de intereses	117
4.8. Limitaciones del presente estudio	117
5.- Resultados	119
5.1. Primera fase de estudio. Visión general en todo el complejo hospitalario	119
5.2. Segunda fase del estudio. Estrategia de control 2019	148
6.- Discusión	186
6.1. Estudio general del HCUVA	187
6.2. Actuaciones del año 2019	191
6.3. Tránsferencia de resultados	204
6.4. Líneas de investigación y actuación	205
7. Conclusiones	208
8. Bibliografía	211
9.- Anexos	231
9.1. Anexo I. Situación actual del hospital y área de influencia	233
9.2. Anexo II. Descripción de Procedimientos de actuación	244
9.3. Anexo III. Detalle puntos suministro verticales pabellón HG.	260

Índice de Tablas

Tabla 1. Familia *Legionellaceae*: especies, serogrupos y patología asociada.

Tabla 2. Selección de grandes brotes de legionelosis (>100 casos), 1976–2018.

Tabla 3. Distribución habitaciones de hospitalización en pabellón hospital general. HCUVA.

Tabla 4. Cálculo analítico de consumo de AFCH en el edificio HG / HCUVA.

Tabla 5. Cálculo analítico de consumo de AFCH en los principales edificios del HCUVA.

Tabla 6. Relación de instalaciones con riesgo de transmisión de *Legionella*.

Tabla 7. Ubicación y cantidad de habitaciones hospitalización en HG.

Tabla 8. Relación de servicios médicos y correspondiente ubicación de camas asignadas en plantas y alas de hospitalización pabellón HG.

Tabla 9. Resumen de parámetros medidos, procedimientos de medida de los parámetros y técnicas de laboratorio usadas para detección de *Legionella*.

Tabla 10. Descripción procedimiento usado en medición temperatura.

Tabla 11. Descripción de procedimiento usado en medición de cloro.

Tabla 12. Procedimiento medición nivel de ATP.

Tabla 13. Procedimiento toma de muestras ambientales y determinación de *Legionella* en laboratorio.

Tabla 14. Nivel de situación de seguridad del valor reflejado según color de fondo y requerimiento de intervención.

Tabla 15. Distribución del número de análisis totales realizados y número de análisis con resultado positivo durante el periodo 2016 a 2022.

Tabla 16. Número de analíticas, resultados positivos y mediana anual de porcentajes mensual de resultados positivos.

Tabla 17. Valores positivos y carga de la en 2016.

Tabla 18. Valores positivos y carga de la en 2017.

Tabla 19. Valores positivos y carga de la en 2018.

Tabla 20. Valores positivos y carga de la en 2019.

Tabla 21. Valores positivos y carga de la en 2020.

Tabla 22. Valores positivos y carga de la en 2021.

Tabla 23. Valores positivos y carga de la en 2022.

Tabla 24. Datos estadísticos que respaldan la gráfica de la Figura 45.

Tabla 25. Resultados positivos de las muestras ambientales realizadas durante el periodo 2016 a 2022, mostrados por alas y verticales en el pabellón HG. (Total muestras positivas 49).

Tabla 26. Correlación entre la temperatura °C y la concentración de resultados positivos en *Legionella* por el método de cultivo (u.f.c/ml) durante periodo (2016-2022).

Tabla 27.- Resultados de analíticas internas. HCUVA. Año 2019.

Tabla 28. Resumen de medidas correctoras adoptadas antes del proceso de limpieza, cuantificación y zonas de actuación.

Tabla 29. Relación de parámetros medidos antes del proceso de limpieza de redes en pabellón HG.

Tabla 30. Relación de puntos de ubicaciones en P+2 de pabellón HG donde se hicieron las mediciones de parámetros.

Tabla 31. Tiempo en segundos necesario para alcanzar los 50 C° en agua corriente en el grifo.

Tabla 32. Temperatura en C° del ACS a los 5 minutos con grifo abierto.

Tabla 33. Nivel de cloro (ppm) al 1 minuto en ACS con grifo abierto.

Tabla 34. Toma del valor del nivel de cloro a los 5 minutos en el ACS con grifo abierto.

Tabla 35. Toma del valor del nivel del nivel de cATP en el ACS con grifo abierto.

Tabla 36. Valor del resultado de tomas ambientales de ACS por la técnica qPCR *Legionella* en unidades formadoras de colonias (u.f.c.).

Tabla 37. Valor del resultado de tomas ambientales de ACS por la técnica Cultivo *Legionella* en unidades formadoras de colonias (u.f.c.).

Tabla 38. Representación conjunta de todos los resultados obtenidos antes del proceso de limpieza, con código de colores, para una mejor y rápida interpretación de zona críticas.

Tabla 39. Resultados analíticos por técnica de cultivo, de muestras ambientales tomadas antes y después del proceso de limpieza fisicoquímica.

Tabla 40. Relación entre parámetros fisicoquímicos del agua, concentración de ATP y la presencia de *Legionella* medida por técnicas de biología molecular.

Tabla 41. Resumen de correlaciones realizadas entre los parámetros y resultados obtenidos.

Índice de Figuras

Figura 1. Trofozoito de *Acanthamoeba castellanii* infectada por *Legionella pneumophila* Oxford.

Figura 2. Etapas del desarrollo de *Legionella* dentro de una célula eucariota. Hubbert et al, 2010.

Figura 3. Heterogeneidad de un biofilm.

Figura 4. Pasos necesarios para la formación y maduración de un biofilm.

Figura 5. Tiempo de reducción decimal de *Legionella pneumophila* sg 1 a diferentes temperaturas.

Figura 6. Esquema del efecto de la temperatura en la viabilidad de *Legionella*.

Figura 7. Datos de seroprevalencia a nivel global según ingresos de los países y de la población general.

Figura 8. Datos de cero prevalencia con relación a al área geográfica.

Figura 9. Tasas brutas de ataque de la enfermedad de los legionarios por distrito censal y torres de enfriamiento que dan positivo para *Legionella pneumophila* serogrupo 1 (Lp1), Bronx, Ciudad de Nueva York, 2 de julio a 3 de agosto de 2015.

Figura 10. Distribución de los casos y tasas de legionelistas por 100 000 habitantes UE/EEE, 2015-2019.

Figura 11. Distribución de los casos y tasas de legionelistas UE/EEE, 2015–2019.

Figura 12. Países más afectados por los brotes de legionelosis a nivel europeo.

Figura 13. Distribución de los casos de legionelistas por cada 100.000 habitantes por país, UE/EEE, 2019.

Figura 14. Distribución de los casos de legionelistas por 100.000 habitantes, por edad y sexo, UE/EEE, 2019.

Figura 15. Consumo de agua potable en hospitales SMS. Año 2019.

- Figura 16.** Consumo anual de agua (m³/año) (2011-2022), HCUVA.
- Figura 17.** Comportamiento de consumo mensual de agua en el HCUVA, año 2022.
- Figura 18.** Consumo diferenciado de AFCH (Uso específico lavandería vs resto usos) HCUVA.
- Figura 19.** Destalle de edificaciones existente en urbanización del HCUVA.
- Figura 20.** Detalle de vista panorámica del HCUVA.
- Figura 21.** Infografía de urbanización con localización de edificio HG y de central térmica.
- Figura 22.** Esquema de principio de aljibes de almacenamiento de AFCH. Central térmica HCUVA.
- Figura 23.** Detalle de infografía del sistema de producción y almacenamiento centralizado de ACS.
- Figura 24.** Detalle infografía del sistema de producción térmica solar situado en la terraza del edificio de lavandería centralizada del HCUVA.
- Figura 25.** Esquema de producción de ACS en edificio central térmica. Central térmica HCUVA.
- Figura 26.** Esquema de principio básico de instalación de fontanería HG. (Diseño: Gemelo digital – BIM).
- Figura 27.** Vista frontal del pabellón HG.
- Figura 28.** Vista posterior del pabellón HG.
- Figura 29.** Infografía HG, zona de hospitalización.
- Figura 30.** Infografía de modelo BIM de esquema hidráulico de ACS del HG.
- Figura 31.** Plano de planta tipo con numeración de verticales distribución en planta de hospitalización HG. Planta toma parámetros segunda parte P+2.
- Figura 32.** Puntos de muestreo en P+2 en HG. Fase Previa, anterior proceso limpieza redes.
- Figura 33.** Vista alzado de verticales del pabellón hospital general.
- Figura 34.** Detalle de vertical 1ª ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS.

Figura 35. Evolución anual de la mediana de porcentajes positivos por *Legionella* en las instalaciones del HCUVA del año 2016 al año 2022.

Figura 36. Número de análisis totales y con resultado positivo durante el periodo del año 2016 al 2022.

Figura 37. Gráfica evolución año 2016 de número de análisis mensuales y resultados positivos.

Figura 38. Gráfica evolución año 2017 de número de análisis mensuales y resultados positivos.

Figura 39. Gráfica evolución año 2018 de número de análisis mensuales y resultados positivos.

Figura 40. Gráfica comportamiento de la concentración de *Legionella* (u.f.c.) antes y después de las medidas de contención de legionelosis en el pabellón HG.

Figura 41. Gráfica evolución año 2019 de número de análisis mensuales y resultados positivos.

Figura 42. Gráfica evolución año 2020 de número de análisis mensuales y resultados positivos.

Figura 43. Gráfica evolución año 2021 de número de análisis mensuales y resultados positivos.

Figura 44. Gráfica evolución año 2022 de número de análisis mensuales y resultados positivos.

Figura 45. Evolución temporal del valor de la concentración de bacterias de *Legionella* por año, en el periodo 2016 a 2022 en el pabellón HG.

Figura 46. Evolución temporal del número de total puntos analizados, resultados analíticos positivos de *Legionella*, y punto de reales de muestreo contaminados en el periodo 2016 a 2022 en el pabellón HG.

Figura 47. Representación gráfica en forma porcentual de evolución en periodo 2016-2022 de número de resultados positivos y puntos contaminados, respecto a total de analíticas efectuadas.

Figura 48. Número de resultados positivos en agua diferenciados por circuitos de agua fría de consumo humano y agua caliente sanitaria, durante el periodo del año 2016 hasta el año 2022 en todo el HCUVA.

Figura 49. Distribución de resultados positivos en agua potable (agua sanitaria AS), en periodo del año 2016 hasta año 2022 en todos los edificios del HCUVA.

Figura 50. Evolución de resultados positivos en toda el agua potable (total agua sanitaria AS, suma de AFCH y ACS) en el pabellón HG. Periodo 2016-2022.

Figura 51. Distribución de positivos en agua potable (agua sanitaria, AS) según tipo de circuito (impulsión y retorno) en zona de hospitalización del pabellón hospital general HG.

Figura 52. Distribución de resultados positivos en HG según clasificación agua sanitaria (AFCH o ACS).

Figura 53. Declaración de casos de Legionelosis en HCUVA. Periodo 2016-2022.

Figura 54. Evolución casos positivos de control interno de *Legionella pneumophila*. Año 2019.

Figura 55. Detalle fotográfico de diversos puntos de estado interior de la red de tuberías sustituidas.

Figura 56. Representación gráfica de puntos de muestro de parámetros fase previa. P+2. HG.

Figura 57. Representación en plano de P+2 de los resultados de los parámetros de Tabla 18 a 21.

Figura 58. Representación gráfica en plano de planta, resultado de superponer los valores de la Tabla 21 a 24.

Figura 59. Representación gráfica en planta de todos los resultados analíticos obtenidos antes del proceso de limpieza.

Figura 60. Fotos del proceso de limpieza fisicoquímica de redes de fontanería. ACS.HG.

Figura 61. Esquema de principio de verticales y detalle de sistema de inyección.

Figura 62. Esquema de principio de distribución de verticales por ala del pabellón HG, representación en P+2.

Figura 63. Esquema de comunicación entre las impulsiones de verticales 5c y 6c en P+7.

Figura 64. Evolución temporal de los resultados analíticos positivos por la técnica de cultivo de las muestras ambientales efectuadas en ellos meses posteriores al proceso de limpieza.

Listado de acrónimos y abreviaturas

ARB	Bacterias resistentes a las amebas (Amoeba-resistant bacteria)
ACS	Agua caliente sanitaria
AFCH	Agua fría de consumo humano
APPCC	Análisis de puntos críticos
AS	Agua sanitaria
ATS	American Thoracic Society
BOE	Boletín Oficial del Estado
cATP	Adenosín trifosfato
DWDS	Sistema de distribución de agua (Drinking water distribution system)
ECDC	European Centre for Disease Prevention and Control
EDO	Enfermedad de declaración obligatoria
EDOSAN	Aplicación informática para declaración de EDO.
EE.UU.	Estados Unidos
ELDSNET	European Legionnaire's disease Surveillance Network
EN	Norma Española
EPDM	Caucho de etileno-propileno dieno-monómero
EWGLI	European Working Group for <i>Legionella</i> Infections
FLA	Amebas de vida libre (Free-living amoebae)
IDSA	Infectious Diseases Society of America
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	Organización Internacional de Normalización
<i>L.pneumophila</i>	<i>Legionella pneumophila</i>
mg/L	Miligramos por litro

min	Minuto
°C	Grado centígrado
OMS	Organización Mundial de la Salud
<i>P</i>	Probabilidad estadística
PCCL	Plan de Prevención y Control de <i>Legionella</i>
PCR	Polymerase chain reaction (Reaccion en cadena de la polimerasa)
PSL	Plan Sanitario frente <i>Legionella</i>
qPCR	Quantitative polymerase chain reaction
RD	Real Decreto
RENAVE	Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica
s.	Serogrupo
SIG	Sistema de información geográfica
SISEDO	Sistema de Información Sanitaria de Enfermedades de Declaración Obligatoria
<i>spp.</i>	Serogrupo especies
TALD	Legionelosis asociada a los viajes (Travellers associated legionnaires disease)
u.f.c.	Unidad formadora de colonias (CFU- Colony Forming Units).
UAT	Test antígeno de orina (Urine antigen tests)
UCI	Unidad de cuidados intensivos
UE/EEE	Unión Europea / Espacio Económico Europeo
IEC	International Electrotechnical Commision.
VBNC	Células viables, pero no cultivables (Viable but non-culturable)
WGS	Secuenciación del genoma completo (Whole genome sequencing)

RESUMEN

Resumen

Aunque los aspectos relacionados con la *Legionella* han sido ampliamente estudiados, hoy en día sigue habiendo una tasa creciente de infección. El análisis de parámetros de temperatura, nivel de cloro, así como de los resultados analíticos por el método de cultivo de muestras ambientales de agua en los circuitos de agua sanitaria (AS) es un indicador del nivel de riesgos de contraer la infección.

En el trabajo se ha realizado un estudio y descripción del grado de colonización y evolución de positividad en el periodo 2016-2022 en el sistema de agua potable del Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca (HCUVA), así como un estudio más detallado en el año 2019 de las medidas de control adoptadas para frenar la expansión de la bacteria en el denominado pabellón Hospital General (HG), cuya persistencia de resultados positivos condujo a la declaración de brote.

Dichas medidas de control establecidas en el año 2019 conllevaron acciones de identificación y mejora de las instalaciones de la red de fontanería en el HG, así como toma de parámetros fisicoquímicos en la red de fontanería que abastece la zona de hospitalización para poder estudiar la efectividad del tratamiento posterior de limpieza y desinfección realizado en dicha instalación como estrategia de control de legionelosis.

El estudio de los valores del trabajo de campo, resultados analíticos de laboratorio de muestras ambientales previas y posteriores al tratamiento, el análisis de correlación entre los diferentes parámetros, y la representación gráfica en planos, constituyeron una herramienta eficaz para elaborar un mapa de riesgos.

El trabajo concluye con la necesidad reformar y sustituir la red fontanería del HG como estrategia para poder minimizar la legionelosis en este tipo de edificaciones, así como la necesidad de seguir con el control de medición de temperaturas y nivel de biocida como herramienta eficaz de prevención de legionelosis.

Dicha información tiene que ser complementada con los resultados analíticos por el método de referencia de cultivo, así como por técnicas más rápidas y sensibles como la PCR y qPCR, que aportan información para actuaciones preventivas de forma rápida.

Palabras clave

Legionella, cloro, temperatura, ATP, PCR y PCRq.

PREAMBULO

Preámbulo

Esta Tesis doctoral surge desde la experiencia práctica de haber tenido la responsabilidad de las funciones de mantenedor y gestor de toda la infraestructura de la red de agua sanitaria (AS) del Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca (HCUVA), hospital de tercer nivel, referencia del Área de Salud Murcia-Oeste y referencia del Servicio Murciano de Salud en la Región de Murcia. (Ver Anexo I).

Como ingeniero responsable de gestión dentro de la estructura de mandos intermedios y directivos del Área I he tenido la oportunidad de desarrollar actuaciones como proyectista, mantenedor y gestor sobre la evolución de las infraestructuras hídricas del HCUVA. El objetivo de mi actividad en este ámbito ha sido siempre proporcionar el mayor grado de seguridad para pacientes, profesionales y cualquier otro usuario que por el complejo hospitalario han ido pasando durante estos años. (Ver anexo I. Cálculo del número de usuarios diarios en el HCUVA).

La *Legionella* ha estado presente en la instalación de agua de este hospital durante las últimas décadas, pero fue a partir de 2018 cuando de forma más proactiva, con el apoyo de la empresa Labaqua, el liderazgo de los Servicios de Medicina Preventiva y Microbiología y de la Subdirección de Gestión del Hospital con el respaldo y equipo directivo, se inician en el hospital actuaciones para el estudio integral de la red, la elaboración de un mapa de riesgos y el diseño de una nueva alternativa de distribución de agua en el Pabellón del hospital general.

Este trabajo describe esta experiencia, analizando y describiendo las medidas desarrolladas y su impacto sobre la proliferación de la legionelosis en la instalación hídricas del pabellón Hospital General del Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca.

INTRODUCCION

1. Introducción

1.1. *Legionella* y las instalaciones de agua sanitaria

Los sistemas de tuberías de las instalaciones se han identificado como una fuente de infección por *Legionella* (Muder et al., 1986). En instalaciones sanitarias como hospitales y residencias de ancianos, el suministro de agua potable es la fuente de exposición más común (Lin et al., 2011). La exposición a legionelas también se ha asociado con otros tipos de sistemas de tuberías de las instalaciones (por ejemplo, hoteles y otros edificios con sistemas complejos de distribución de agua) (Bartram et al., 2007; Silk et al., 2012).

El Centro Europeo para la Prevención y el Control de Enfermedades (ECDC) informa que el 58 % de los sitios de muestreo que dieron positivo para *Legionella* en 2014 fueron en torres de enfriamiento y el 26 % fueron de sistemas de agua, incluidos en estos unos 66 sistemas de agua caliente, 31 sistemas de agua fría y otros sistemas de agua (Beauté, 2017; Directive 98/8/CE, 1998).

Legionella spp. se sabe que están presentes en el agua tratada de las plantas de tratamiento de agua (Lu et al., 2015) y pueden persistir y crecer en las biopelículas de los sistemas de distribución de agua municipales (Lu et al., 2015). Lu et al. identificaron diversas *Legionella spp.* incluyendo *L. pneumophila* sg1 y *L. anisa*, en muestras de sedimentos de tanques municipales de almacenamiento de agua potable en 18 ubicaciones en 10 estados de EEUU. En dicho estudio se usó la reacción cuantitativa en cadena de la polimerasa (qPCR), dicho monitoreo cuantitativo basado en PCR complementó los métodos basados en cultivo en presencia de desinfectantes que afectan la capacidad de cultivo celular (Bédard et al., 2019).

Este ensayo cuantitativo de reacción en cadena de la polimerasa detecta un gen diana específico que se sabe que está asociado con un género / especie / serogrupo específico. Como el método qPCR no puede distinguir entre células viables y no viables (Donohue et al., 2014). Debido a que el método qPCR no puede distinguir entre células viables y no viables (Ács et al., 2020; Santomartino, 2018), se utilizó también el método basado en cultivos de *Legionella* spp. detectándose en aproximadamente el 67 por ciento de las muestras, y observándose una coocurrencia de *Acanthamoebae* y *pneumophila*.

Schwake et al. (Schwake et al., 2015) realizaron dos estudios de agua potable, una en edificios bajos (por ejemplo, hogares y negocios de un solo piso) y la otra en dos hospitales en Flint, Michigan. Encontraron *L. pneumophila* en los dos hospitales, pero no en los edificios bajos. Schwake et al., (Schwake et al., 2015) analizaron los vínculos entre un brote de *Legionella* y los cambios en la calidad del agua municipal y los cambios operativos en el sistema de distribución. El estudio menciona que los Servicios Municipales de agua pueden tener un papel clave en la proliferación de patógenos en las tuberías de las instalaciones. *L. pneumophila* puede formar biopelículas a partir de sustancias secretadas (sustancias poliméricas extracelulares) y puede multiplicarse dentro de tales biopelículas. Las biopelículas en los sistemas de agua potable municipales pueden ser una fuente potencial de contaminación del agua (Bartley et al., 2016) y el agua potable de los sistemas municipales puede posiblemente contaminar los sistemas de tuberías de las instalaciones en hospitales y otros edificios con *L. pneumophila* (Donohue et al., 2014).

Varios estudios han encontrado *Legionella* en los sistemas de tuberías de las instalaciones, incluso en edificios que no se habían relacionado con brotes reconocidos. Bartley et al. (Bartley et al., 2016) rastrearon la epidemiología de dos casos nosocomiales (adquiridos en el hospital)

de enfermedad del legionario en un hospital de Australia. El análisis de la secuencia del genoma completo se realizó en muestras de *L. pneumophila* de los pacientes infectados en 2013, encontrándose que las secuencias del genoma estaban estrechamente relacionadas con las de los aislamientos del sistema de distribución de agua del hospital, y con las muestras de un paciente infectado en 2011.

Bédard et al. (Bédard et al., 2019) encontraron *L. pneumophila* en el 85 por ciento de los grifos muestreados en el sistema de agua caliente de un hospital a pesar del tratamiento con cobre. Se observó una disminución significativa en el recuento de *L. pneumophila* por cultivo después de la desinfección por choque térmico. Se implementaron medidas correctivas continuas, que incluyeron aumentar la temperatura del agua caliente de 55 a 60 grados C, enjuagar los grifos semanalmente con agua caliente, retirar los tramos sobrantes de tubería y mantener una temperatura de 55 grados C en todo el sistema. Con estas medidas se mantuvo un bajo nivel de contaminación en áreas con deficiencias hidráulicas.

Rhoads et al. (Rhoads et al., 2016) estudiaron la evolución de *L. pneumophila* en sistemas de agua caliente controlados y replicados a escala piloto con líneas de recirculación continua. Demostraron el potencial de que las estrategias de control térmico se vean socavadas por las derivaciones distales y la mezcla correctiva. Rhoads et al., (Rhoads et al., 2020) muestrearon una sección transversal de edificios ecológicos y los compararon con edificios convencionales. Encontraron un aumento del nivel de estancamiento del agua y una disminución de los residuos de cloro y cloramina en los edificios ecológicos, así como un aumento de los niveles de genes de ARNr 16S de bacterias totales y un aumento de los niveles de marcadores genéticos de *Legionella*. Los autores concluyeron que el elevado nivel de estancamiento del agua inherente al logro de los objetivos de sostenibilidad de los sistemas de tuberías en edificios ecológicos

plantea una situación preocupante con respecto a los productos químicos y la estabilidad microbiológica de la calidad del agua.

Donohue et al. (Donohue et al., 2014) utilizaron dos ensayos de qPCR para evaluar la incidencia del serogrupo 1 de *L. pneumophila* en 272 muestras de agua recolectadas en 2009 y 2010 de 68 grifos públicos y privados de agua potable fría en los Estados Unidos. Se detectó *L. pneumophila* serogrupo 1 en el 47 por ciento de los grifos. El crecimiento de *Legionella* dentro de un sistema de tuberías local puede ser una función del sistema o diseño de la tubería, así como de los materiales de tuberías, la temperatura del agua, la calidad del agua y otros factores específicos del sistema.

Tai et al.,(Tai et al., 2012) encontraron que el cobre inhibía el crecimiento de biopelículas a temperaturas que se encuentran típicamente en sistemas de agua caliente (20, 37 y 44 °C o 68, 99 y 111 grados °C), mientras que el acero inoxidable y el polietileno promueven el desarrollo de biopelículas y el crecimiento de *L. pneumophila*. Se encontró que la formación de biopelículas por *L. pneumophila* se inhibe en condiciones ricas en hierro (Hindr  et al., 2008).

Moritz et al.(Moritz et al., 2010) encontraron que *L. pneumophila* y *Pseudomonas aeruginosa* penetraron en biopelículas cultivadas en agua fría en diferentes materiales de tuberías en el laboratorio: caucho de etileno-propileno dieno-monómero (EPDM), polietileno reticulado de silano, polietileno reticulado por rayos de electrones y cobre. Los patógenos, agregados a las biopelículas después de 14 días, pasaron a formar parte de las biopelículas en EPDM y los polietilenos; sin embargo, solo *L. pneumophila* creció en la biopelícula de cobre, y solo en cantidades reducidas. En un estudio de ocho materiales de tuberías diferentes, el látex y los cauchos s nteticos (etileno-propileno) produjeron la biopelícula más extensa,

probablemente porque estos materiales filtran la mayor cantidad de nutrientes (Rogers et al., 1994).

1.2. Características microbiológicas y ecología de la *Legionella*

Recuerdo histórico

Fue en el año 1976 cuando comenzaron los estudios sobre la legionelosis, aunque hubo que esperar al primer simposio internacional sobre la enfermedad del legionario celebrado en Atlanta (EE.UU.) en el año 1978, para que se realizara su primera clasificación de género y el establecimiento como nueva familia bacteriana. Este estudio de la legionelosis en 1976 se produjo a raíz de un brote de neumonía en el hotel Bellevue Stratford de Filadelfia durante la celebración de una convención de veteranos de la Legión Americana que se desarrolló en los meses de verano (julio y agosto) con motivo de la celebración del bicentenario de la independencia de los EE. UU.(D. Fraser et al., 1977). En este brote hubo un total de 182 personas afectadas, siendo 29 el número de fallecidos, lo cual produjo un alto impacto en los medios de comunicación de la época. Aunque este fue el más conocido, cabe destacar que hubo casos anteriores. En el año 1957 en Austin, Minnesota (EE. UU.) hubo una importante cantidad de habitantes que desarrollaron una neumonía, que tardó más de veinte años en descubrirse su causa, así como, el producido en un hospital psiquiátrico en Washington DC (EE. UU.) (Salvador García, 2013). Ambos fueron reevaluados e identificadas sus causas con posterioridad.

Especies

En 1979 Brenner demostró que el agente etiológico de la enfermedad de los legionarios correspondía a un nuevo género bacteriano, el cual fue incluido en la familia *Legionellaceae*. (Brenner et al., 1979; Gea-Izquierdo, 2014). La familia *Legionellaceae* está formada por un único género *Legionella* con más de 50 especies, las cuales se pueden observar en la Tabla 1 (Croize, 2020; Gruas et al., 2013; Hernández González, 2021). Las diferencias antigénicas intraespecíficas dentro de la misma especie permiten la subclasificación en serogrupos, conociéndose hasta la actualidad más de 70.

No todas las especies se han relacionado con infecciones humanas, siendo la *L. pneumophila* la responsable mayoritaria de legionelosis. Aproximadamente, el 90% de las infecciones en humanos están originadas por *L. pneumophila*. De los 16 serogrupos identificados de *L. pneumophila* el 80% de los casos producidos de legionelosis lo son por el serogrupo 1 (Lin et al., 2011). Cabe destacar que el nombre proviene del evento que condujo a su descubrimiento, en honor a los pacientes afectados y al tropismo de este microorganismo en el pulmón (*Pneumophila*: “amante del pulmón”). En la Tabla 1 se puede recoger todas las especies, serogrupos y descripción de patología asociada.

Tabla 1. Familia *Legionellaceae*: especies, serogrupos y patología asociada.

Especie	Serogrupos	Patología	Especie	Serogrupos	Patología
<i>L. adalaidensis</i>	1	Desconocida	<i>L. lytica</i>	1	Desconocida
<i>L. anisa</i>	1	Si	<i>L. maceachernii</i>	1	Si
<i>L. beliardensis</i>	1	Desconocida	<i>L. massiliensis</i>	1	Desconocida
<i>L. birminghamensis</i>	1	Si	<i>L. micdadei</i>	1	Si
<i>L. bozemaniae</i>	2	Si	<i>L. moravica</i>	1	Desconocida
<i>L. brunensis</i>	1	Desconocida	<i>L. nagasakiensis</i>	1	Si
<i>L. busanensis</i>	1	Desconocida	<i>L. nautarum</i>	1	Desconocida
<i>L. cardiaca</i>	1	Si	<i>L. norrlandica</i>	1	Desconocida
<i>L. cherrii</i>	1	Desconocida	<i>L. oakridgensis</i>	1	Si
<i>L. cincinnatiensis</i>	1	Si	<i>L. parisiensis</i>	1	Si
<i>L. drancourtii</i>	1	Desconocida	<i>L. pittsburghensis</i>	1	Desconocida
<i>L. dresdenensis</i>	1	Desconocida	<i>L. pneumophila</i>	16	Si
<i>L. drozanskii</i>	1	Desconocida	<i>L. quateirensis</i>	1	Desconocida
<i>L. dumoffii</i>	1	Si	<i>L. quinlivanii</i>	2	Desconocida
<i>L. erythra</i>	2	Si	<i>L. rowbothamii</i>	1	Desconocida
<i>L. fairfieldensis</i>	1	Desconocida	<i>L. rubrilucens</i>	1	Desconocida
<i>L. fallonii</i>	1	Desconocida	<i>L. sainthelensi</i>	2	Si
<i>L. feeleii</i>	2	Si	<i>L. santicrucis</i>	1	Desconocida
<i>L. geestiana</i>	1	Desconocida	<i>L. shakespearei</i>	1	Desconocida
<i>L. gormanii</i>	1	Si	<i>L. spiritensis</i>	2	Desconocida
<i>L. gratiana</i>	1	Desconocida	<i>L. steelei</i>	1	Si
<i>L. gresilensis</i>	1	Desconocida	<i>L. steigerwaltii</i>	1	Desconocida
<i>L. hackeliae</i>	2	Si	<i>L. taurinensis</i>	1	Desconocida
<i>L. impletisoli</i>	1	Desconocida	<i>L. tusconensis</i>	1	Si
<i>L. israelensis</i>	1	Desconocida	<i>L. tuniciensis</i>	1	Desconocida
<i>L. jamestowniensis</i>	1	Desconocida	<i>L. wadsworthii</i>	1	Si
<i>L. jordanis</i>	1	Si	<i>L. waltersii</i>	1	Desconocida
<i>L. lansingensis</i>	1	Si	<i>L. worsleiensis</i>	1	Desconocida
<i>L. londiniensis</i>	2	Desconocida	<i>L. yabuuchiae</i>	1	Desconocida
<i>L. longbeachae</i>	2	Si			

Aunque *Legionella* pueden producir otras infecciones, la *L. pneumophila*, serogrupo 1, genera principalmente infecciones respiratorias en los seres humanos. Así mismo, aunque la *L. pneumophila*, serogrupo 1, es la de mayor amplitud, también existen otros 15 serogrupos, entre los que destacan, *Legionella mirdadei*, *Legionella bozemanii* con 2 serogrupos, *Legionella dumoffii* y *Legionella longbeachae* también con 2 serogrupos.

Características morfológicas y fisiológicas

Cabe indicar que es un género formado por un grupo de bacterias pleomórfico con predominio de la forma bacilar, con 0.3 - 0.9 micras de diámetro y 2- 3 micras de longitud. Sin embargo, su tamaño puede ser muy variable llegando a más de 20 micras de longitud dependiendo de las condiciones y si se encuentran en cultivo in vitro (Mercante & Winchell, 2015).

Fue definida y caracterizada por el Center for Disease Control (CDC) de Atlanta como agente infeccioso formado por una bacteria Gram negativa aeróbica (Feely et al., 1979). Aunque estructuralmente se consideran bacilos gramnegativos, se observa con dificultad mediante la tinción de Gram¹, siendo la técnica de Giemsa², tan rápida como la tinción de Gram, con la que se tiñe el microorganismo de forma más efectiva (D. Fraser et al., 1977). No forman esporas, no son capsuladas y mayoritariamente son móviles con flagelo polar, exceptuando algunas especies como la *Legionella longbeachae* y la *Legionella oakridgensis* (Appelt S, Heuner K, 2017). Y son bacterias intracelulares facultativos, estrictamente aerobios y su crecimiento en el laboratorio se puede ver favorecido en una atmósfera con un 3% de dióxido de carbono (CO₂). Algunas especies pueden presentar fluorescencia al ser expuestas a longitudes de onda cerca de los 360 nm.

¹ Una tinción de Gram es un procedimiento de laboratorio que se utiliza para detectar la presencia de bacterias y, a veces, de hongos en una muestra tomada del sitio de una infección sospechada. Da resultados relativamente rápidos en cuanto a la presencia de bacterias u hongos y, de ser así, del tipo o tipos generales. La tinción de Gram consiste en aplicar una muestra del área infectada en un portaobjetos de vidrio y dejar que se seque. Luego, el portaobjetos se trata con una tinción especial y un técnico de laboratorio capacitado lo examina bajo un microscopio. Cualquier bacteria que pueda estar presente se clasifica por color y forma durante la evaluación microscópica: Color: por lo general, las bacterias pueden ser "Gram positivas" (violeta) o "Gram negativas" (rosa); Forma: las formas más comunes son redondas (cocos) o en forma de varilla (bacilos).

² La tinción de Giemsa o Giménez Porraz, que lleva el nombre del químico y bacteriólogo alemán Gustav Giemsa, es una tinción de ácido nucleico que se utiliza en citogenética y para el diagnóstico histopatológico de la malaria y otros parásitos.

Ecología y amebas

El género *Legionella* tiene como reservorio principal el medio acuático incluyendo ríos, lagos, humedales, aguas termales, aguas subterráneas o fuentes (Mercante & Winchell, 2015). Se ha aislado también en sedimentos, compost y suelos (Fliermans et al., 1981; Mercante & Winchell, 2015a; Van Heijnsbergen et al., 2016).

Desde el punto de vista biológico es importante resaltar que tiene la capacidad de crecimiento intracelular en protozoos y macrófagos humanos, sin que sea reconocida como un agente extraño, lo cual le proporciona una estrategia de gran importancia para infectar a los seres humanos.

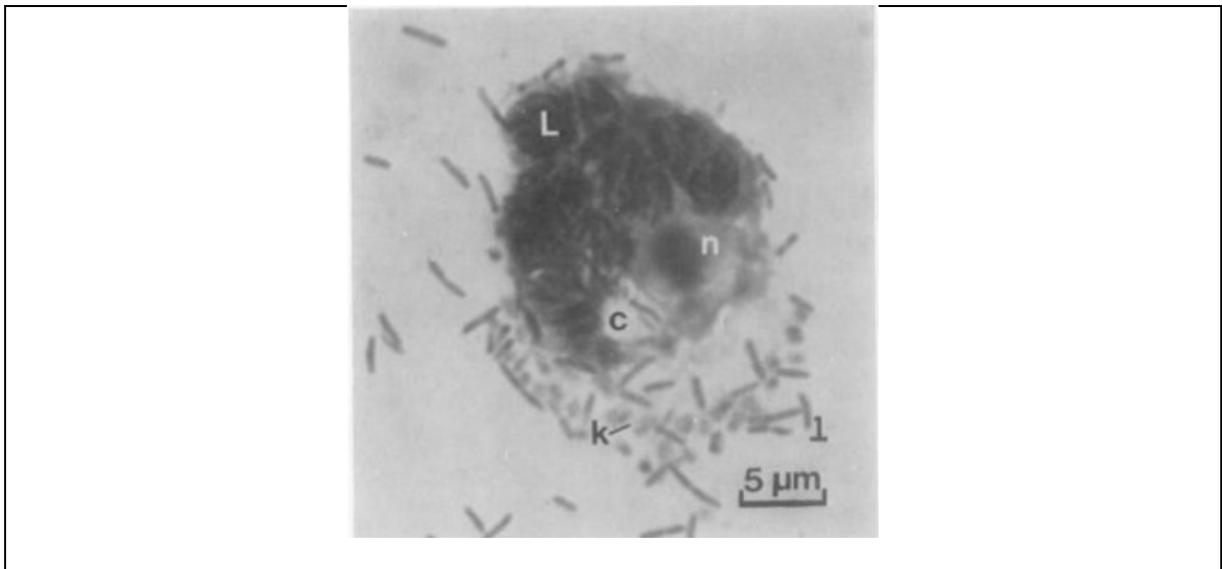
El principal mecanismo de proliferación en el medio natural es la multiplicación intracelular dentro de protozoos como las amebas de los que son un importante patógeno (Rowbotham, 1980). Esta es la principal razón por la que a menudo se encuentran asociados y su relación es importante para la epidemiología de *Legionella* (David et al., 2017; Richards et al., 2013). Para conseguirlo usa los propios orgánulos de la célula de los que se rodea, estrategia que les sirve para poder multiplicarse en su interior sin ser atacada por la propia célula.

Tras su descubrimiento se intuyó que la fuente de infección de *Legionella* estaba relacionada con el agua. Pero fue, Rowbotham (Rowbotham, 1980) quien aportó una nueva idea en la microbiología: algunas bacterias eran capaces de infectar organismos unicelulares como las amebas y utilizaban los mismos procesos en la infección de células animales como los macrófagos pulmonares en el hombre. Así pues, los protozoos se vieron como los huéspedes

principales y naturales de *Legionella*, mientras que la infección de los macrófagos es una infección accidental y oportunista (Fields, Barry. Robert, Benson. Besser, 2002).

Se puede observar en la Figura 1, las fases que realiza en su proceso de colonización y multiplicación, alcanzando con esta estrategia una buena protección contra la acción de agentes externos (antibióticos y desinfectantes), salvo que estos puedan penetrar en las células y por lo tanto atacarles (Allen S., 2008:528).

Figura 1. Trofozoito de *Acanthamoeba castellanii* infectada por *Legionella pneumophila* Oxford.

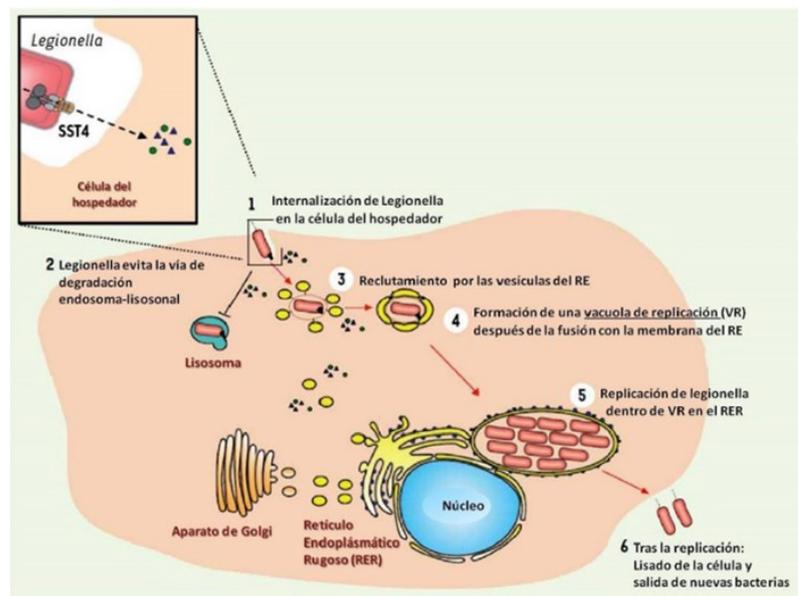


Nota: Extraída de (Rowbotham, 1980). Trofozoito de *Acanthamoeba castellanii* infectada por *Legionella pneumophila* Oxford-1. Tinción modificada de Giménez. L = vacuolas que contiene *Legionella*; n = núcleo; c = vacuola contráctil; k = *Klebsiella* extracelular y l = *Legionella* extracelular alrededor de la ameba.

Unos de estos protozoos, organismos unicelulares, ubicuos y distribuidos ampliamente en la naturaleza son las amebas de vida libre (free-living amoebae, FLA). Las FLA se encuentran en sedimentos, suelos y medio acuático, especialmente, en aquellos donde hay bacterias, pequeñas algas o pequeños hongos de los que se alimentan (Taylor et al., 2012). Algunas bacterias, y entre ellas las *Legionellas*, han desarrollado estrategias para evitar la

digestión y son capaces de vivir dentro de ellas y en algunos casos multiplicarse (David et al., 2017). Estas bacterias se conocen como bacterias resistentes a las amebas (amoeba-resistant bacteria, ARB) (Mba Medie et al., 2011). Visto estos mecanismos, se puede considerar que la *Legionella* tienen una fácil forma de reproducirse de forma masiva, pudiendo colonizar las redes hídricas, y aumentando su capacidad de persistencia en las mismas, así como en sus biocapas o biofilm, teniendo por lo tanto una gran resistencia en lo que se puede considerar su hábitat natural.

Figura 2. Etapas del desarrollo de *Legionella* dentro de una célula eucariota. Hubbert et al, 2010.



Las FLA controlan y modelan la materia orgánica en la naturaleza y en los sistemas de agua artificiales. Alteran la composición de las comunidades microbianas eliminando bacterias por predación o aumentando las poblaciones bacterianas capaces de replicarse en su interior. La interacción *Legionella* - huésped es perjudicial para este último. Ya que, además de encontrar un nicho replicativo en su interior, crecer y multiplicarse inhiben el crecimiento del huésped, la proliferación y la motilidad quimiotáctica y, en el momento de la liberación de la bacteria al medio, lo mata.

Muchos de los ARB que se multiplican en protozoos están especializados en un pequeño rango de huéspedes. Pero, sin embargo la *Legionella* tiene un gran abanico de huéspedes que abarcan diferentes filos de protozoos como (i) *Amoebozoa* (*Acanthamoeba*, *Vermamoeba* (*Hartmannella*), *Dictyostelium*, *Ballamuthia*, *Echinamoeba*), (ii) *Ciliophora* (*Tetrahymena*, *Paramecium*) o (iii) *Percolozoa* (*Naegleria*, *Tetramitus*, *Willaert*).

Aunque los huéspedes más comunes pertenecen a los géneros: *Acanthamoeba*, *Vermamoeba* (*Hartmannella*), *Tetrahymena* y *Naegleria*. Este gran rango de huéspedes del género es posible gracias a la versatilidad génica que tienen y que les permiten adaptarse a las variaciones de los diferentes huéspedes. Sin embargo, se debe mencionar que no todas las especies pueden infectar todo el rango de huéspedes. Las características de cada una hacen que estén más especializadas en unas especies de huéspedes que en otros. Así es, el desenlace también depende de quién es quién: bacteria y huésped, y de las propiedades específicas inherentes a cada microorganismo. Se ha visto que las cepas de *Legionella* cultivadas previamente en FLA son más virulentas en modelos de infección animal que las *Legionellas* que procedían de medio de cultivo (Angela Magnet Dávila, 2015).

Así pues, la interacción FLA-*Legionella* es un factor crítico para determinar tanto por la persistencia de la bacteria al medio como por la incidencia y la severidad de la enfermedad. Pero esta relación, aunque puede ser mucho más complicada, ya que las amebas bajo circunstancias desfavorables pasan de estar de una forma activa llamada trofozoito, que se divide por mitosis, a una forma durmiente y con un metabolismo bajo llamado quiste que no se reproduce. Estos quistes tienen una doble pared con poros y resisten condiciones desfavorables. Esto favorece que puedan sobrevivir en ambientes críticos (como podrían ser en condiciones de exposición prolongada o alto nivel de concentración de biocidas, amplios rangos de altas

temperaturas, etc.), y le confieren una alta tolerabilidad. Y cuando las condiciones vuelven a ser óptimas, se desenquisten y vuelven a pasar al estadio de trofozoito activo.

Legionella no suelen infectar las FLA cuando están en forma de quiste, pero si las amebas deciden enquistarse una vez infectadas con la bacteria, el nuevo estado, les proporcionan un entorno estable y protegido. Un aspecto importante a tener en cuenta es que la *Legionella* puede presentarse en forma de células viables, pero no cultivables. Estas células tienen membranas más gruesas, más resistencia a factores químicos y ambientales y tasas metabólicas más bajas (Whiley & Taylor, 2016), y aunque son viables no pueden crecer en cultivo.

Esta diferenciación hacia células viables, pero no cultivables³ (VBNC, Viable But Non-Culturable), se da por condiciones desfavorables o estresantes (Schrammel et al., 2018) para la bacteria como desinfecciones (cloro, temperatura) o condiciones de hambre o escasez de nutrientes (Whiley & Taylor, 2016). En el caso de legionelas que han sufrido escasez de nutrientes, la resistencia a temperatura o cloro es más elevada (Whiley & Taylor, 2016). Además, no todas las células VBNC son iguales (Al-Bana et al., 2014) dependiendo de la fase del ciclo celular en el que se encontraban originalmente. La recuperación de las VBNC de *Legionella* parece ser más eficiente después del cultivo con amebas (Whiley & Taylor, 2016).

³ La diferenciación hacia las VBNC (siglas en inglés de “Viable But Non-Culturable”) es un fenómeno que se refiere a la capacidad de ciertos microorganismos de mantenerse vivos pero en un estado no cultivable. En otras palabras, aunque estas bacterias siguen siendo viables desde el punto de vista metabólico, no pueden crecer en los medios de cultivo tradicionales.

Este estado de VBNC puede ser inducido por diversas condiciones ambientales, como la falta de nutrientes, la exposición a temperaturas extremas o la presencia de sustancias tóxicas. Las bacterias en este estado pueden permanecer latentes durante períodos prolongados y luego recuperar su capacidad de crecimiento cuando las condiciones son más favorables.

Los científicos estudian las VBNC para comprender mejor su fisiología y su papel en la ecología microbiana. Aunque estas bacterias no son infecciosas en su estado VBNC, su capacidad para recuperarse y volver a ser cultivables plantea preguntas importantes sobre la detección y el control de patógenos en el medio ambiente.

Este estadio todavía dificulta más el estudio de *Legionella* ya que los métodos de cultivo habituales no las detectan y pueden ser obviadas.

Biofilms

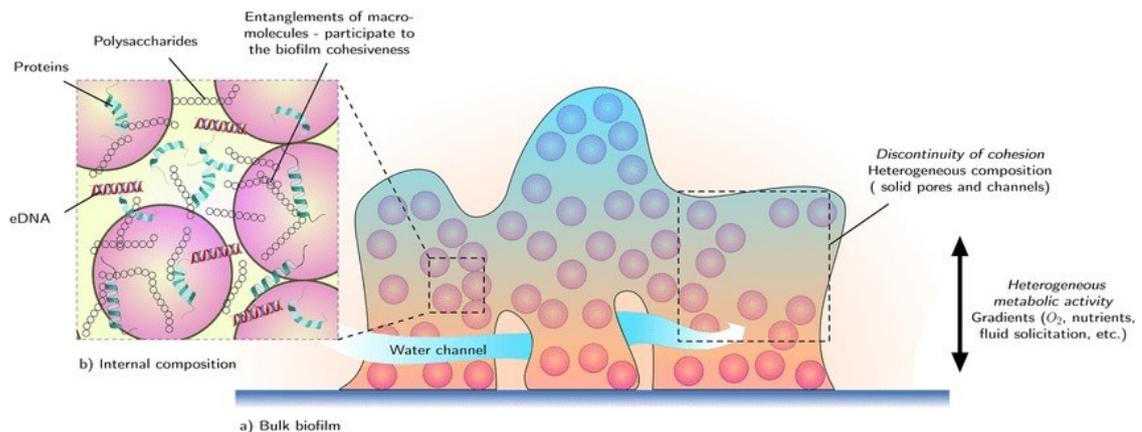
Los biofilms acuáticos también son uno de los reservorios más importantes ya que hacen relaciones de sinergia con otros organismos y sacan los nutrientes necesarios para su crecimiento y multiplicación (David et al., 2017). Aunque pueden presentarse en forma planctónica libre y con motilidad, el medio acuático *per se* no tiene los suficientes nutrientes para la multiplicación bacteriana. Y, en caso de que así fuera, no podrían competir con otras bacterias con un crecimiento y ciclo celular mucho más rápido (Fields. et al., 2002).

Los tipos de *Legionella* también pueden encontrarse asociadas a biofilms, que no dejan de ser otra forma de resistencia frente condiciones adversas. Los biofilms están formados por matrices muy complejas de diferentes microorganismos: bacterias, algas, pequeños hongos y FLA, que son gran consumidoras de biofilms (David et al., 2017; Mercante & Winchell, 2015). Las células del biofilm están rodeadas de una matriz extracelular rica en polisacáridos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos y lípidos (Flemming & Wingender, 2010). Es esta matriz extracelular la que da estabilidad mecánica al biofilm y responsable de la adhesión a superficies y adhesión cohesiva entre células para formar una red 3D que interconecta e inmoviliza temporalmente las células inmersas (Boudarel et al., 2018; Flemming & Wingender, 2010).

Las microcolonias inmersas en la matriz están separadas entre ellas por canales que permiten el transporte de nutrientes, oxígeno y material genético entre otros. Así, los diferentes

gradientes de nutrientes, pH, oxígeno y temperatura suplen las variadas necesidades de los diferentes microorganismos que forman el biofilm (Abu Khweek & Amer, 2018; Ren et al., 2018). Son unas estructuras dinámicas que están en cambio continuo en espacio y en tiempo y que permiten una mejor supervivencia de todos los microorganismos asociados (Abu Khweek & Amer, 2018; Monroe, 2007).

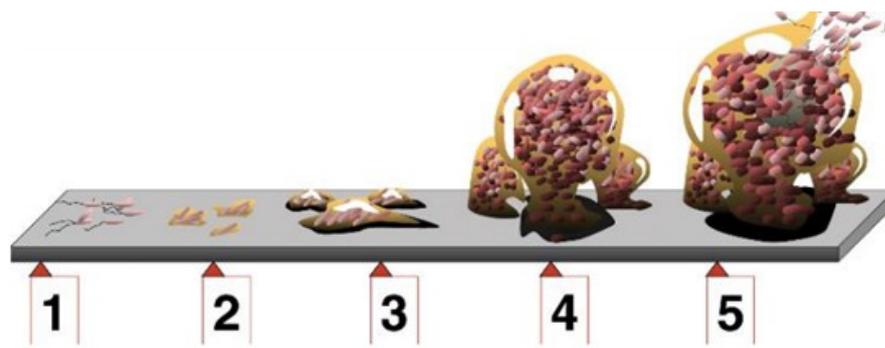
Figura 3. Heterogeneidad de un biofilm.



Nota. Bacterias rodeadas de una matriz extracelular polisacárida con diferentes gradientes de nutrientes y ampliación de la composición interior de la matriz extracelular. Fuente: Extraído de (Boudarel et al., 2018).

Los biofilms pueden desprenderse parcialmente por diferentes motivos, como la presión del agua, haciendo posible la colonización de otras partes y facilitando su extensión dentro de los sistemas de agua. Generalmente, el biofilm presenta tres fases principales con 5 pasos diferenciados: 1) unión sustrato-bacterias o bacterias-bacterias mediante estructuras de adhesión, 2) maduración del biofilm y 3) liberación y dispersión parcial al ambiente (Abu Khweek & Amer, 2018; Monroe, 2007).

Figura 4. Pasos necesarios para la formación y maduración de un biofilm.



Nota. 1) Contacto y unión reversible al sustrato. 2) Unión irreversible. 3) Crecimiento y maduración inicial 4) Maduración y 5) Liberación y dispersión parcial. Fuente: Extraído de (Monroe, 2007).

Dentro de los biofilms, las *Legionellas* están en gran parte en forma sésil (Fields, Barry. Robert, Benson. Besser, 2002b; Mercante & Winchell, 2015) pero pueden pasar a la forma planctónica y liberarse al agua (Mercante & Winchell, 2015). Los biofilms las podrían proteger y podrían proporcionar los nutrientes necesarios para el crecimiento y multiplicación incluso fuera del medio intracelular al que están adaptadas (David et al., 2017). La caracterización de *Legionella* en estos ecosistemas es difícil, pero estudios con modelos de biofilms han demostrado que la replicación de *Legionella pneumophila* dentro de esta era dependiente de la presencia de sus huéspedes, es decir, de FLA. Aunque, sin ellas, las células pueden persistir (Balczun & Scheid, 2017; Fields, Barry. Robert, Benson. Besser, 2002).

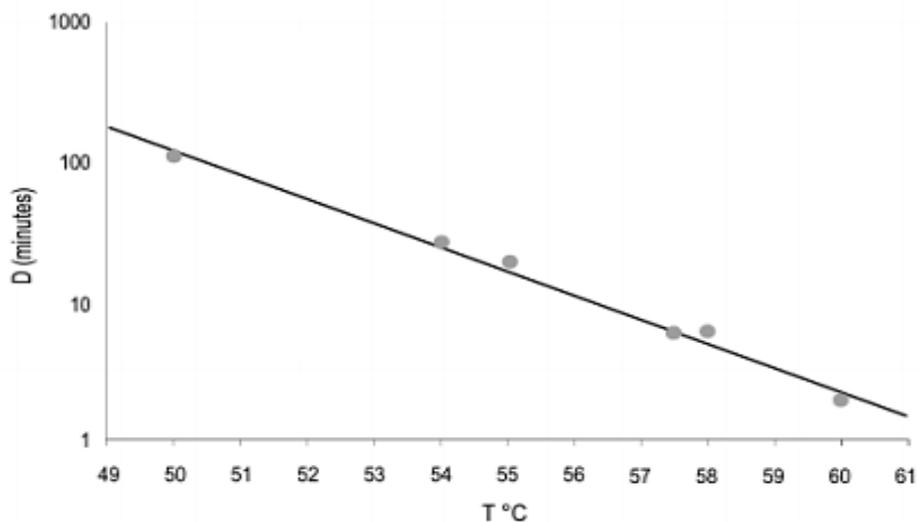
La presencia de otros microorganismos que compiten por los mismos nutrientes y más adaptados al medio extracelular podrían tener ventajas frente *Legionella* que está adaptada al medio intracelular y con un metabolismo mucho más lento. Así, el crecimiento de *Legionella* se ha visto inhibido por la presencia de otras bacterias como los del género *Bacillus*, o el género *Pseudomonas* o bacterias de la microbiota oral (Mercante & Winchell, 2015). En el caso de *Pseudomonas aeruginosa*, el autoinductor de quórum sensing 3-oxo-C12-HSL inhibe la formación de biofilms de *Legionella pneumophila* (Abu Khweek & Amer, 2018).

Influencia de otros factores sobre la bacteria

La *Legionella* es una bacteria termotolerante, capaz de sobrevivir en un rango de temperatura amplio (4 °C hasta más de 60 °C). Sin embargo, se multiplican entre 25 °C y 42 °C, con una temperatura óptima de 35 °C (Richards et al., 2013). Cabe destacar como recomendaciones generales respecto a la temperatura el mantenimiento de la temperatura fuera del rango óptimo para su crecimiento. Esta medida es una de las más básicas y efectivas de control para los sistemas de agua. Así pues, los sistemas de agua deben evitar rangos de temperatura entre 25 °C - 45 °C para evitar ser colonizados. Idealmente, los sistemas de agua fría deben mantenerse por debajo de los 20 °C y los de agua caliente por encima de los 50 °C (Richards et al., 2013).

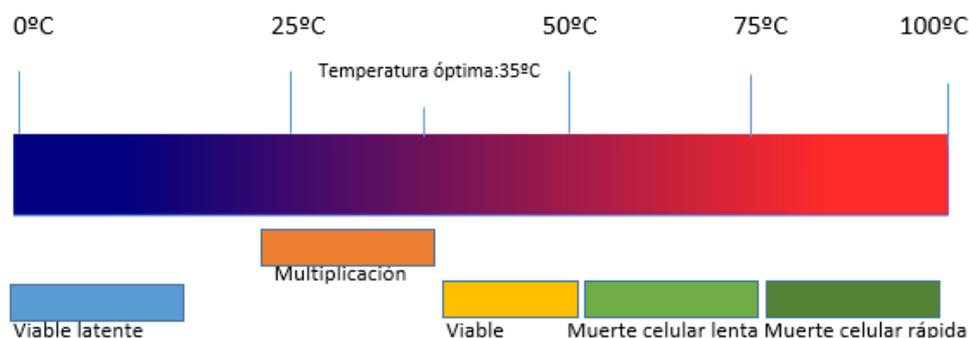
Se puede observar en las Figuras 5 y 6 datos sobre el comportamiento de la *Legionella* respecto a la temperatura del agua donde están.

Figura 5. Tiempo de reducción decimal de *Legionella pneumophila* sg 1 a diferentes temperaturas.



Nota. (D = minutos necesarios para reducir el 90% de la población).
Fuente: Extraído de (Richards et al., 2013).

Figura 6. Esquema del efecto de la temperatura en la viabilidad de *Legionella*.



Nota. Elaboración propia.

La temperatura exterior también puede afectar la relación entre *Legionella* y sus huéspedes. La capacidad de crecimiento y replicación dentro de las FLA puede ser dependiente de temperatura (George et al., 1980; Richards et al., 2013) y no sólo eso, sino que la temperatura exterior también modula la motilidad y la virulencia de la bacteria (Richards et al., 2013). La expresión flagelar o de pilis es más elevada a 30 °C que a 37 °C, la adherencia es más elevada a 25 °C que a 41 °C y *Legionella pneumophila* cultivada a 24 °C es menos virulenta que cultivada a 37 °C. Un aumento de la temperatura por encima de los 37 °C en la naturaleza puede significar un estrés ambiental al que la bacteria responde (Liu & Shin, 2019).

Además, según el huésped, el rango de temperatura puede llevar a un desenlace diferente. Con un huésped más restrictivo como la *Acanthamoeba Polyphaga* la infección se da si la temperatura es superior a 25 °C, mientras que si es inferior, *Legionella* es consumida (David et al., 2017). En el caso de la *Tetrahymena* la *Legionella* puede replicarse a 35 °C fácilmente, pero es expulsada de la célula a temperaturas más bajas (David et al., 2017). El efecto de la temperatura se modifica en presencia de biofilm. En presencia de biofilms estas medidas de

control no son suficientes ya que las bacterias inmersas están protegidas y temperaturas mucho más elevadas serían necesarias para afectar a la *Legionella* (Konishi et al., 2006).

Así pues además de la temperatura hay otros aspectos a tener en mente. La temperatura es uno de los factores clave en el ciclo de *Legionella* e influye en muchos aspectos relacionados y sin ser excluyentes entre sí (David et al., 2017): crecimiento, amplificación, motilidad, adherencia (incluido biofilms), cambio de comportamiento según especie o cepa de *Legionella* o cambio en la relación con la célula huésped.

1.3. Epidemiología de la legionelosis

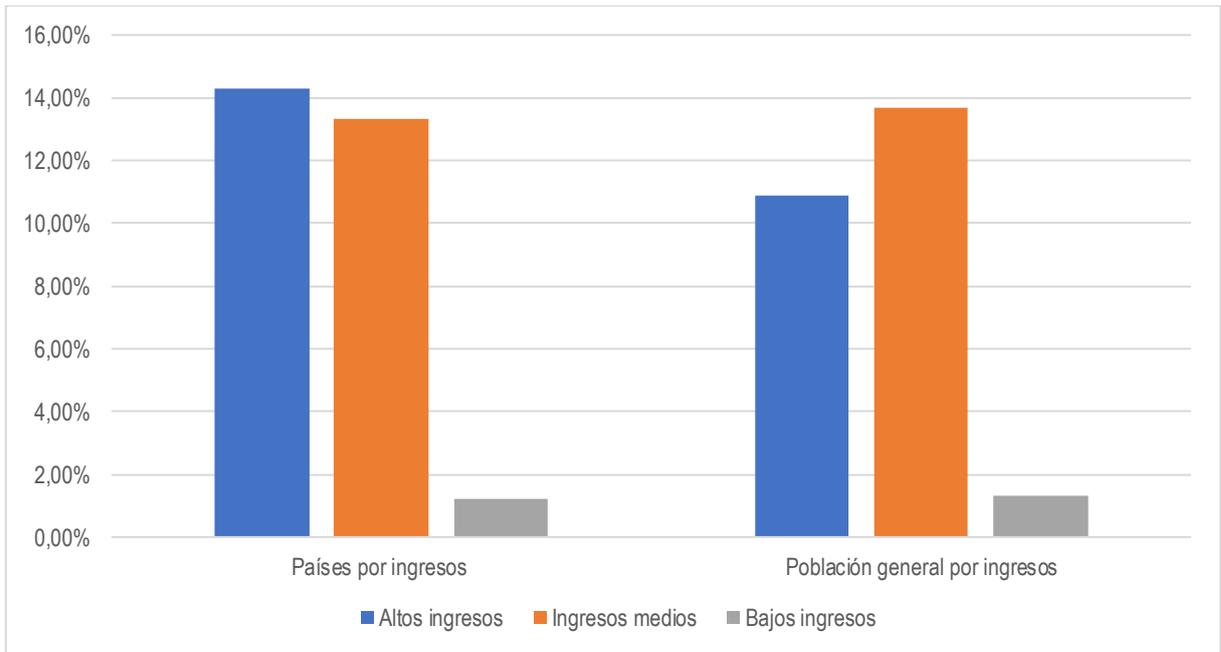
Los estudios epidemiológicos de *Legionella* han mostrado una variación geográfica significativa en la seroprevalencia⁴ de legionelosis tanto a nivel mundial, como a nivel nacional (Rudbeck et al., 2010). Por lo general, estos estudios han sido transversales y casi siempre se han utilizado para determinar los niveles de exposición en poblaciones por lo demás sanas o en diferentes grupos de riesgo (Franzin & Scramuzza, 1995). La seroprevalencia se utiliza para estimar la cantidad de personas que han estado expuestas a la enfermedad y es un indicador importante para evaluar la exposición de la población a esta enfermedad infecciosa. Su interpretación debe considerar factores geográficos, socioeconómicos y de salud pública. La seroprevalencia de la legionelosis a nivel global muestra diferencias importantes por nivel de ingresos de los países (Figura 7), y por la distribución geográfica (Figura 8). Algunas regiones pueden tener tasas más altas debido a factores ambientales como una mayor exposición, pero también a pueden estar influidos por la calidad del sistema sanitario y el acceso a recursos diagnósticos.

En general, se estudia siempre la prevalencia de anticuerpos frente a *L. pneumophila* serogrupo 1, ya que a nivel mundial es la especie aislada con mayor frecuencia. No obstante, un estudio italiano mostró una diversidad significativa de prevalencia de anticuerpos en diferentes poblaciones (Ditommaso et al., 2008).

Los estudios de seroprevalencia tienen limitaciones. La prevalencia de anticuerpos no siempre es estrictamente comparable debido al uso de diferentes métodos de diagnóstico y diferentes valores de corte. Por ejemplo, un aumento de 4 veces o más en el título de anticuerpos recíprocos a $\geq 1: 128$ se considera un caso confirmado por laboratorio de legionelosis mientras que un título alto único de $\geq 1: 256$, junto con características clínicas apropiadas que sugieran legionelosis, se considera presuntivo y evidencia de infección en un momento indeterminado. Sin embargo, esta última definición debe usarse con precaución, ya que se ha demostrado que un título de anticuerpos en fase aguda único de $\geq 1: 256$ no puede discriminar entre casos de enfermedad clínica y subclínica (Plouffe et al., 1995). Además, la utilidad de la serología que tiene valores de título de corte bajos puede complicarse por las reacciones cruzadas que ocurren entre *Legionella spp.* y otras bacterias gramnegativas, lo que sugiere que la reacción cruzada serológica es una ocurrencia común en las pruebas serológicas rutinarias de *Legionella* tanto en pacientes con neumonía como sin ella (Phares et al., 2007). Un metaanálisis reciente (Graham et al., 2020) estudio la seroprevalencia⁴ de los anticuerpos de *Legionella* a nivel global (Ver Figuras 11 y 12).

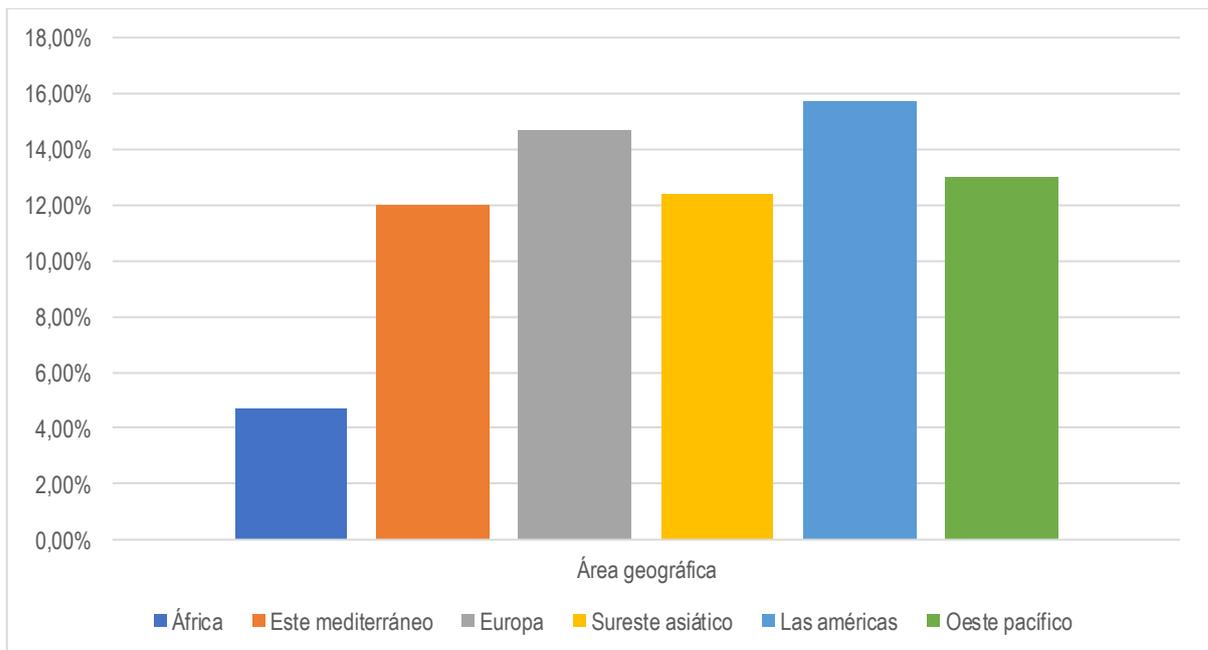
⁴ La seroprevalencia a nivel global se refiere a la proporción de personas en una población que tienen anticuerpos específicos en su sangre. Estos anticuerpos pueden ser el resultado de una infección previa o de una vacunación.

Figura 7. Datos de seroprevalencia de legionelosis a nivel global según ingresos de los países y de la población general.



Nota: Se puede observar que hay mayor seroprevalencia en países y población de ingresos medios y altos

Figura 8. Datos de seroprevalencias en relación con al área geográfica.



Nota: Se observa mayor seroprevalencia en continentes más desarrollados industrialmente.

En ambos casos se puede observar que las mayores prevalencias se identifican en los países o población con mayores ingresos y zonas de países desarrollados. Esto puede también ser debido a que en estos países se realizan mayores actividades de control y que existen más mecanismos de detección.

Demografía, factores de riesgo y resultados

A nivel mundial, la demografía de las personas afectas de legionelosis es bastante similar en todos los países (Phin et al., 2014). La enfermedad es rara en niños y la mayoría de los casos ocurren en adultos con una mediana de edad en la fecha de inicio entre 60 y 65 años. Las tasas de notificaciones aumentan con la edad y aproximadamente el 80% de los casos notificados ocurrieron en personas mayores de 50 años. La legionelosis es más común en los hombres y la proporción entre hombres y mujeres es de aproximadamente 2,5:1 (Beauté, 2017).

Los factores de riesgo conocidos incluyen además de la edad, el sexo masculino, el tabaquismo, la enfermedad pulmonar crónica, la diabetes y diversas afecciones asociadas con la inmunodeficiencia (Ginevra et al., 2009). Un estudio poblacional reciente llevado a cabo en los EE. UU. identificó 12 condiciones clínicas asociadas con un mayor riesgo de legionelosis (SK, 2005). Además de los factores de riesgo previamente conocidos, como la enfermedad pulmonar crónica, este estudio sugirió que otros factores clínicos podrían desempeñar un papel, incluidas las enfermedades cardiovasculares y las enfermedades neurológicas, que además, la pobreza y ciertas ocupaciones se asocian con un mayor riesgo de infección. (Farnham et al., 2014).

Así, en un estudio realizado en los Estados Unidos, trabajar en transporte, reparación, servicios de protección, limpieza o construcción se asoció con un mayor riesgo de legionelosis adquirida en la comunidad de aparición entre junio y octubre (Phin et al., 2014). En los EE. UU., la estacionalidad pareció ser menos pronunciada en los estados con climas templados (regiones del sur y oeste). Los datos de Japón, Corea del Sur y Taiwán sugieren un patrón similar en otras partes del mundo. (Han et al., 2017).

En América del Norte y Europa, la distribución mensual de los casos de legionelosis muestra una clara estacionalidad con la mayoría de los casos notificados durante la estación cálida (Beauté, 2017; Bull et al., 2012). En Europa, la letalidad es de aproximadamente el 10%, pero suele ser mayor en los grupos de mayor edad (File, 2003). Al ajustar por edad y sexo, los casos asociados con la atención médica se asociaron significativamente con un mayor riesgo de desenlace fatal en comparación con otros entornos de infección. Un estudio en Francia sugirió que el sexo femenino, la edad, el ingreso en la UCI, la insuficiencia renal, el tratamiento con corticosteroides y el aumento del nivel de proteína C reactiva (PCR) se asociaron con una mayor mortalidad (Beauté, 2017).

Brotos

Los brotes de legionelosis se describieron por primera vez en una convención de la Legión Americana en 1976 (D. W. Fraser et al., 1977). Aunque nunca se pudo confirmar el origen del brote (visitar el vestíbulo del hotel era un factor de riesgo), la curva epidemiológica todavía se presenta en los libros de texto como un ejemplo típico de un brote puntual (Giesecke, s.f.). En Europa, se cree que la gran mayoría de los casos son esporádicos (>90%) (Beauté, 2017).

Sin embargo, en ausencia de una definición sólida para la mayoría de los lugares de infección, es difícil estimar la proporción exacta de casos asociados con la misma fuente probable de infección. Los grupos de casos asociados a viajes y los casos asociados a la atención sanitaria son probablemente más fáciles de identificar, aunque rara vez se identifica la fuente de infección. Los brotes grandes se pueden asociar a morbi-mortalidad específica. Se han descrito problemas de calidad de vida relacionados con la salud y trastorno de estrés postraumático entre los sobrevivientes de brotes de legionelosis (Giesecke, 2017).

Los brotes atraen mucha la atención de los medios de comunicación y pueden desencadenar cambios en la política sanitaria (Sonder et al., 2008). Durante los brotes de legionelosis, la rápida localización del origen y el tratamiento de la fuente de infección es esencial prevenir otros casos. En algunos brotes, la fuente probable de infección se identifica fácilmente porque la mayoría de los casos permanecieron o visitaron el mismo lugar. En los brotes grandes, las torres de refrigeración suelen ser la fuente de infección. Ver Tabla 2.

Tabla 2. Selección de grandes brotes de legionelosis (>100 casos), 1976–2018.

Lugar	Año	Nº de casos	Fatalidades	Fuente
Filadelfia, EE.UU.	1976	182	16%	No confirmado
Los Angeles, EE.UU.	1977–82	>200	-	Agua potable
Bovenkaspel, Países Bajos	1999	188	11%	Spá Whirlpool
Melbourne, Australia	2000	125	3%	Torre de refrigeración
Murcia, España	2001	449	1%	Torre de refrigeración
Barrow-in-Furness, G.B	2002	197	4%	Torre de refrigeración
Miyazaki, Japón	2002	295*	2%	Baño público
Sarpsborg, Noruega	2005	103	10%	Depurador de aire industrial
Pamplona, España	2006	146	0%	Torre de refrigeración
Quebec, Canadá	2012	182	8%	Torre de refrigeración
Vila Franca de Xira, Portugal	2014	334	4%	Torre de refrigeración
Nueva York EE.UU	2015	138	12%	Torre de refrigeración

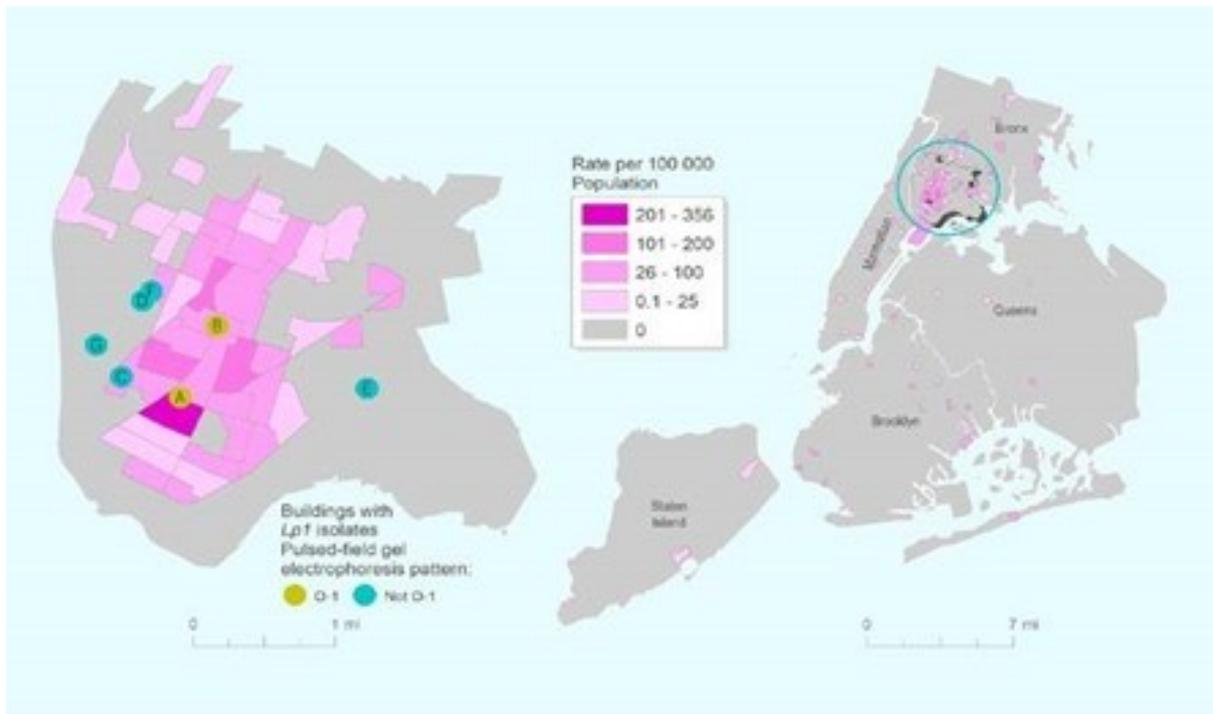
Nota. Adaptado de (Phin et al., 2014)

Sin embargo, el origen de un brote, especialmente un brote comunitario, a veces no se identifica. Los enfoques clásicos para la investigación de brotes (estudios de controles de casos) a menudo son infructuosos. El análisis suele centrarse en la interacción de los casos con su entorno. Aunque el lugar de residencia es fácil de obtener, disponer de datos detallados sobre los movimientos de los casos durante el período de exposición potencial puede ser difícil. En tales casos, la investigación puede beneficiarse de otras herramientas como los sistemas de información geográfica (SIG) (Sonder et al., 2008).

Los SIG (Sistemas de información geográfica) son herramientas que recopilan, analizan y muestran datos con cualquier componente geográfico. El uso de SIG durante un brote de legionelosis puede ayudar a identificar patrones espaciales en relación con una fuente común de infección (Ver Figura 9). El análisis puede incluir no solo datos de casos, sino también ubicaciones de fuentes potenciales (por ejemplo, torres de enfriamiento), datos demográficos y datos meteorológicos. Hay ejemplos de investigaciones exitosas que identificaron la fuente simulando la dispersión de aerosoles emitidos por fuentes potenciales de infección (Nygård et al., 2008).

La información espacial básica para los casos suele recuperarse fácilmente (ubicación del hogar, lugar de trabajo, lugares visitados, etc.) pero identificar rutas de viaje detalladas y lugares visitados con duración de estancia más corta durante el período de exposición potencial puede ser muy difícil con las técnicas tradicionales de cuestionario. Los datos de las tarjetas del módulo de identidad de los abonados o tarjetas SIM de los teléfonos móviles se han utilizado recientemente con éxito durante un brote de cólera para rastrear los movimientos de la población (Bengtsson et al., 2011). Una metodología similar podría producir resultados prometedores en la investigación de los brotes de legionelosis.

Figura 9. Tasas brutas de ataque de la enfermedad de los legionarios por distrito censal y torres de enfriamiento que dan positivo para *Legionella pneumophila* serogrupo 1 (Lp1), Bronx, Ciudad de Nueva York, 2 de julio a 3 de agosto de 2015.



Nota. Adaptado de (Weiss et al., 2017).

La secuenciación del genoma completo (WGS, whole genome sequencing) se está utilizando cada vez más en la investigación de brotes. Teóricamente, el WGS podría ayudar a emparejar aislados de muestras clínicas y ambientales, pero a menudo solo destacar una amplia diversidad genética entre los aislados clínicos y de agua (Rota M. C. & Cano-Portero). Los brotes de legionelosis se pueden asociar a las tensiones múltiples de la legionelosis.

Origen de la infecciones y vigilancia epidemiológica

Para los propósitos de la vigilancia epidemiológica, los casos de legionelosis son clasificados generalmente por el lugar probable de la infección. La legionelosis es una enfermedad de declaración obligatoria, que es vigilada por los Servicios correspondientes de

las Comunidades Autónomas que a su vez transmiten la información al Centro Nacional de Epidemiología (CNE). La mayoría de los casos de legionelosis son casos adquiridos en la comunidad y esporádicos. En Europa, aproximadamente el 70% de todos los casos notificados en los últimos años fueron adquiridos en la comunidad, de los cuales el 5% se notificaron como parte de un grupo. Desde el ECDC se pide a los países que informen de los casos que han formado parte de un grupo, esto es, si un caso estuvo expuesto a la misma fuente que al menos otro caso, y con fechas de inicio de ambos dentro de un período de tiempo plausible (Beauté, 2017).

La clasificación de los casos que hace la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica de España (RENAVE) distingue entre:

- 1) Caso esporádico. Se trataría de un caso de enfermedad sin relación epidemiológica con ningún otro paciente.
- 2) Agregación de casos. En esta situación se trata de dos o más casos que han visitado un mismo lugar entre 2 y 10 días antes del inicio de los síntomas, y con un intervalo entre infecciones de entre 1 mes y 6 meses.
- 3) Brote comunitario corresponde a la situación anterior, pero en las situaciones en que el intervalo entre infecciones es inferior a 1 mes.

Además, hay que considerar dos situaciones especiales, los casos asociados a viajes y los casos que reciben tratamiento o atención en instituciones sanitarias u otras residencias o centros de larga estancia (residencias de la tercera edad, etc.). Desde la RENAVE se consideran casos asociados a viajes las personas que han pasado una o más noches fuera de su residencia habitual en un hospedaje entre 2 y 10 días antes del inicio de los síntomas de enfermedad. Y se considera que hay agregación de casos asociados a viajes (“cluster”) cuando hay dos o más enfermos que

residieron o visitaron el mismo alojamiento entre 2 y 10 días previos al inicio de síntomas, y, a efectos exclusivamente de la vigilancia, se establece un plazo de dos años.

En Europa, los casos se notifican como relacionados con viajes si los pacientes se alojaron en un lugar fuera de su residencia habitual durante el período de incubación. Los casos de enfermedad con probable origen en establecimientos comerciales (como hoteles) deben notificarse y cuentan con un plan de vigilancia específico (véase más adelante). En general, aproximadamente el 20% de los casos europeos de legionelosis están relacionados con legionelosis asociadas a viajes, originándose la mitad en el propio país de residencia (Graham et al., 2020). Los casos de legionelosis asociadas a viajes suelen afectar a personas más jóvenes, especialmente aquellos con un historial de viajes al extranjero. Un estudio europeo estimó el riesgo global asociado a los viajes al extranjero en 0,3 casos/millón de noches, observándose una tendencia creciente en el riesgo desde el noroeste hacia el sureste de Europa, siendo Grecia el país con mayor tasa de riesgo (1,7 casos/millón de noches) (Beauté et al., 2012).

Aunque los casos de legionelosis asociadas a viajes se asocian con mayor frecuencia con estancias en hoteles (Weiss et al., 2017), la legionela se detectó con más frecuencia en el sistema de agua de los transbordadores que en los hoteles (Rota M. C. and Cano-Portero, 2002). En los hoteles, las torres de refrigeración y/o los sistemas de agua potable son la fuente incriminada más frecuente. En los buques son las bañeras de hidromasaje las que se asocian más comúnmente con casos. La probabilidad de que se produzcan casos sucesivos de legionelosis en hoteles europeos depende, según un estudio, del país y del tamaño del hotel (Mouchtouri & Rudge, 2015). El tamaño del hotel también se asoció con la reincidencia de infección, es decir, se asoció con otros casos de legionelosis después de una primera investigación tras la notificación de un caso (Ricketts et al., 2003).

Legionelosis asociada a la asistencia sanitaria

Se sabe que la enfermedad de los legionarios es una causa importante de neumonía nosocomial que lleva a costos importantes tanto en el tratamiento como en la prevención. Además de la inhalación la aspiración puede ser otro modo de transmisión de la legionelosis asociada a la asistencia sanitaria (Sabria & Yu, 2002). Diversos estudios sugieren que una proporción sustancial de los hospitales puede tener sus sistemas de agua colonizados por legionela, pero el porcentaje de positividad que debería impulsar la acción correctora sigue siendo controvertido (Blatt et al., 1993). Lo que es más preocupante, los estudios realizados en los EE.UU. indican que la mayoría de los casos de legionelosis de origen sanitario estaban relacionados con la contaminación de los sistemas de agua potable (Skerrett, 2018). Las personas hospitalizadas tienen un mayor riesgo de legionelosis, son más susceptibles porque tienden a ser de mayor edad y con mayor prevalencia de factores de riesgo en comparación con la población general. Por lo tanto, los brotes en hospitales no son infrecuentes.

De hecho, una revisión de los brotes sugirió que aproximadamente el 25% de éstos ocurrieron en entornos de atención médica. Aun así es posible que los casos relacionados con la asistencia sanitaria estén mal diagnosticados y notificados en toda Europa, aunque con diferencias entre países importantes. De los 470 casos relacionados con la salud notificados en 2015, 343 (73%) fueron reportados por solo 3 países: Francia, Italia y España (Beauté, 2017). Dado que la infección nosocomial es más probable que ocurra en personas inmunodeprimidas, lo esperable es que exista una mayor proporción de infecciones por el serogrupo 1 de *pneumophila*. Así, se ha demostrado que menos del 50% de los casos nosocomiales pueden ser diagnosticados por detección urinaria de antígenos (Helbig et al., 2003). La letalidad suele ser mayor en los casos nosocomiales ($\approx 30\%$)(Beauté, 2017).

Magnitud y evolución de la legionelosis en Europa

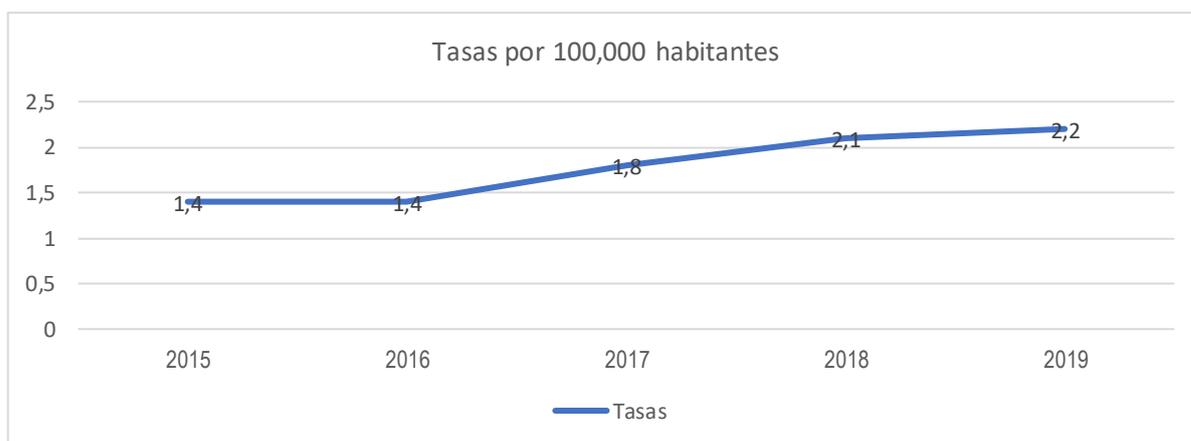
Las Figuras 10 y 11 muestran la información de los brotes de legionelosis en Europa que se han registrado desde 2015 a 2019 procedentes del ECDC. Se puede observar que tanto la tasa como el número absoluto de personas afectadas entre esos dos años ha ido aumentando de forma progresiva. (Figuras 10 y 11). Si se analizan los datos más recientes trasladado por el Centro Europeo para la Prevención y el Control de Enfermedades (ECDC) (2015-2019).

Figura 10. Distribución de los casos de legionelosis por 100 000 habitantes UE/EEE, 2015–2019.



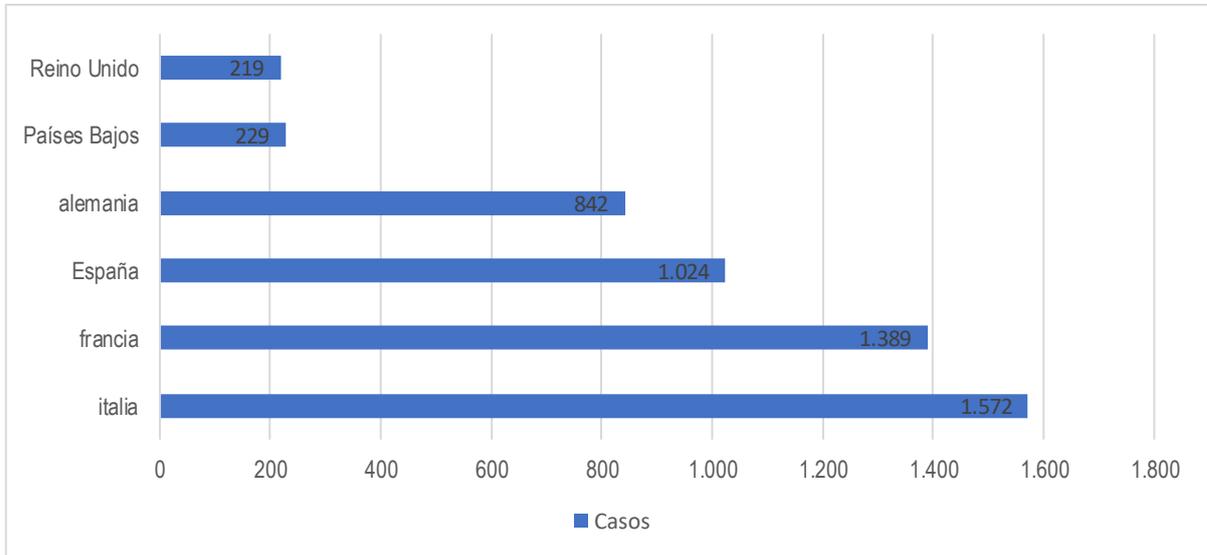
Nota: Tendencia alcista en los últimos años en habitantes de la Unión Europea / Espacio Económico Europeo.

Figura 11. Distribución de las tasas de legionelosis UE/EEE, 2015–2019.



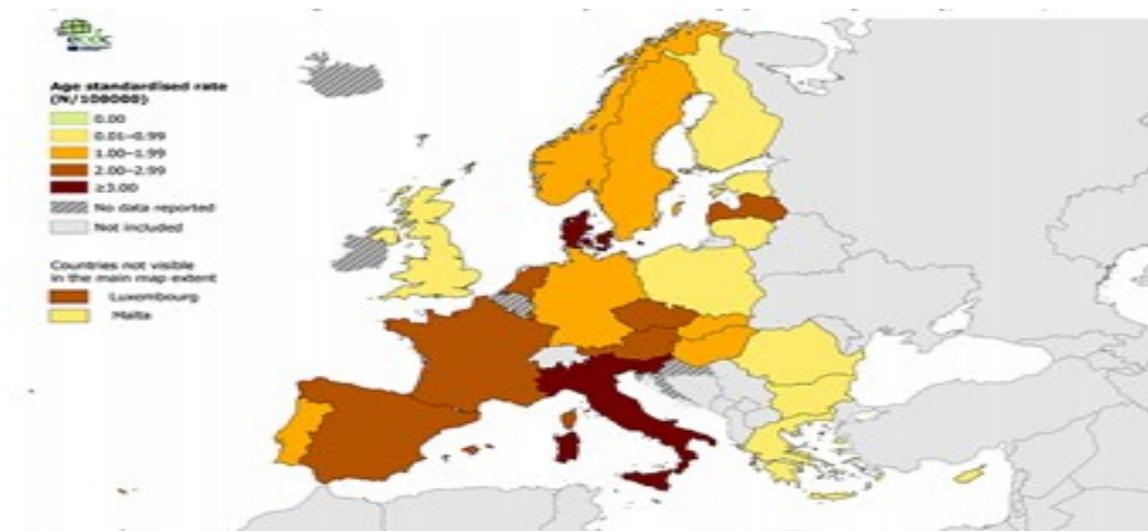
En los últimos cinco años, las tasas de notificación de legionelosis por cada 100.000 habitantes casi se han duplicado en la UE / EEE, de 1,4 en 2015 a 2,2. En la Figura 12 se muestra la distribución de casos notificados por países de la Unión Europea.

Figura 12. Países con mayor notificación de brotes de legionelosis a nivel europeo.



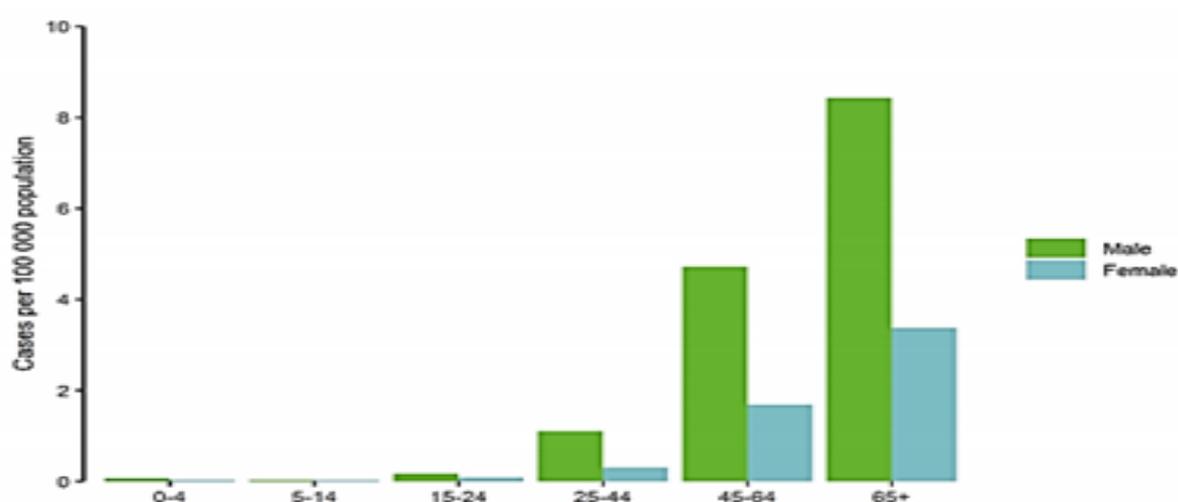
Nota: Cuatro países (Francia, Alemania, Italia y España), representaron el 71% de todos los casos notificados, aunque sus poblaciones combinadas solo representan aproximadamente el 50% de la población de la UE / EEE (Dey, s. f.).

Figura 13.- Distribución de las tasas de legionelosis por cada 100.000 habitantes por país, UE/EEE, 2019.



Se puede observar que España se encuentra entre los países con mayor tasa de notificación de casos. En la Unión Europea (UE) y el Espacio Económico Europeo (EEE) en 2019 las personas de 45 años o más representaron el 91% de los casos con edad conocida (10.236 de los 11.279 casos con edad conocida). La tasa de notificación aumentó con la edad de $\leq 0,1$ casos por 100 000 habitantes en los menores de 25 años a 5,6 casos por 100 000 habitantes en los mayores de 65 años. Se observaron también importantes diferencias entre sexos (8,4 casos por 100 000 habitantes en hombres y 3,4 en mujeres. (Ver Figura 14).

Figura 14. Distribución de los casos de legionelosis por 100.000 habitantes, por edad y sexo, UE/EEE, 2019.



Nota: La proporción general de hombres a mujeres se mantuvo sin cambios en comparación con 2018 en 2,3:1. distribución de casos de legionelosis por 100 000 habitantes, por edad y sexo, UE / EEE, 2019.

La gran mayoría de los casos de legionelosis en 2019 (90%) se notificaron a partir de la identificación de laboratorio de pruebas positivas de antígeno en orina (UAT, Urine antigen tests). Este porcentaje no ha variado significativamente desde 2012, manteniéndose en este período entre el 88 y el 90% de los casos procedentes de pruebas de UAT. En comparación, se notificaron pocos casos con una prueba de cultivo positivo (1.148 casos o el 10%) y menos casos aún (1.024 casos o el 9%) se utilizó el método de la reacción en cadena de la polimerasa

(PCR). El método de cultivo sigue siendo un método poco usado durante el período, por lo que, dada la especificidad del UAT, es posible pensar en que debe existir una subestimación importante de la incidencia real. Entre los casos confirmados por cultivo (1.148) se notificaron un total de 35 especies de *Legionella non-pneumophila*, incluyendo *L. anisa* (1), *L. bozemanii* (2), *L. dumoffi* (1), *L. jordanis* (1), *L. longbeachae* (15), *L. micdadei* (2) y *Legionella* otras especies (Isberg et al., 2009). De los casos aislados de *Legionella pneumophila* de todos los serogrupos que se detectan y se notifican anualmente y en los que se ha realizado cultivo cabe destacar que el mayor porcentaje corresponde al serogrupo 1, con un 80%.

En 2019, a través del esquema anual de vigilancia de notificación de brotes, cinco países (Francia, Alemania, Italia, Países Bajos y Reino Unido) notificaron un total de veintinueve brotes adquiridos en la comunidad o en hospitales, variando entre tres y nueve brotes por país informante. El número de casos por brote notificado osciló entre dos y veintiocho casos confirmados. Se notificaron ocho brotes en asociación con hospitales y tres en residencias geriátricas. Dieciséis países de la UE / EEE no informaron brotes de la enfermedad del legionario en 2019 (ECDC, 2019; Enfermedad legionario-ECDC, 2017). En 2019, tanto el número como la tasa de notificación de la enfermedad del legionario en la UE / EEE se mantuvieron en el nivel más alto observado, continuando un aumento en curso desde 2013, aunque no un aumento con respecto al año anterior.

El elevado número de casos notificados anualmente no se debe a grandes brotes. La causa de los altos niveles continuos de casos notificados observados en 2019, como en 2018, sigue siendo desconocida. Los factores que podrían influir en esto incluyen cambios en la política nacional de pruebas y los sistemas de vigilancia; el envejecimiento de la población de la UE / EEE y el aumento de las tendencias de los viajes; el diseño y el mantenimiento de la

infraestructura en los sistemas de agua de los edificios, y los cambios en el clima y los patrones meteorológicos en Europa y en todo el mundo que pueden afectar tanto a la ecología de *Legionella* en el medio ambiente como a las causas de la exposición a aerosoles de agua que contienen la bacteria Enfermedad legionario-ECDC, 2017).

1.4. *Legionella* y COVID-19

En los últimos meses, los Centros para la Prevención y el Control de Enfermedades (CDC) la EPA y varias sociedades profesionales han publicado una guía sobre la reapertura segura de edificios para prevenir el crecimiento y la transmisión de *Legionella* vinculados a las medidas de respuesta a una pandemia (De Giglio et al., 2020; Metlay et al., 2017).

La neumonía es la manifestación más común de la legionelosis y la COVID-19, y la presentación inicial de ambos puede incluir fiebre, dolor de cabeza, confusión, disnea, náuseas y diarrea. Los factores de riesgo individuales para la enfermedad del legionario y el COVID-19 grave incluyen la edad avanzada, la diabetes y la enfermedad pulmonar crónica. El período de incubación de la enfermedad del legionario es de aproximadamente 5 a 6 días, pero puede variar de 2 a 14 días, similar al COVID-19. Los viajes con pernoctaciones y la exposición a la atención médica (por ejemplo, hospitales, centros de atención a largo plazo) son factores de riesgo importantes conocidos de la enfermedad del legionario (Guidance for reopening buildings after prolonged shutdown or reduced operation, 2020).

Durante la crisis pandémica, la exposición al agua en aerosol procedente de edificios comerciales o de oficinas reabiertos recientemente también debe considerarse como nuevos

factores de riesgo para la exposición a la *Legionella*. Además, se deben considerar los cambios de comportamiento en el hogar y para las actividades recreativas durante el COVID-19 (por ejemplo, jardinería).

Debido a que las manifestaciones clínicas pueden ser indistinguibles entre COVID-19 y la enfermedad del legionario. Las pruebas microbiológicas dirigidas tanto para *Legionella* como para SARS-CoV2 son esenciales. Las directrices de la American Thoracic Society (ATS) y la Infectious Diseases Society of America (IDSA) para la neumonía adquirida en la comunidad recomiendan la prueba del antígeno urinario de *Legionella* (UAT) para la enfermedad grave en adultos o personas con indicaciones epidemiológicas, además de enviar esputo y otras muestras del tracto respiratorio para PCR y cultivo (Metlay et al., 2017). Es importante señalar que la UAT tiene una sensibilidad de alrededor del 70% y una especificidad del 99%, pero esto es para el serogrupo 1 de *Legionella pneumophila* y no puede detectar de manera confiable otras especies patógenas y serogrupos de *Legionella* que causan la enfermedad (Shimada, 2009).

Históricamente, la indicación epidemiológica se refería a viajes recientes (por ejemplo, hoteles, cruceros) o antecedentes de hospitalización o residencia reciente en un centro de atención a largo plazo. Actualmente, es importante considerar también otros factores de riesgo, incluido el regreso al trabajo en edificios de oficinas reabiertos o negocios condescendientes u otros edificios que habían sido cerrados. Los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades de Atlanta cerraron varios edificios debido a la presencia de *Legionella* en los sistemas de agua de los edificios, potencialmente relacionado con el cierre de edificios a largo plazo durante la pandemia (De Giglio et al., 2020). Algunos expertos recomiendan que todos los pacientes hospitalizados con neumonía y sin una etiología conocida se sometan a pruebas con UAT (Management of Legionella in Water Systems, 2019).

1.5. *Legionella* en agua en el hospital

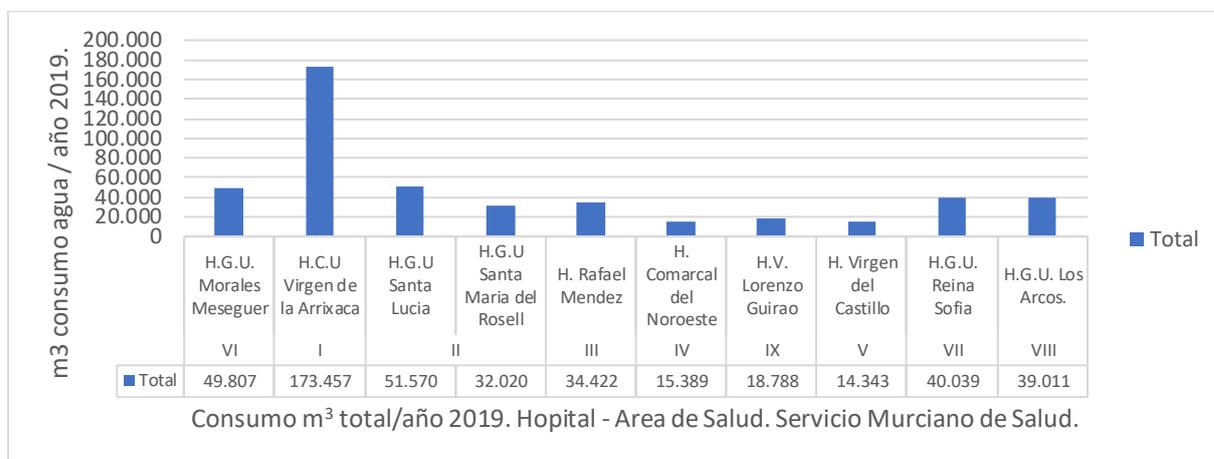
La *Legionella spp.* es un género de bacterias que puede causar la enfermedad conocida como legionelosis o enfermedad del legionario. La relación entre *Legionella spp.* y el consumo radica en que estas bacterias se encuentran comúnmente en ambientes acuáticos naturales. Llegan generalmente a los humanos a través de la red de distribución de agua potable. De aquí, son los sistemas con agua estancada, como torres de refrigeración, sistema de climatización y sistema de fontanería, donde se pueden provocar condiciones propicias para el crecimiento de *Legionella spp.*

Si estas instalaciones no se gestionan o mantienen adecuadamente, las bacterias pueden multiplicarse y a partir de aquí si se pueden formar aerosoles, la inhalación de estos aerosoles contaminados puede llevar a la infección en los seres humanos. Los sistemas de agua en los hospitales pueden ser hábitats propicios para el crecimiento de *Legionella spp.* En entornos hospitalarios la relación entre el agua de consumos y la legionelosis es de especial importancia debido a la vulnerabilidad de ciertos pacientes. A mayor aporte y consumo de agua, mayor riesgo de *Legionella*, ya que el agua es de suma importancia para el ciclo de vida de la *Legionella*. Vamos a mostrar datos de consumo de agua en los hospitales, ya que es un elemento necesario para la actividad asistencial. El agua se usa tanto para procesos asistenciales (limpieza, aseo, comida, etc.), como industriales (lavado, climatización, protección contra incendios, etc.).

Los hospitales, en especial los de gran tamaño, como corresponde a los de tercer nivel, son grandes consumidores de agua, tal y como se observa en la Figura 15. Según los datos expuestos del consumo anual del HCUVA, el consumo aproximado diario de 475 m³ de agua potable, en el que se incluye todo el entorno hospitalario, y nos da una idea del riesgo potencial

que supone la existencia de la bacteria *Legionella* en las instalaciones del hospital. (Aaron J. Colangelo, 2005).

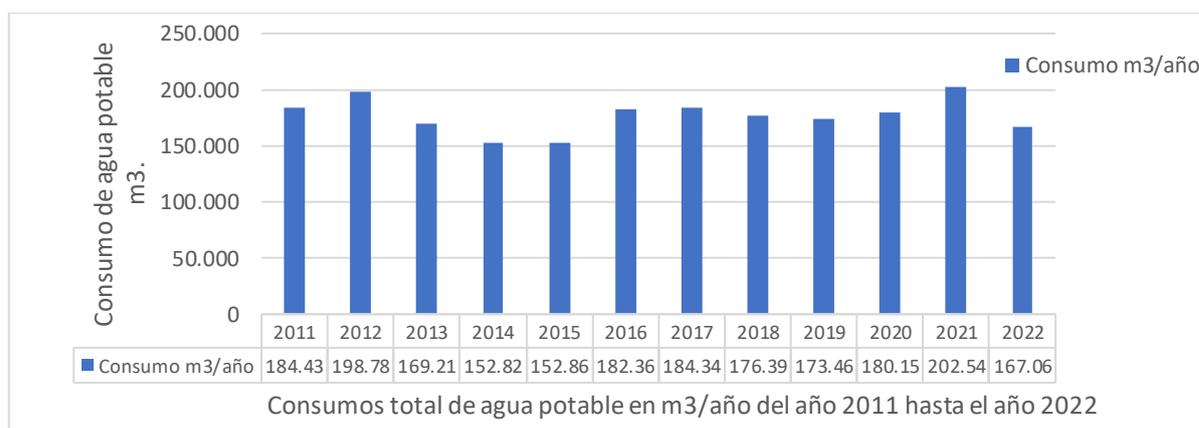
Figura 15. Consumos totales de agua m³ de los hospitales del Servicio Murciano de Salud, durante el año 2019.



Nota: El consumo realizado durante el año 2019 en el HCUVA - Area I del SMS, es el mayor de todos los centros que integran la red de hospitales. Consume por sí solo, el 40% de consumo de toda la red de hospitales públicos del SMS. Si bien hay que tener en cuenta que tiene una lavandería industrial centralizada, lo que conlleva un gran consumo de agua.

En la Figura 16 podemos observar el consumo anual en el HCUVA durante los últimos años.

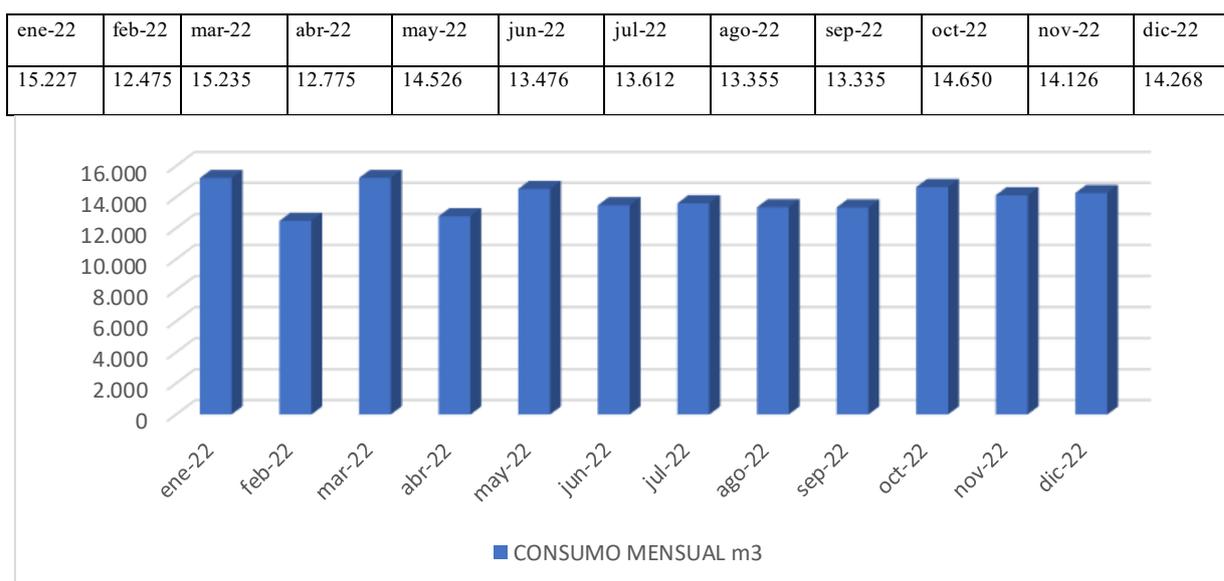
Figura 16. Consumo anual de agua (m³/año) (2011-2022). HCUVA.



Nota: Se puede observar un consumo estable, con alguna pequeña variación anual.

Partiendo de estos datos podemos compararlo con el consumo de fuentes oficiales sobre el consumo medio de una familia española (Estadística sobre el Suministro y Saneamiento del Agua, 2020, que lo sitúan en 15,4 m³/mes, 184,8 m³/año. Por tanto, el consumo del HCUVA equivale al consumo de una localidad de más de 1.000 viviendas. La evolución mensual del consumo se puede ver en la Figura 17.

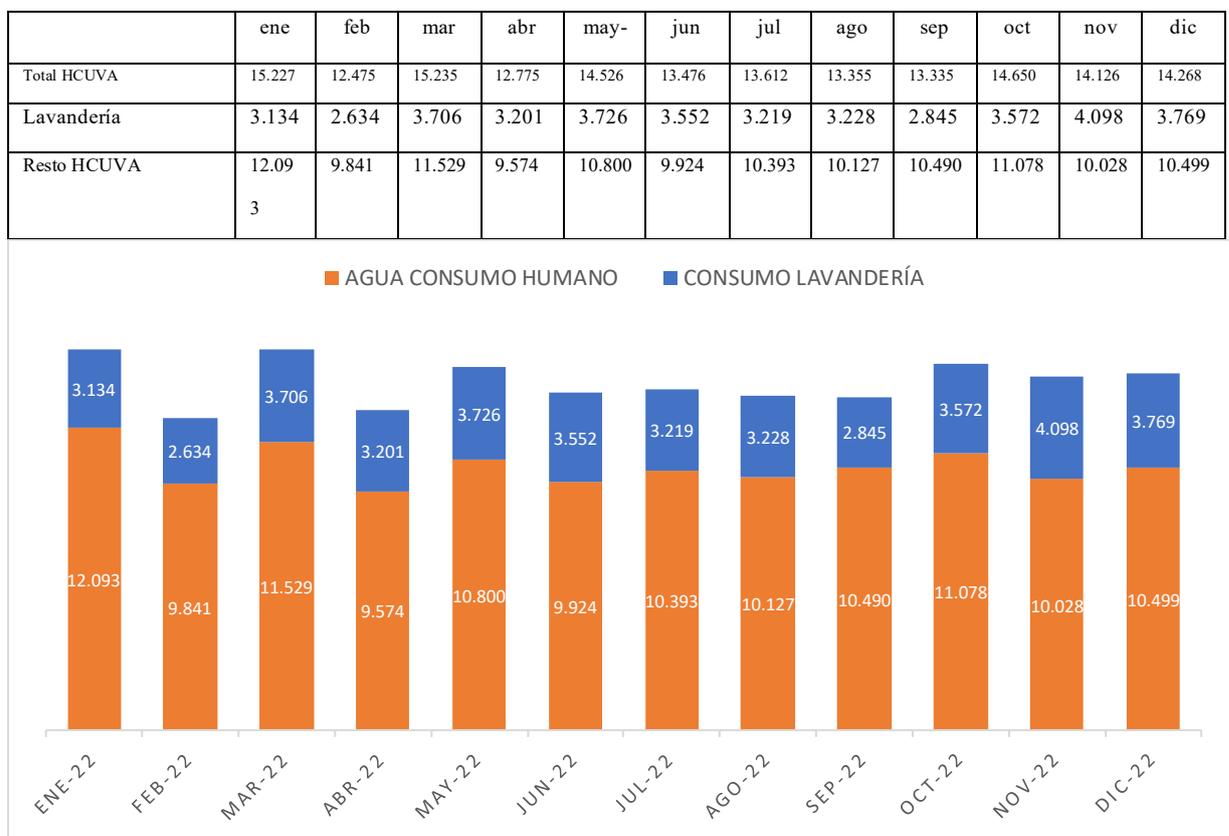
Figura 17. Comportamiento de consumo mensual (m³) de agua en el HCUVA. Año 2022.



Se observa que no existe una estacionalidad en el consumo de agua sanitaria (AS), pudiendo considerar un consumo constante durante todo el año, así como una tendencia conservacionista en el consumo. A pesar de implementar y poner en marcha planes internos de minimización del consumo de agua, la tendencia de consumo de agua sanitaria (AS) de los últimos años en el HCUVA es conservacionista, ya que al ser el hospital centro de referencia de la Región de Murcia, es continua la puesta en marcha de nuevas unidades clínicas y asistenciales, que requieren un gran consumo de agua para su desarrollo. Adicionalmente en el caso específico del HCUVA, al contar con un servicio industrial de lavandería centralizada, que da servicio de lavado, tanto a nivel interno, como otros diversos del SMS, el consumo total

diario de AS destinado a labor asistencial, hospitalización y similares podría quedar estimado, sobre unos 320 m³ /día, resultado de dividir el consumo de AS total anual por el número de días del año.

Figura 18. Consumo (m3) diferenciado de AFCH (Uso específico lavandería vs resto usos). HCUVA.



Para tener datos de más detalle respecto al consumo de agua en el edificio del hospital general (HG), el cual es el objeto de este estudio, podemos observar que el mismo tiene una capacidad hotelera de 255 habitaciones de hospitalización, según se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 3. Distribución habitaciones (Hab) de hospitalización en pabellón hospital general. HCUVA.

Planta	Hab/Ala I	Hab/Ala C	Hab/Ala D	Hab/Planta
p7	15	14	14	43
P6	15	14	14	43
P5	15	14	14	43
P4	15	14	14	43
P3	15	14	14	43
P2	15	11	14	40
Total Hab/Ala	90	81	84	255

Nota: La hospitalización en el edificio de HG se encuentra distribuida desde la planta +2 hasta +7, en tres alas (Ala derecha D; Ala izquierda I; Ala centro C).

Partiendo de datos internos del Servicio de Ingeniería y Mantenimiento Area I, el consumo de agua en litros/día por habitación de hospitalización es de 17 litros/día. Los datos de consumos diarios se pueden observar en la Tabla 4. La suma de estos consumos unitarios, por el número de estancias, nos resulta un cálculo de consumo de 4.335 litros/día en hospitalización, a los que debemos añadir 1.620 litros/día de otros usos. El consumo diario, por tanto, es de 6.000 litros/día en el pabellón HG de AS. Esta cifra nos aporta información de la cantidad de agua consumida para el desarrollo asistencial en dicho edificio. Encontrándose en dicho edificio pacientes, profesionales y otros usuarios, los cuales pueden verse directamente en contacto con el agua, y por lo tanto con el riesgo asociado de la potencial existencia, proliferación y diseminación de *Legionella* en el edificio.

Tabla 4. Cálculo analítico de consumo de agua potable, en litros/día, en el edificio HG / HCUVA.

Cálculo otros usos HG						
Otros usos	Con L/día	Nº Planta	Uds.	Nº (6*3) = 18	plantas	Total Consumo
Baños / Ducha	30	2		18		1080
Fregaderos	15	1		18		270
Cocina	15	1		18		270
Cálculo hospitalización						1620
						Total
Total nº Hab	litros/día		litros/día			
255	17		4.335			5.955 l/día. HG.

Según cálculos internos del departamento de ingeniería del Area I, en la Tabla 5, se pueden observar los consumos del resto de edificios, pudiendo observar que el consumo del edificio HG, objeto principal del presente estudio, representa un 40 % del consumo total de agua en el HCUVA.

Tabla 5. Cálculo analítico de consumo de AFCH en los principales edificios del HCUVA.

Consumo promedio edificio		
Edificio	L/año.	
H. General	1.577.000	40%
H. Materno	1.078.000	27%
H. Infantil	670.500	17%
80%	3.325.500	
Otros usos		
20%	665.100	
	3.990.600	
	litros/año.	

Respecto al comportamiento de consumo horario, hay que destacar que, según datos internos del servicio de mantenimiento del HCUVA, existen puntas de consumo de agua. Estas oscilaciones en el consumo afectan el consumo y la homogenización del biocida, que se añade para controlar la existencia de *Legionella* en las instalaciones hídricas. Es por ello, que se hace necesario implementar una completa monitorización de caudales, presiones y nivel de cloro, en

todos los puntos críticos de la instalación, especialmente en entradas a edificios y retornos generales, debiendo estar los mismos conectados a los sistemas de inyección del biocida que se use en la instalación para este procedimiento de desinfección y potabilidad. Todo ello para reforzar los medios de desinfección.

1.6. Aspectos normativos sobre el agua de consumo humano

Consideraciones generales

Las normativas que establecen los criterios higiénico-sanitarios de la calidad del agua de consumo humano (Ministerio de Sanidad y Consumo, 2003; Prevención y control de legionelosis.,2005) y su aplicación a nivel estatal tienen como objetivo último garantizar una adecuada calidad sanitaria del agua en el grifo del consumidor, es decir, el punto final de consumo. Esto conlleva el establecimiento de un proceso de control de la calidad del agua que abarca cada una de las etapas que intervienen en el suministro: la captación del agua superficial o subterránea, el tratamiento de potabilización, el almacenamiento y el transporte y la distribución del agua tratada hasta que llega a los consumidores finales.

El proceso de control de la calidad del agua de consumo humano generalmente se divide en tres niveles de control:

- 1) Control de calidad del agua en la fuente de suministro. Este nivel de control se enfoca en la calidad del agua en su origen, como los ríos, lagos o acuíferos de los cuales se extrae el agua para el suministro público. Implica monitorear y evaluar la calidad del agua bruta antes de que entre en el sistema de tratamiento.

- 2) Control de calidad del agua durante el tratamiento. Una vez que el agua bruta se captura de su fuente, se somete a un proceso de tratamiento para eliminar contaminantes y hacerla segura para el consumo humano. Este nivel de control implica supervisar y asegurar la efectividad de los procesos de tratamiento, como la filtración, desinfección y eliminación de compuestos químicos y biológicos.
- 3) Control de calidad del agua en la red de distribución. Después de que el agua ha sido tratada, se distribuye a través de una red de tuberías hasta llegar a los hogares, industria y otros establecimientos. En este nivel, se lleva a cabo el monitoreo de la calidad del agua en la red de distribución para detectar posibles contaminaciones durante el transporte y garantizar que el agua que llega a los consumidores cumpla con los estándares de calidad establecidos.

Estos tres niveles de control trabajan en conjunto para garantizar que el agua de consumo humano sea segura y cumpla con los estándares de calidad establecidos por las autoridades regulatorias correspondientes. En el caso del hospital, al tener un almacenamiento intermedio, se tiene la responsabilidad del mantenimiento y control desde este almacenamiento y distribución interior hasta los puntos de consumo finales en cada edificio. Las aguas que se destinan al consumo humano deben tener garantizada una calidad que permita asegurar un nivel alto de protección de la salud de las personas que las consumen. Por lo tanto, el agua que incumple alguno de los criterios definidos para valorar su aptitud debe calificarse como no apta para el consumo humano. En los supuestos que, a pesar de ser apta para el consumo, uno o varios parámetros superan los valores paramétricos del Anexo I del RD 140/2003 (Martin Galvin, 2003), se debe indicar de forma expresa el motivo. (Gómez-Gutiérrez et al., 2016; Ministerio de Sanidad - Áreas - Salud ambiental y laboral - Calidad de las aguas - Agua de consumo humano, 2016).

Cualquier suministro de agua consiste en un conjunto de instalaciones para la captación de agua, conducción, tratamiento de potabilización, almacenamiento, transporte y distribución del agua de consumo humano hasta las tomas de agua de los consumidores, con la dotación y calidad previstas en el RD 140/03. (Ministerio de Sanidad - Áreas - Salud ambiental y laboral - Calidad de las aguas - Agua de consumo humano.). Un servicio de suministro de agua tiene como objetivos, entre otros, poder:

- 1) Proporcionar agua apta para el consumo.
- 2) Distribuirlo a todos los consumidores.
- 3) Mantener una afluencia continua de agua.
- 4) Dotar de una cantidad suficiente para todos los usos.

El buen funcionamiento del sistema en su conjunto garantiza la salud y el bienestar de la población, pero una mala gestión del conjunto de las instalaciones o de una parte de ellas puede convertir el suministro de agua en un medio de propagación de peligros para la salud pública (Alva & Morales, 2017).

Antecedentes normativos sobre control de legionelosis hasta 2023

El conocimiento en materia de biología y epidemiología sobre la *Legionella pneumophila* ha sido continuo desde su descubrimiento en el año 1976, lo cual ha podido permitir durante estos años el desarrollo en gran mayoría de países, incluida España, de diversas normativas para la prevención y control de aguas e instalaciones, todo ello con el fin que se puedan minimizar los efectos de infecciones que pueda causar este microorganismo en las personas. Pero la realidad, a pesar de esto, es que en la actualidad seguimos teniendo el conocimiento de la

existencia de gran número casos de incidencia mundial de legionelosis, a través de los diferentes métodos de diagnóstico y notificación correspondientes.

Y, por lo tanto, aún queda por investigar y avanzar sobre el control de las instalaciones e infraestructuras que puedan ser responsables de su proliferación y transmisión, así como de los mecanismos de comportamiento con los parámetros fisicoquímicos de los diversos ambientes donde la *Legionella* es capaz de sobrevivir, multiplicarse y expandirse. Es importante avanzar en el conocimiento de la relación de esta bacteria, con el resto de los microorganismos potencialmente existentes en las diferentes tipologías de instalaciones hídricas donde se puede encontrar.

Cabe destacar que para que se produzca una contaminación por *Legionella* en las instalaciones hídricas, las cuales son consideradas las susceptibles para su proliferación y diseminación, deben existir una serie de condicionantes (Malagón-Londoño et al., 2000) , que se describen a continuación. En primer lugar, debe existir una vía de entrada o penetración de la bacteria a los circuitos, lo cual es fácil al ser la *Legionella* una bacteria de origen ambiental, que forma parte de ecosistemas acuáticos en aguas superficiales, su distribución es mundial y tiene una gran facilidad y probabilidad de existencia en los diversos circuitos que usan el agua para su funcionamiento o como métodos de transporte. y tratamiento de la misma agua. Otro de los condicionantes que favorece el desarrollo de la legionelosis es el potencial nivel de estancamiento, así como el nivel de nutrientes con el que pueda interactuar la bacteria durante todo su ciclo de vida, y que faciliten la multiplicación y desplazamiento de dicha bacteria.

Hay también otros condicionantes de gran importancia, como son los parámetros y condiciones de funcionamiento del agua en los circuitos, en especial los niveles de temperatura

y su distribución, concentración y homogeneidad de biocidas, nivel de pH y similares. La siguiente condición necesaria corresponde a la capacidad de dispersión en el aire en forma de aerosol, siendo finalmente necesario que se produzca una exposición de los individuos que puedan ser susceptibles al indicado microorganismo, con una penetración y durante un tiempo determinado y suficiente, para que puedan infectar y la persona pueda contraer la enfermedad, denominada enfermedad del legionario o legionelosis.

Por lo tanto, queda por avanzar en el conocimiento y práctica de control para evitar el contagio de esta enfermedad, siendo el modo más eficaz el controlar y actuar sobre cuantos eslabones de la cadena de transmisión sea posible. Considerando que la redundancia en la seguridad de actuar en el máximo número de eslabones está basada en la experiencia de prevenir posibles fallos en las medidas de seguridad, de forma que, si una medida no es efectiva, existirá otra que evite el contagio (Handbook Editor & Robert A. Parsons., 1966; The 2000 ASHRAE Handbook).

Desde su descubrimiento en 1977, este grupo de bacterias han sido bien estudiadas estableciendo que para prevenir la legionelosis se deben tener en cuenta dos factores muy importantes: el mecanismo de transmisión y su nicho ecológico. Cabe destacar que la presencia de *Legionella* en los ambientes acuáticos es habitual y que este hecho no es suficiente para considerarlo peligroso para la Salud Pública (Gea-Izquierdo, 2007).

Por estos motivos, esta prevención se hace en dos direcciones:

- 1) Controlar la eliminación de aerosoles, mecanismo de transmisión principal, evitando zonas muy transitadas y / o lugares con personas susceptibles (Herrera López, 2019).

2) Evitando a las estructuras de agua los edificios condiciones que favorezcan la supervivencia y multiplicación de *Legionella* (Forján Lozano et al., 2016).

Sobre estas bases expuestas anteriormente entendemos la normativa para evitar la proliferación de la bacteria *Legionella* que recomienda adoptar las siguientes medidas: (BOE-A-2003-14408 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.):

- 1) Controlar la temperatura, el hecho de ser termo tolerante aconseja evitar los rangos de temperatura entre 20 ° C y 45 ° C en cualquier circuito de agua.
- 2) Evitar agua estancada.
- 3) Evitar la presencia de suciedad en el interior de las instalaciones
- 4) Utilizar materiales que no se degraden fácilmente para evitar la corrosión.
- 5) Controlar las instalaciones con muestreos y análisis periódicos.
- 6) Mantener un calendario de revisión, limpieza y desinfección de forma periódica.

Además, está la normativa específica que el mantenimiento, en la que se indica de forma general, entre otras obligaciones la de:

- 1) Conocer en profundidad la totalidad del circuito con ayuda de planos y esquemas.
- 2) Identificar los puntos más problemáticos de las instalaciones (generadores de aerosoles, puntos terminales)
- 3) Tener un libro de incidencias en las instalaciones donde se recoja cualquier problema o avería.
- 4) El personal de mantenimiento debe estar debidamente cualificado y homologado por la Orden SCO / 317/2003, de 7 de febrero (BOE-A-2003-3501 Orden SCO/317/2003, de 7 de

febrero, por la que se regula el procedimiento para la homologación de los cursos de formación del personal que realiza las operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario de las instalaciones objeto del Real Decreto 909/2001, de 27 de julio.,2001.)por la que se regula el procedimiento para la homologación de los cursos de formación del personal que realiza operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario de las instalaciones.

5) Se deben establecer las diferencias de control según el riesgo y tipo de instalación.

Aparte del Real Decreto 865/2003 en España también se aplicaban otras normativas, las cuales han ido siendo actualizadas, o derogadas por la publicación de otras nuevas Normas.

Entre las existentes hasta 2024, caben destacar:

- Norma UNE 100030 IN (Prevención y control de la proliferación y diseminación de *Legionella* en instalaciones, 2017):
- Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de *Legionella* en instalaciones, de septiembre de 2005 (Gratacós et al., 2000)
- Reglamento de instalaciones térmicas de edificios (RITE) (RITE - Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios.)
- Real Decreto 1751/1998 de 31 de julio modificado por el Real Decreto 1218/2002 del 22 de noviembre, que establece que la temperatura de los acumuladores sea de 60 ° C (mínima de 55 ° C) (Dorronsoro & Vicente Pardo, 2014).
- Reglamento de seguridad de plantas e instalaciones frigoríficas (Ministerio de Industria y Turismo - Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus ITCs aprobado por RD 552/2019, 2019)
- Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo, Real Decreto 140/2003 de 7 de febrero (BOE-A-2003-3596 Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.)

Un punto de especial importancia en la estrategia de prevención la presencia de biofilms en los sistemas de agua. Estos sistemas se pueden ver afectados por la corrosión debida al calentamiento o hipercloración del agua y formar depósitos y biocapa en las instalaciones. De este modo, la *Legionella* encuentra un nicho donde estar protegida de los sistemas de control y desinfección, y que es favorable para su replicación.

La prevención de la legionelosis es de especial importancia en hospitales donde la concentración de enfermos inmunodeprimidos es alta donde debemos actuar en todos los niveles de la cadena epidemiológica, identificando los pasos claves para en el proceso de la transmisión de la enfermedad e implantar estrategias para prevenir su propagación (López-Cerero, 2014) . Por lo tanto, podemos actuar a nivel de atacar al agente patógeno y la fuente de infección, así como impedir o minimizar el modo transmisión, proteger tanto la puerta de entrada, como de salida al huésped susceptible, que en el caso de hospitales, puede recaer tanto en pacientes, como en usuarios, trabajadores, etc. (Olmo Mora, 2023).

Las medidas de prevención efectivas son las que contemplan un buen diseño de las instalaciones y la limpieza, desinfección y correcto mantenimiento, especialmente en zonas sensibles donde la bacteria se pueda alojar, por ejemplo, para estancamiento de agua (Caminati Briceño et al, 2014). Entre las medidas preventivas frente a legionelosis para el agua de consumo humano descritas en el RD 865/2003, caben destacar:

- Garantizar la correcta circulación del agua evitando estancamientos.
- Utilizar sistemas de filtración (UNE-EN 13443-1),
- Fácil accesibilidad a los sistemas para inspección, limpieza y toma de muestras.

- Materiales en contacto con el agua capaces de resistir desinfecciones con grandes concentraciones de cloro o altas temperaturas y que eviten la formación de biofilms y crecimiento bacteriano.
- Temperatura del agua fría para el consumo humano lo más baja posible, inferior a 20 ° C cuando el clima lo permita y aisladas térmicamente o lejos de circuitos de agua caliente.
- Los depósitos de agua fría para consumo humano deberán tener una tapa impermeable y aislarse térmicamente cuando estén en el exterior, si utilizan cloro como desinfectante, este será añadido para dosificadores automáticos.
- Los acumuladores de agua caliente la temperatura deberá mantenerse homogénea y evitar su enfriamiento.
- Se deberá dotar el sistema de fontanería con la instalación de válvulas de retención (UNE-EN-1717) que eviten retornos de agua por pérdida de presión y evitar mezcla de agua de diferentes circuitos.
- El sistema de agua caliente podrá permitir que las temperaturas lleguen a 70 ° C y que se mantengan por encima de los 50 ° C, los puntos terminales y en la tubería de retorno al acumulador.

Para prevenir la aparición de *Legionella* y otros patógenos se hace un tratamiento de desinfección en continuo del sistema, pero esta medida no es del todo efectiva si no va acompañada de una limpieza periódica del sistema y de revisiones de funcionamiento. Si los controles de *Legionella* en el agua son positivos se deberá llevar a cabo un tratamiento de choque, y si aparece la situación de brote, es decir varios casos positivos seguidos en el tiempo se deberá hacer una desinfección más agresiva en el agua de consumo. Las medidas a adoptar en cada caso vienen establecidas en el R.D. 865/2003, según el nivel de riesgo en la que está clasificada cada instalación, la cual se puede observar en la Tabla 6.

Tabla 6. Relación de instalaciones con riesgo de transmisión de *Legionella*. Ámbito de aplicación R.D. 865/2003.

Alto riesgo	Bajo riesgo	Riesgo para terapia respiratoria
<p>Torres de refrigeración y Torres condensadores evaporativos.</p> <p>Circuitos de agua caliente sanitaria con recirculación y acumuladores.</p> <p>Circuitos de agua climatizada con recirculación como bañeras de hidromasaje o piscinas de uso público.</p> <p>Centrales industriales de humidificación.</p>	<p>Circuitos de agua caliente sanitaria sin retorno e instalaciones de agua fría de consumo humano.</p> <p>Sistemas que pulvericen agua (que no se consideren de alto riesgo), sistemas humectadores y fuentes ornamentales.</p> <p>Sistemas de aspersion urbanos.</p> <p>Sistemas de agua contra incendios.</p> <p>Sistemas de aerosoles para la refrigeración al aire libre.</p> <p>Otros sistemas que puedan crear aerosoles o acumulen agua.</p>	<p>Equipos de terapia respiratoria, respiradores y nebulizadores.</p> <p>Otros aparatos médicos en contacto con las vías respiratorias</p>

El ministerio de sanidad hizo público en el BOE 248 correspondiente al 22-6 -2022 el nuevo Real Decreto 487/2022 (BOE-A-2022-10297-consolidado, 2022) acerca de los requerimientos sanitarios para prevenir y controlar la infección por *Legionella*. Dicho documento sustituye al Real Decreto 865/2003, que ha sido la legislación de referencia en España en prevención y control de legionelosis durante casi 20 años. El nuevo Real Decreto entró en vigor el pasado día 2 de enero de 2023, comprendiendo el alcance de la aplicación del RD 487/2022 diversas instalaciones incluyendo establecimientos de salud. Dicho documento se constituye en 21 artículos, agrupados en 7 capítulos y 10 anexos.

Cabe destacar como innovadores varios aspectos respecto a la anterior legislación:

- 1) En el nuevo RD, la clasificación de las instalaciones de riesgo no se efectúa en función del bajo o alto riesgo de proliferación, si no por el contrario todas las instalaciones que acumulen agua y que produzcan aerosoles serán consideradas de riesgo frente a la *Legionella*.
- 2) En el nuevo RD se establece que el titular de la instalación es a quien le corresponde ser el máximo responsable del cumplimiento de lo desarrollado en el nuevo RD, pero se amplían dichas responsabilidades para el personal propio, fabricantes, laboratorios de análisis y empresas de servicios externos de prevención de legionelosis.
- 3) El RD establece dos nuevos tipos de planes de gestión en la nueva normativa y contempla poder analizar e implantar uno. La elección del plan variará según el tipo de instalación.

Plan de Prevención y Control de *Legionella* (PPCL)

Este es un modelo de plan en cuyo desarrollo es necesaria una evaluación inicial, así como una descripción detallada con planos de la instalación. Dentro del plan se debe:

- 1) Incluir un programa de mantenimiento y seguimiento que comprenda el conjunto de acciones a ejecutarse para controlar las instalaciones, priorizar las acciones, evaluar el estado de las instalaciones, conservar las mismas y establecer protocolos de limpieza.
- 2) Especificar las acciones a llevarse a cabo, así como las personas responsables y los respectivos registros.
- 3) Documentar la secuencia de eventos, se debe tener en cuenta los programas para tratamiento, los protocolos y la frecuencia con que se limpian y desinfectan las instalaciones.

- 4) Comprender un programa de muestreo y análisis que cumpla con los requisitos establecidos para poder identificar los puntos de muestreo, la frecuencia, con que se lleva a cabo, los mecanismos y el transporte de las muestras debidamente registradas.
- 5) Tener en cuenta también la repartición de las responsabilidades entre las personas que llevarán a cabo las tareas, así como establecer la capacitación adecuada para las mismas.
- 6) Comprender estrategias que sean dinámicas y que se puedan revisar y adaptar para garantizar su aplicabilidad. Todos los registros de PPCL deben mantenerse en las instalaciones.

Plan sanitario frente a *Legionella* (PSL)

El PSL debe implementarse, principalmente en edificaciones de interés público (hospitales, clínicas, residencias de ancianos, hoteles, colegios, instalaciones deportivas cubiertas y prisiones). Debe incluir las formas de evaluar riesgos, identificar peligros, establecer puntos esenciales y especificar los procedimientos para verificar y corregir desviaciones. Las actividades al igual que el PPCL, deben ser registradas y guardadas y se debe evaluar la forma correcta de funcionamiento del PSL. El PPCL no será reemplazado por el PSL hasta que se establezca y verifique su eficacia a través de datos y/o resultados.

Sobre la toma de muestras y análisis se realizarán acorde a la normativa UNE-EN ISO IEC 17025:2017, los laboratorios involucrados asumen la responsabilidad de la toma y del posterior análisis de las muestras. El protocolo de análisis debe llevarse a cabo siguiendo las pautas de la norma UNE-EN ISO 11731:2017, sin embargo, se permite la utilización de otros métodos de análisis en situación de riesgo para la salud, aparición de brotes o cuando la autoridad sanitaria lo determine como necesario. Cualquier método que se utilice debe contar

con la aprobación según UNE-EN ISO 16140-2:2016. Para los parámetros evaluados in situ, es obligatorio que las pruebas utilizadas cumplan con la norma UNE-ISO 178381:2012. Los laboratorios de análisis de *Legionella* deben ser acreditados según norma UNE-EN- ISO-IEC 17025:2017, asignando la responsabilidad en la toma de muestras de *Legionella* a dichos laboratorios.

Y por último se debe asegurar la formación de las personas responsables y participantes de las actuaciones previstas en el PCCL/PSL; además, quien asuma la responsabilidad técnica del plan deberá tener la experiencia y formación establecida en los RD 830/2010 y RD1223/2010. Cabe destacar que el contenido desarrollado en el trabajo tiene su aplicación práctica para el análisis de puntos críticos de la instalación, y por lo tanto la confección de un mapa de riesgos.

JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

2. Justificación del estudio

Legionella pneumophila es una bacteria cuyo hábitat natural son los ambientes acuáticos incluyendo ríos, lagos, lagunas, así como estanques. Desde estos espacios naturales es capaz de colonizar los sistemas de abastecimiento hídrico en las ciudades incluyendo las redes de distribución e instalaciones hídricas de edificios residenciales, hoteles y hospitales.

Como se explicó en la introducción, en España la infección por *Legionella* es de importancia tanto a nivel de comunitario, como en el ámbito nosocomial, habiendo generado un número elevado de casos de neumonía, en especial en los brotes y casos de los años 1995, 1999 y 2000 y un número mayor de casos notificados a partir de 2018. (Cooley et al., 2020). Lejos de disminuir, la mortalidad ha mostrado una tendencia al aumento con los años, por lo que desde el punto de vista epidemiológico esta patología sigue siendo un problema de salud a superar en España (Cooley et al., 2020). El Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca (HCUVA) mantiene una constante presencia de *Legionella* en las muestras ambientales de agua potable.

No hay muchos estudios que hayan abordado con una perspectiva integradora los aspectos microbiológicos de *Legionella* con una visión y conocimiento en profundidad de ingeniería de las instalaciones y sus condicionantes. El estudio de ambos aspectos en su conjunto es necesario e imprescindible para poder identificar y aplicar medidas preventivas con éxito basadas en la mayor evidencia científica posible.

En correspondencia con las cuestiones anteriormente expuestas se puede formular la pregunta genérica del objeto de este estudio que no es otro que investigar que estrategia

complementaria de control y actuación son útiles y necesarias en las instalaciones de un hospital de nuestras características para controlar y corregir las desviaciones de presencia de *Legionella*.

Este estudio pretende evaluar si las estrategias de control que se implementaron en las instalaciones hídricas del Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca desde la identificación del brote de legionelosis en 2019 han resultado efectivas para controlar la diseminación de la bacteria en el medio hospitalario, así como valorar qué medidas adoptadas en la estrategia de control fueron más eficaces en los momentos puntuales de aplicación, así como determinar que parámetros están correlacionados y pueden servir como herramientas que se puedan usar para la predicción de la aparición de la infección, y con ello proponer alternativas innovadoras para el control de la bacteria en las instalaciones hídricas del hospital.

OBJETIVOS

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Describir y analizar el impacto de las estrategias de control de legionelosis en la colonización por parte de *Legionella* de las instalaciones hídricas del Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca (HCUVA).

3.2. Objetivos específicos

Describir el grado de colonización y evolución de positividad de *Legionella* en el periodo 2016-2022 en los sistemas hídricos del HCUVA.

Analizar la relación entre el funcionamiento hidráulico y riesgo de colonización por *Legionella* de las redes de agua sanitaria (Agua fría de consumo humano AFCH y agua caliente sanitaria ACS) del Pabellón hospital general, con relación a la estrategia de control de legionelosis adoptada en el año 2019.

Analizar la correlación, comportamiento y riesgos asociado, de las distintas variables obtenidas en los puntos de muestreo ambiental, para definir parámetros predictivos y de control de la legionelosis.

MATERIAL Y METODO

4. Material y método

4.1. Ámbito y espacio temporal del estudio

Primera fase del estudio. Visión general y evolución temporal de las instalaciones

Análisis de la evolución del comportamiento de las instalaciones de agua potable del HCUVA en el periodo 2016-2020 respecto a la presencia de *Legionella* en sus instalaciones.

Para la realización de este apartado se ha utilizado la descarga de datos del laboratorio externo de bioseguridad que el HCUVA tiene contratado para labores de control analítico en materia de sanidad ambiental y control de calidad de aguas. Todas las muestras ambientales realizadas en el HCUVA entre 2016-2019 han sido incorporadas. Las muestras fueron realizadas en diferentes puntos de las instalaciones y dependencias del complejo hospitalario. La planificación y programación mensual de muestras ambientales fue amplia tanto en la cantidad del número de análisis, como en la ubicación de puntos de muestreo. La estrategia de muestreo ha buscado analizar el máximo número de puntos, abordando todos los edificios del complejo hospitalario y priorizando los puntos hidráulicamente más desfavorables (producción y almacenamiento de ACS, puntos más distantes, etc.), así como una estrategia de rotación periódica del muestreo ambiental de agua por el máximo de dependencias, en especial las consideradas más críticas identificadas a partir de la evolución de resultados anteriores.

La cantidad y ubicación de muestreos fue por tanto dinámica y condicionada por los siguientes factores:

- 1) Realizados según la programación de la planificación de los procedimientos de autocontrol establecidos en el Area I.

- 2) Extraordinarios realizados a raíz de comunicaciones puntuales del Servicio de Medicina Preventiva y de la Inspección de Sanidad del Servicio de Sanidad Ambiental de la Región de Murcia ante casos de legionelosis con sospecha de origen nosocomial.
- 3) Extraordinarios realizados como contraanálisis de toma de muestras ambientales efectuadas por la Inspección del Servicio de Sanidad Ambiental de la Región de Murcia.

Segunda fase del estudio. Efecto de una acción correctora

En esta segunda parte del estudio se analiza el efecto de las medidas correctoras y del proceso de limpieza fisicoquímica efectuado en las verticales de fontanería de la red de ACS del edificio del HG, desde la planta P+2 hasta P+7 y en las tres alas de hospitalización en el verano del año 2019. La cantidad y disposición de habitaciones destinadas a hospitalización en el HG corresponde a lo indicado en la Tabla 7.

Tabla 7. Ubicación y cantidad de habitaciones hospitalización en HG.

Planta	Hab/Ala			Hab/Planta
	I	C	D	
p7	15	14	14	43
P6	15	14	14	43
P5	15	14	14	43
P4	15	14	14	43
P3	15	14	14	43
P2	15	11	14	40
Total				
Hab/Ala	90	81	84	255

Se puede considerar que la capacidad hotelera del HG es de 255 habitaciones dobles, y por lo tanto una capacidad de 500 personas aproximadamente. Los Servicios Médicos de dichas alas de hospitalización corresponden con los indicados en la Tabla 8.

Tabla 8. Relación de Servicios Médicos y correspondiente ubicación de camas asignadas en plantas y alas de hospitalización pabellón HG.

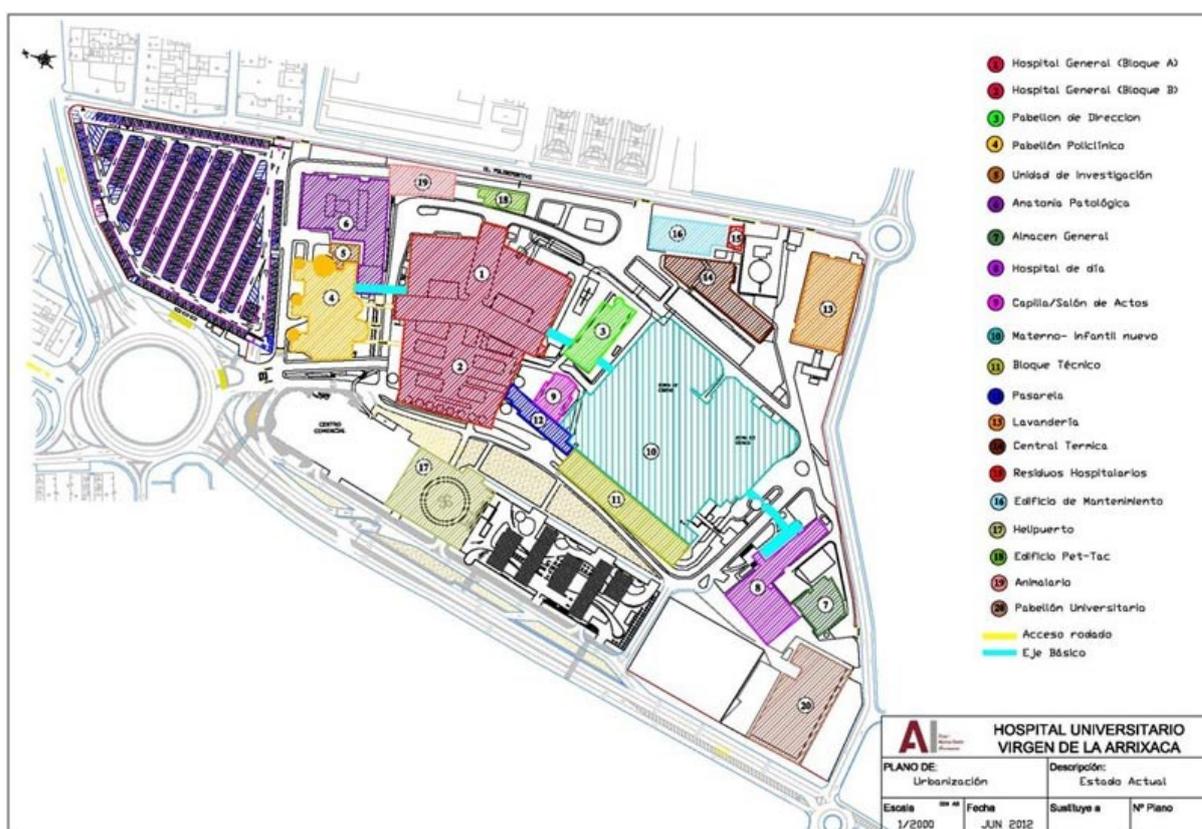
Ubicación	Ala derecha	Ala centro	Ala izquierda
P+ 7	Neumología	Otorrinolaringología, Oftalmología	Digestivo
P+ 6	Cardiología	Cardiología	Cardiovascular
P+ 5	Medicina Interna	Medicina Interna	Medicina Interna
P+ 4	Psiquiatría	Neurocirugía	Neurología. Ud. Ictus
P+ 3	Cirugía G y Digestivo	Trasplantes	Cirugía General
P+ 2	Urología	Ud. Corta estancia, Ud. Penitenciaria	Traumatología

El conocimiento de la ubicación de los diferentes servicios y unidades médicas es importante, con el fin de una vez obtenidos los resultados del mapa de riesgos y criticidad de las zonas, efectuar de forma coordinada una reorganización interna asistencial de pacientes, para que los pacientes que estén más inmunodeprimidos o inmunocomprometidos puedan ser alojados en las habitaciones que correspondan a las y verticales con menos riesgo.

4.2. Ubicación

El estudio realizado se ha efectuado en las instalaciones del Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca (HCUVA), siendo este el hospital centro de referencia del Area de Salud Murcia Oeste, así como hospital de referencia del Servicio Murciano de Salud (SMS) de la Región de Murcia. En la Figura 19 se puede observar el conjunto de edificios que conforman dicho complejo hospitalario.

Figura 19. Destalle de edificaciones existentes en la urbanización del HCUVA.



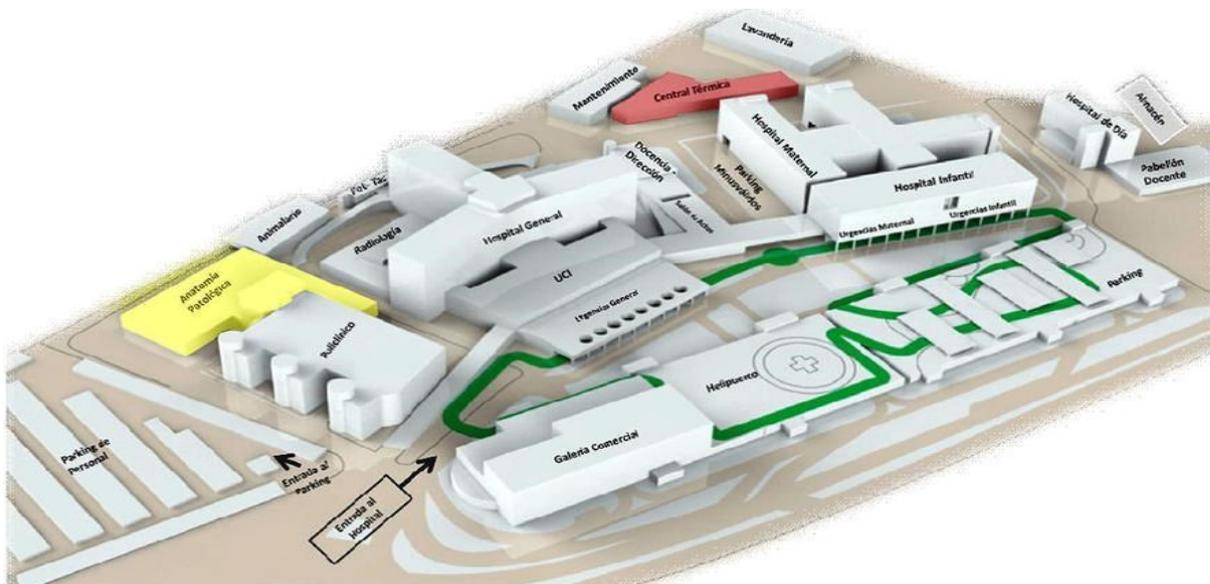
La urbanización del HCUVA alcanza una superficie de 120.000 m², siendo la superficie construida en el mismo de aproximadamente 190.000 m². En el interior del recinto hospitalario se encuentran también edificios con convenios de explotación, y cuyas infraestructuras son gestionadas por terceros, siendo estos los edificios de:

- Pabellón Universitario Virgen de la Arrixaca (PUVA): Este edificio alberga trabajadores del SMS/HCUVA, de la Fundación para la Formación e Investigación Sanitaria de la Región de Murcia (FFIS) y de la Universidad de Murcia (UMU).
- Aparcamiento subterráneo y galería comercial.
- Edificio del ciclotrón con producción de radiofármacos.

En este conjunto arquitectónico cabe destacar los tres principales edificios de hospitalización, que se pueden observar en la Figura 20, que corresponden con:

- Pabellón del Hospital General.
- Pabellón del Hospital Maternal.
- Pabellón del Hospital Infantil.

Figura 20. Detalle de vista panorámica del HCUVA.



Se pueden observar otras edificaciones importantes. En concreto los edificios destinados a servicios asistenciales como consultas, tratamientos y laboratorios: (Policlínico, Hospital de día, Anatomía patológica y Mortuario.). Y por último hay otros edificios de apoyo a la actividad asistencial y de investigación: (Animalario, edificio AECC, Lavandería industrial centralizada y Central Térmica.)

4.3. Descripción de las instalaciones de agua

Instalación de AFCH

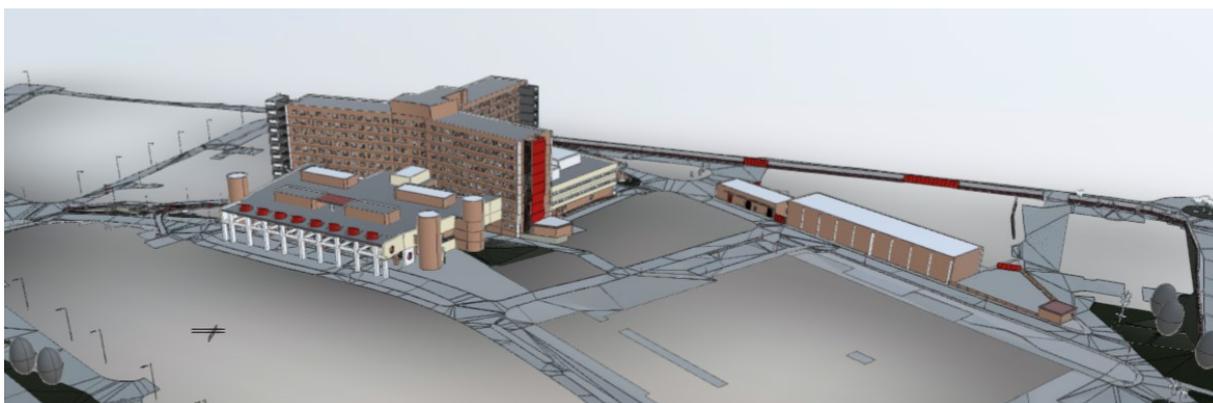
El agua bruta al complejo hospitalario proviene de la red municipal de abastecimiento, con dos puntos de entrada de suministro al hospital. Un punto principal que es usado

habitualmente para el suministro, y otro punto alternativo, que se usa como contingencia en caso de no ser viable el suministro por el punto principal. El abastecimiento de agua bruta es almacenado en varios depósitos, que se describen a continuación:

- 1) Dos depósitos situados en el sótano del edificio de la Central Térmica. Se trata de agua fría (AF) de uso industrial, con destino a suministrar a los equipos situados en el edificio de lavandería centralizada industrial existente en el HCUVA (Túneles de lavado, lavadoras, equipos de producción de vapor, etc.).
- 2) Dos depósitos de AF situados en el sótano del edificio de Pabellón de Dirección, destinado a uso exclusivo de aljibes para almacenamiento de agua del sistema de protección contra incendios. Esta agua es impulsada por equipos de bombeo, tanto eléctricos, como mediante un motor de combustión, para dar servicio a los sistemas de hidrantes exteriores, bocas de incendio equipadas y rociadores, instalados por todo el complejo del HCUVA.
- 3) Dos depósitos situados en el sótano del edificio denominado Central térmica, para uso exclusivo de distribución de toda el AFCH que se usa en los diferentes Servicios y Unidades del hospital.

En todos los casos, los dos depósitos independientes, se usan de forma paralela para mejorar las condiciones de calidad del agua, número de renovaciones y asegurar el control de los mismos. Con esta estrategia se facilitan las labores de mantenimiento (limpiezas, desinfecciones, etc.) de forma interrumpida, Este sistema actuaría también como contingencia en caso de rotura de alguno de los dos depósitos mientras se efectúa la reparación sin interrumpir el servicio de suministro de AFCH al complejo hospitalario, puesto que es un servicio crítico y de primera necesidad para el desarrollo de la actividad asistencial. En este sentido cada aljibe tiene sus elementos de instalación independientes y pueden trabajar en paralelo o de forma independiente (Grupos de presión, descalcificadores, etc.).

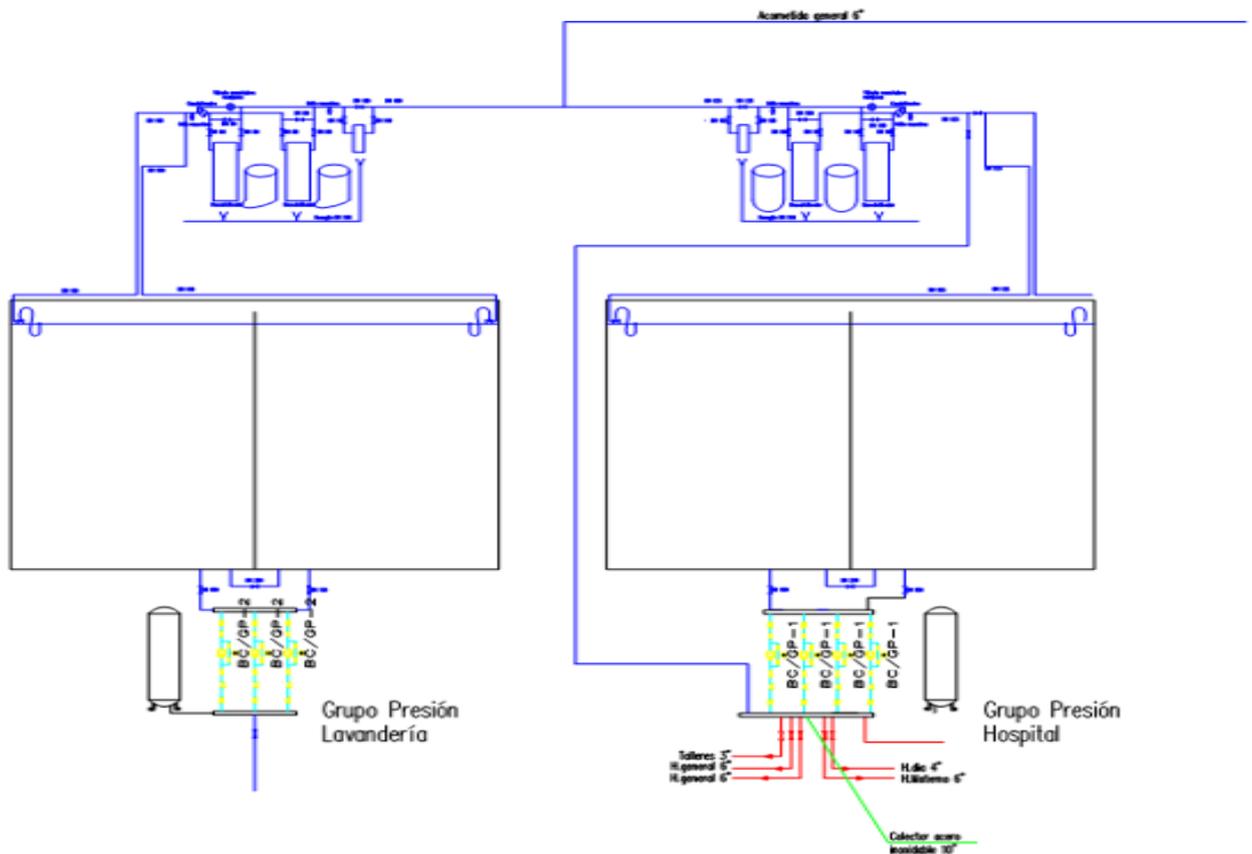
Figura 21. Infografía de urbanización con localización de edificio HG y de central térmica.



Los depósitos de AFCH se encuentran situados en la planta sótano del edificio de Central térmica, por lo que desde su recepción y almacenamiento el agua tiene que ser impulsada por grupos de presión, para su uso en los diferentes edificios, como en este caso el pabellón HG. También la producción y almacenamiento del ACS se realiza en la planta baja del edificio de la Central térmica por lo que tiene que ser impulsada por grupos de presión hasta los edificios consumidores y desde estos hasta los puntos de consumo. Esto provoca una pérdida o gradiente de temperaturas importante, debido a las grandes distancias existentes, así como un alto consumo energético. En los depósitos se inyecta un biocida, en este caso hipoclorito sódico, de forma continua para el correcto nivel de concentración y homogeneización de este. El fin es cumplir con el mantenimiento de las condiciones higiénico sanitarias marcadas por la normativa vigente. Existen también dos equipos de descalcificación para ablandar el agua proveniente de la red. Cabe destacar que el agua proveniente de la red general de suministros tiene altos valores de dureza (aproximadamente 40 grados franceses), la cual cambia con la estacionalidad. El agua es tratada para llegar a valores aproximados de 15 - 20 grados franceses, a fin de evitar incrustaciones y deposiciones calcáreas, pero teniendo en cuenta no bajar dicho nivel de dureza, para evitar procesos de corrosión.

Los aljibes son sometidos a las labores de mantenimiento y control que indica la normativa. Los protocolos de limpieza están incluidos en el Anexo II. Se puede observar en la Figura 22 el esquema de funcionamiento de los cuatro depósitos de AFCH, donde se puede observar el tratamiento previo de descalcificación dúplex a la entrada del agua independiente para cada grupo de dos, así como el sistema de bombeo final independiente para dar servicio tanto al HG como a Lavandería.

Figura 22. Esquema de principio de aljibes de almacenamiento de AFCH. Central térmica HCUVA.

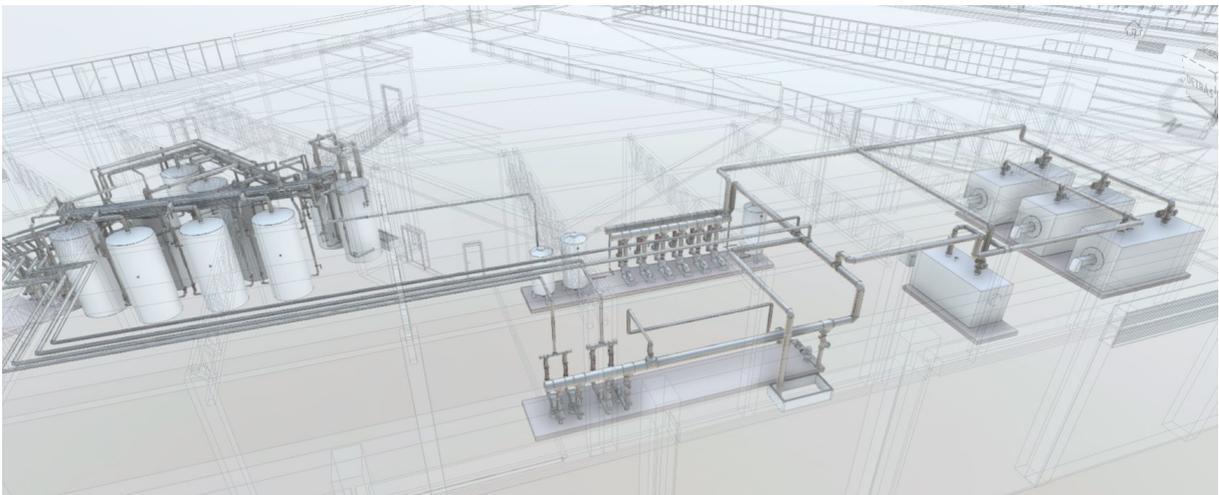


En el sótano de la central térmica, el AFCH es impulsado por diversos grupos de bombeo multicelulares a todo el complejo hospitalario, por tuberías con una configuración tipo árbol ramificado.

Instalación de ACS

El ACS, es producida de forma centralizada en la planta baja de la Central térmica. El ACS producida es almacenada en 10 depósitos de 10.000 litros/unidad e impulsada hacia los diversos edificios del complejo hospitalario llegando la red de abastecimiento del ACS al edificio HG a nivel del sótano -2.

Figura 23. Detalle de infografía del sistema de producción y almacenamiento centralizado de ACS.

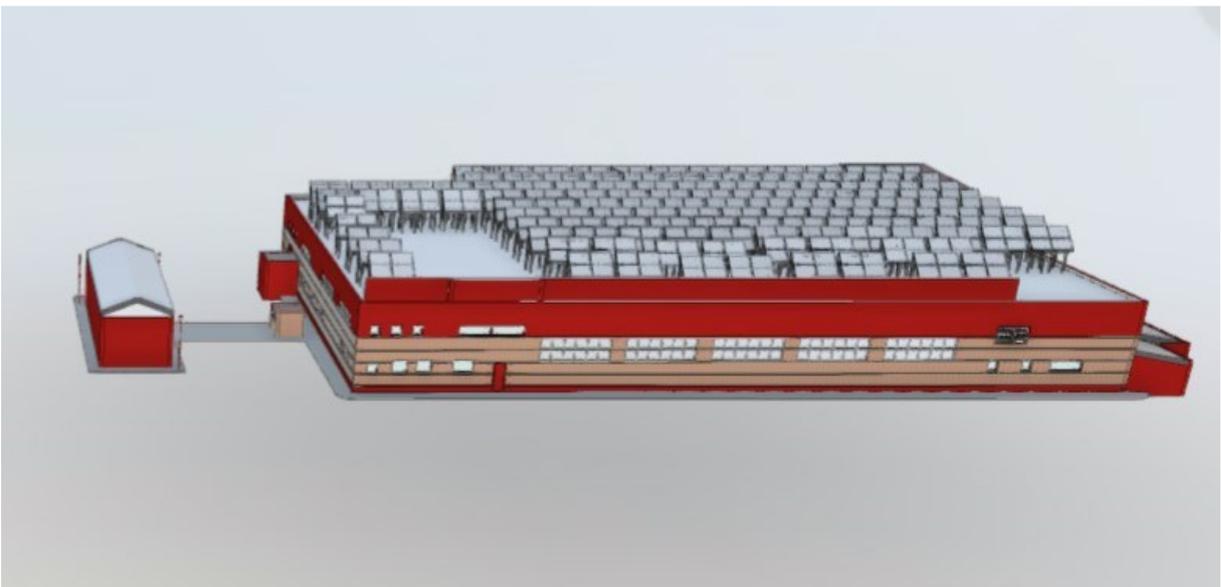


Nota: El detalle corresponde a modelado BIM (Building Information Modeling - Gemelo digital) de la instalación de producción de ACS en la planta baja del edificio de central térmica. Se puede observar a la izquierda el conjunto de depósitos y la derecha el sistema de calderas. En la zona central sistema de impulsión y colectores.

En la red de distribución de ACS a los edificios principales, existe una línea de retorno desde cada uno de ellos a la Central térmica. El ACS vuelve al sistema central de producción y almacenamiento centralizado para ser calentada de nuevo a temperatura de consigna fijada. Se puede apreciar en la Figura 23 un detalle en tres dimensiones del sistema, donde se diferencia un circuito primario el agua que pasa por el interior de las calderas pirotubulares y es la que produce el agua de este circuito primario, llegando a los intercambiadores de calor, que calienta

el ACS del circuito secundario que es que el agua que pasa por estos intercambiadores de calor proveniente de los depósitos de ACS. Este sistema calienta el agua de los dos depósitos verticales finales. El agua de los primeros ocho depósitos es precalentada con energía solar térmica, como se puede observar en el detalle de la Figura 25. Existen dos circuitos, uno primario que discurre desde los paneles solares hasta los intercambiadores y otro circuito secundario desde los intercambiadores hasta los primeros depósitos. El sistema de depósitos está diseñado para poder dejar un grupo de ellos fuera de servicio para labores de mantenimiento o paradas técnicas. En el sistema existen llaves de corte que permiten el uso de los depósitos en paralelo o bien en serie, según condiciones de trabajo necesarias. Los paneles para producción de energía solar térmica están instalados en la cubierta del edificio de lavandería, tal y como se puede observar en la Figura 24.

Figura 24. Detalle infografía del sistema de producción térmica solar situado en la terraza del edificio de lavandería centralizada del HCUVA.

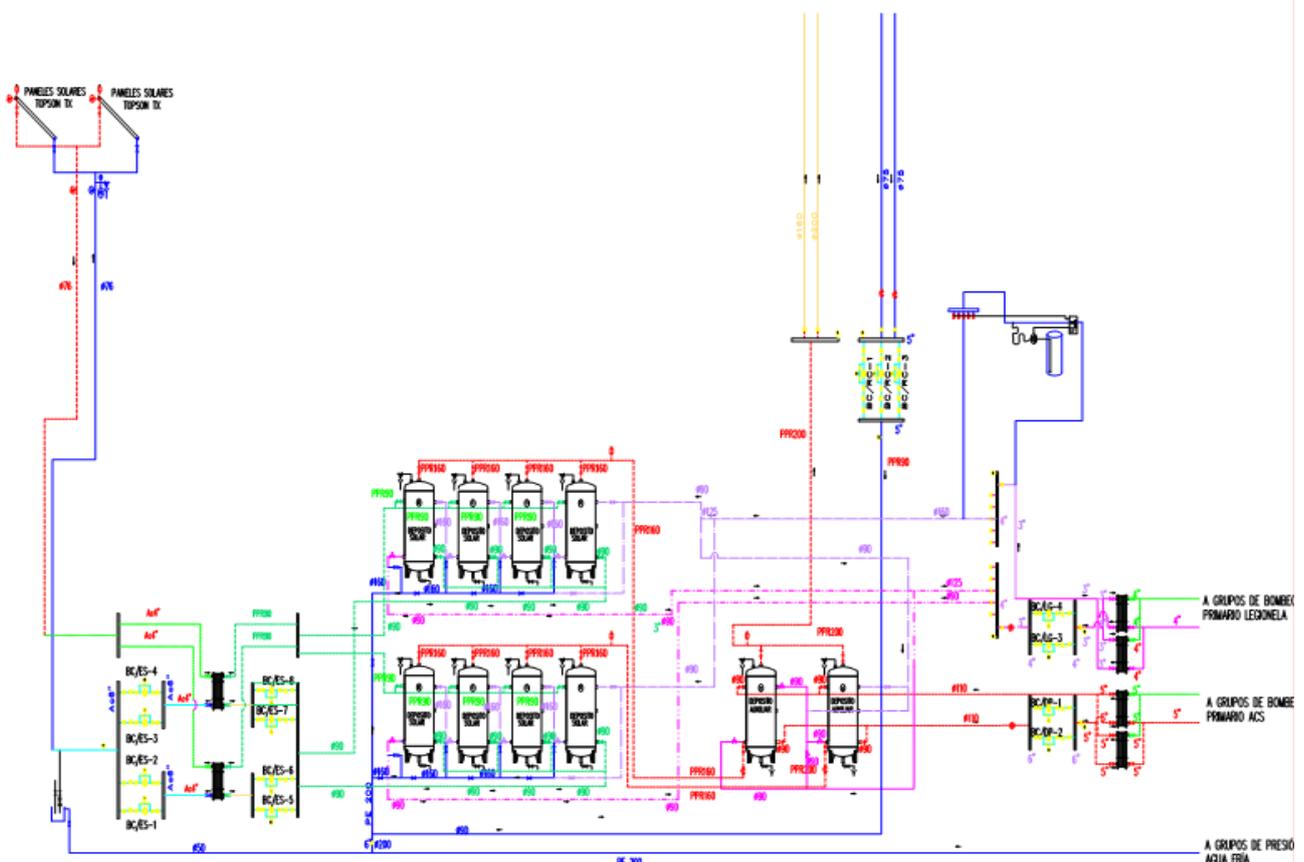


Los paneles captadores para la producción de ACS por energía solar, tipo producción térmica, están situados en la terraza del edificio de lavandería centralizada. Este sistema está dividido en dos circuitos (primario y secundario). Con ello se precalientan los primeros

depósitos del sistema de producción de ACS centralizado, terminando la producción final con apoyo de calderas.

En la Figura 25 se puede observar un esquema de principio del funcionamiento global de la instalación, donde se ven los diferentes grupos de intercambiadores, con los circuitos primarios y secundarios de cada uno, y en el que se encuentra un grupo de intercambiadores específico para realizar los choques térmicos periódicos de los depósitos, para prevenir y control de *Legionella*.

Figura 25. Esquema de producción de ACS en edificio central térmica. Central. HCUVA.

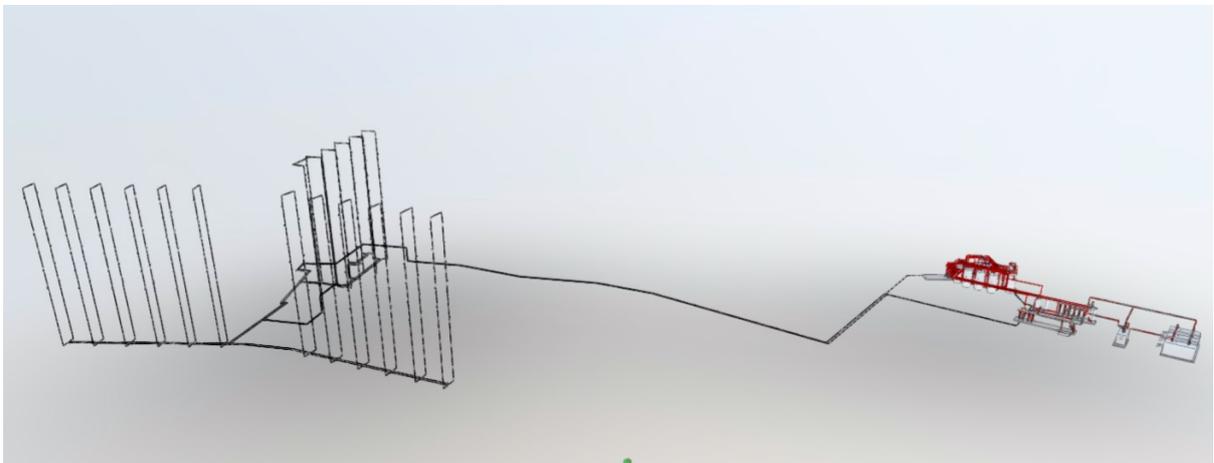


El ACS una vez llega al nivel sótano P-2 del HG, se distribuye por diversas verticales hacia las alturas superiores, estando en la cota superior de la planta P+7 unidas las verticales de impulsión con las correspondientes verticales de retorno, y a su vez todos los retornos unidos

para alimentar una línea común de retorno hacia el edificio de central térmica, donde se volverá a calentar a la temperatura de consiga establecida, para una nueva impulsión.

Tanto el AFCH, como el ACS, es impulsada desde el edificio de central térmica, a los diferentes edificios, viéndose en la Figura 26 un esquema básico del sistema de verticales que alimentan, en forma de estrella, las tres plantas de hospitalización desde P-2 hasta P+7. En el sistema de ACS existe una línea de retorno que discurre por toda la galería y devuelve el ACS al sistema de producción central de ACS para su nuevo calentamiento.

Figura 26. Esquema de principio básico de instalación de fontanería HG. (Diseño: Gemelo digital – BIM).



Se puede observar el esquema de alimentación desde Central térmica hasta el HG. La distribución a este edificio se hace alimentando el centro de la estrella que alimenta cada una de las alas, y a su vez, desde la planta sótano, es distribuida por verticales (línea de impulsión y retorno) a todas las alturas del edificio.

4.4. Parámetros físicos, químicos y biológicos

Primera fase del estudio

En esta primera fase se analizan resultados de las muestras ambientales que habían sido tomadas durante todo el periodo de estudio 2016 a 2022 a partir de una descarga de la base de datos del laboratorio de sanidad ambiental del servicio externo subcontratado por el Area I. Este apartado corresponde a lo indicado anteriormente, con análisis de los resultados de los puntos de muestreo realizados en todo el complejo hospitalario, dentro del programa de control interno de calidad de aguas y bioseguridad.

Segunda fase del estudio

Los parámetros medidos fueron efectuados por operarios de la empresa de servicios externos de control ambiental, correspondiendo el perfil a un profesional con título de operador de mantenimiento higiénico-sanitario de instalaciones susceptibles de proliferación de *Legionella*. La toma de muestras y registro de datos fueron realizadas de forma manual en las instalaciones antes y después de la ejecución de los procesos de limpieza fisicoquímica de las verticales. La planificación y programación de los puntos, frecuencias, etc., para la toma de datos de los parámetros fue diseñada y consensuada por el Comité Permanente del Hospital para el control de la legionelosis. En la Tabla 9 se pueden observar un resumen de los diferentes parámetros que se tomaron valores en las instalaciones, así como las técnicas de laboratorio usadas para la detección de *Legionella*.

Tabla 9. Resumen de parámetros medidos, procedimientos de medida de los parámetros y técnicas de laboratorio usadas para detección de *Legionella*.

Parámetros medidos

Tiempo en conseguir alcanzar los 50 ° C.
Temperatura alcanzada a los 5 minutos con grifo abierto en punto de muestreo.
Nivel de cloro alcanzado al minuto de tener el grifo abierto.
Nivel de cloro alcanzado a los 5 minutos de tener el grifo abierto.
Nivel de ATP obtenido en cada uno de los puntos de control.

Procedimientos de medida de los parámetros

Medición de temperatura.
Equipo manual. Termómetro de mano.
Medición de tiempo.
Equipo manual. Cronómetro de mano.
Medición de nivel de cloro.
Equipo manual. Tiras reactivas o dispositivo electrónico.
Medición de nivel de ATP.
Equipo manual. Tiras reactivas.

Técnicas de laboratorio para detección de *Legionella*

Análisis de *Legionella* mediante la técnica de laboratorio qPCR.
Análisis de *Legionella* mediante la técnica de laboratorio PCR.
Análisis de *Legionella* mediante la técnica de laboratorio de cultivo.
Recogida manual. Análisis realizado en laboratorio.

De igual forma en la Tabla 10 se puede observar la descripción del procedimiento usado en el proceso de medición de temperatura.

Tabla 10. Descripción procedimiento usado en medición temperatura.

Procedimiento usado en medición de temperatura

Medidas realizadas con termómetro flexible, calibrado y verificado, situado 10 cm., por debajo de punto de medición 30 sg y cronometro. Una vez transcurridos anotando datos en libreta de trabajo de campo, con posterior transcripción a hoja de cálculo.

3.- Abrir el grifo y esperar 2 minutos (en caso de AFCH) o 1 minuto (en caso de ACS).

4.- Medir la temperatura del agua.

5.- Se tomará el resultado de la medida cuando el valor de la pantalla se haya estabilizado, anotándolo en la hoja de registro correspondiente.

6.- Una vez terminada la medición limpiar cuidadosamente el electrodo, enjuagando con agua destilada y secado.

Materiales: Analizador de campo de temperatura.

Tiempo en conseguir la temperatura a los 5 minutos.

Medidas realizadas con termómetro flexible, verificado y calibrado, situado 10 cm., por debajo de punto de medición, durante 30 sg., a los cinco minutos de dejar el agua correr, y cronometro. Posteriormente anotación en libreta de trabajo de campo, con posterior transcripción a hoja de cálculo.

En el proceso de potabilización de aguas, la cloración es un paso ampliamente utilizado. Mediante ésta, el cloro, un oxidante fuerte, oxida la materia orgánica presente en el agua de manera que el nitrógeno orgánico reacciona con el cloro formando cloraminas. Una vez consumida toda la materia orgánica del agua quedará cloro residual libre sin reaccionar. El cloro total de un agua potable es la suma del cloro combinado, esto es, las cloraminas, más el cloro residual libre. En ausencia de yoduros el cloro libre reacciona con la N,N-dietil-p-fenilendiamina (DPD) produciendo un color rojo. En presencia de ion ioduro también las cloraminas reaccionan con la DPD, produciendo color rojo, lo que permite la determinación del cloro total. En la Tabla 11 se describe el procedimiento usado en medición de cloro.

Tabla 11. Descripción de procedimiento usado en medición de cloro.

Procedimiento medición nivel de cloro.

A 1 minuto: Realizado con equipo portátil colorímetro, por técnica colorimétrica DPD, calibrado y verificado.

Muestra obtenida después de dejar pasar el agua correr un minuto desde su apertura.

A 5 minutos: Realizado con equipo portátil colorímetro, por técnica colorimétrica DPD, calibrado y verificado.

Muestra obtenida después de dejar pasar el agua correr 5 minutos. Uso cronometro.

1.- Determinación de biocida in situ:

2.- Dejar correr el agua unos minutos.

3.- Recoger una muestra en un envase.

4.- Determinar el nivel de cloro libre residual en función del equipo de medición empleado (método DPD).

5.- Anotar los valores en la hoja de registros.

Materiales: Analizador de campo de cloro.

De igual se describe en la Tabla 12 el procedimiento de obtención de niveles de ATP.

Tabla 12. Procedimiento medición nivel de ATP.

Nivel de ATP.

Realizado con equipo portátil, por técnica de bioluminiscencia con trifosfato de adenosina.

Muestra obtenida a la apertura del punto de muestreo, valores recogidos en libreta de campo y posterior transcripción a hoja de cálculo. O bien trasvase de datos de equipo portátil a pc, según los casos.

En la Tabla 13 se pueden observar el procedimiento usado para la obtención de muestras ambientales de agua las técnicas de laboratorio usadas para la determinación de *Legionella*.

Tabla 13. Procedimiento toma de muestras ambientales y determinación de *Legionella* en laboratorio.

Muestras ambientales de ACS

Trabajo de labor de campo con toma de muestras ambientales de ACS tanto antes del proceso de limpieza fisicoquímica, como posterior al proceso de limpieza fisicoquímica y nueva toma de muestras a los 15 días después del proceso de limpieza.

La toma de muestras para el análisis de *Legionella*:

Realizado bajo la responsabilidad del laboratorio que realiza los ensayos de *Legionella*.

Según método de análisis conforme a la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017.

Técnica de laboratorio para determinación de *Legionella* por el método de cultivo:

Laboratorio acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación Española (ENAC) según la norma UNE-EN ISO/IEC 17025.

Método de referencia para detección de *Legionella spp.* UNE-EN ISO 11731:2017 calidad del agua.

Procedimiento de técnica de cultivo:

Técnica estándar utilizada para la vigilancia ambiental de la legionelosis.

Unidades de medida u.f.c. (unidad formadora de colonias – CFU Colony forming units).

Técnica de determinación de *Legionella* por el método de qPCR y PCR.:

Validado por Organismo de certificación nacional. ENAC.

El tratamiento de las muestras y el cultivo estándar de *Legionella* se realizaron de acuerdo con las recomendaciones del método estándar internacional ISO 11731:2017 (Calidad del agua - Detección y enumeración de *Legionella*) (ISO 11731:2017 - Water quality — Enumeration of *Legionella*), basado en el procedimiento de filtración y cultivo de bacterias en medios selectivos. Brevemente, se filtró un litro de cada muestra a través de un filtro de membrana de policarbonato con un tamaño de poro de 0,4 µm (Millipore, Madrid, España). Este tamaño de poro es conveniente para retener las bacterias de *Legionella* presentes en las muestras ambientales y evita la obstrucción del filtro. A continuación, el filtro se retiró asépticamente y se colocó en un tubo de 100 mL que contenía 15 mL de diluyente estéril.

Posteriormente, las bacterias se resuspendieron mediante agitación tipo vórtex durante 2 minutos.

Las muestras concentradas se sembraron directamente en placas (100 μ L) en medios BCYE α + GVPC que contenían antibióticos (agar *Legionella* GVPC, código 43032; Biomerieux, Francia) para enumerar las colonias de *Legionella* (CFU). Este medio estándar usa BCYE (Extracto de levadura de carbón tamponado). El medio de cultivo usado de un tampón de ACES/hidróxido de potasio, carbón activado, pirofosfato férrico soluble, L-cisteína y α -cetoglutarato. Manteniendo un pH de 6,9 que es óptimo para el crecimiento de la *Legionella* y resto de elementos para estimular el crecimiento bacteriano y anular los productos metabólicos tóxicos. Con crecimiento excesivo de bacterias contaminantes, se puede aumentar la selectividad a través de suplementos como polimixina B, vancomicina o MWY (Modified Wadowsky and Yee).

Todas las placas se incubaron a 36 ± 2 °C hasta 10 días en condiciones aerobias y atmósfera humidificada. Las colonias se contaron después de 1, 3, 5, 7, 8, 9 y 10 días. Las colonias lisas que mostraban un color amarillento o, a veces, amarillo verdoso o blanco grisáceo se contaron como legionelas sospechosas a confirmar. Se su cultivaron entre 5 y 7 colonias sospechosas de ser positivas para *Legionella* en agar BCYE (sin antibióticos) (Biomerieux) y agar sangre (alternativamente podemos usar agar BCYE sin L-cisteína) para su confirmación (agar Columbia + 5% sangre de caballo, código 43050; Biomerieux, Francia). Las colonias aisladas que crecen solo en agar BCYE pero no en agar sangre se consideraron colonias de *Legionella*. Los resultados se expresaron en UFC/L y el límite de cuantificación del procedimiento fue de 50 UFC/L. No se realizaron más pruebas confirmatorias, como inmunofluorescencia directa o indirecta y aglutinación en látex para colonias dependientes de cisteína.

Respecto a la técnica de PCR en tiempo real indicar que la PCR en tiempo real o PCR cuantitativa (qPCR) es una técnica de diagnóstico rápido donde se puede establecer una cantidad de ADN en tiempo real (Referencia). Es un método con el que se obtiene un número de unidades de genoma (GU) por litro de agua. Cada muestra de agua de 1 litro se mezcló agitándola y se filtró a través de un filtro de membrana de policarbonato de 0,2 µm de diámetro de poro (Millipore). A continuación, se retiró el filtro de membrana y se colocó en 10 mL de solución estéril libre de RNasa y DNasa y se usó 1 mL para la extracción de ADN con un kit comercialmente disponible (DNeasy Blood & Tissue Kit, código 69504; Qiagen, Hilden, Alemania).

El ADN se eluyó en 200 µL de tampón de elución (suministrado en el kit). Los ensayos de PCR se llevaron a cabo con un kit comercialmente disponible (*Legionella spp.* qPCR Quantitative Detection Kit, código 992402; ielab, Alicante, España). La mezcla comercial contenía cebadores específicos para *Legionella spp.* TaqMan Universal Master Mix, sondas fluorescentes, IPC (control positivo interno: ADN plasmídico). A 15 µL de la mezcla de reacción se añadieron: 10 µL de matriz de ADN; 10 µL de agua libre de nucleasas (control negativo); 10 µL de control positivo: 6 diluciones sucesivas de control positivo (una cepa de *Legionella pneumophila*) a la concentración inicial de 1×10^6 unidades de genoma/µL. Todas las muestras se ensayaron mediante 3 repeticiones. Los resultados se leyeron con el uso de la pendiente estándar proporcionada por el productor (los puntos de pendiente fueron: 100.000, 10.000, 1.000, 100, 10, 1). La amplificación comprendió: 50°C, 2 minutos; 95°C, 10 minutos; 42 ciclos, cada uno compuesto por: 95 °C, 15 s y 6 °C, 1 min. La cuantificación el límite era $480 \text{ GU} \cdot \text{l}^{-1}$.

Respecto al procedimiento de toma de muestras ambientales, así como la determinación de *Legionella* en laboratorio por los métodos indicados, lo realizó la misma empresa comercial de servicios. El método usado en la toma de muestras ambientales fue el “postflushing”, dejando que el agua fluya durante unos minutos al fin de poder recolectar el agua originaria de la tubería principal y que sea cuando el ACS de las tuberías haya alcanzado el límite máximo de temperatura. Este método es utilizado para analizar el estado de las tuberías o para comprobar si un determinado tratamiento de desinfección ha sido eficaz. Se puede además incluir el muestreo del biofilm obtenido mediante escobillones

Recogida de muestras en botellas estériles de 1 litro directamente de la salida del punto terminal. Antes del muestreo. Se insertó un hisopo estéril en las salidas de los grifos y se giró presionando la superficie interior dos veces en el sentido de las agujas del reloj y hacia arriba y hacia abajo dos veces para desalojar el sedimento.

La recolección de agua se diseñó para proporcionar simultáneamente:

- 1) Muestras de agua que fueran representativas en la medida de lo posible del estado global del sistema de agua, incluido el sedimento extraído para compensar al menos parcialmente el efecto de dilución.
- 2) Volumen de muestra de agua suficiente para aplicar diferentes técnicas para la determinación de *Legionella* en porciones de agua lo más equivalente posible para cada punto de muestreo.

La temperatura de cada muestra de agua se registró en el momento de la recolección de la muestra. Se distribuyeron a temperatura ambiente en botellas de plástico de polipropileno con tapón de rosca de boca ancha estériles de 1 litro que contenían tiosulfato de sodio,

protegidas de la luz solar, dentro de las 4 horas posteriores al momento de la recolección. El análisis de *Legionella* se realizó dentro de las 24 horas posteriores a la recolección. Las muestras llevaron el mismo día de la toma de muestras y se transportaron a temperatura ambiente, protegidas de la luz solar y evitando temperaturas extremas o habiendo sido conservadas refrigeradas (entre 2 y 8 C°). Las muestras de ACS se han refrigerado inmediatamente después de ser tomadas.

El laboratorio analizó el contenido de la botella de 1 litro par *Legionella spp*, utilizando el método de cultivo estándar realizado de acuerdo con las recomendaciones del método estándar internacional ISO 11731:1998 (Calidad del agua - Detección y enumeración de *Legionella*) (220) como otra porción de 1 litro de agua para *Legionella spp*, utilizando la técnica basada en la reacción en cadena de la polimerasa (qPCR).

4.5. Detalles gráficos para la interpretación de resultados

Interpretación de los resultados analíticos con planos, esquemas e infografía

Para un mejor diseño de los puntos de muestra y comprensión de los resultados de forma gráfica se numeraron cada una de las verticales de cada una de las tres alas de hospitalización existentes. La numeración se realizó desde el final de cada una de las plantas de hospitalización, con números cardinales, del 1 al 6, y disponiendo en cada una de ellas la letra d, para el ala derecha, c para el ala centro e i para el ala izquierda, como se puede contemplar en la Figura 31 y 32, en el esquema de plano de planta. Los puntos más distantes, correspondientes a las verticales del fondo de planta, serían las hidráulicamente más desfavorables, o con mayor pérdida de carga.

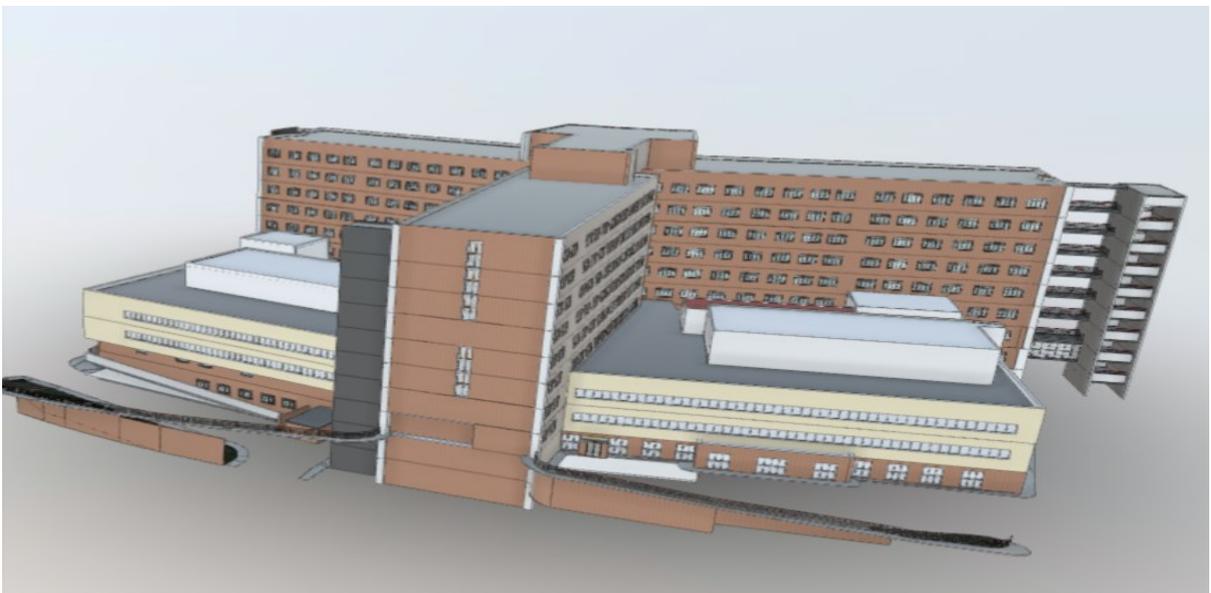
Figura 27. Vista frontal del pabellón HG.



Nota: BIM – Modelo gemelo digital.

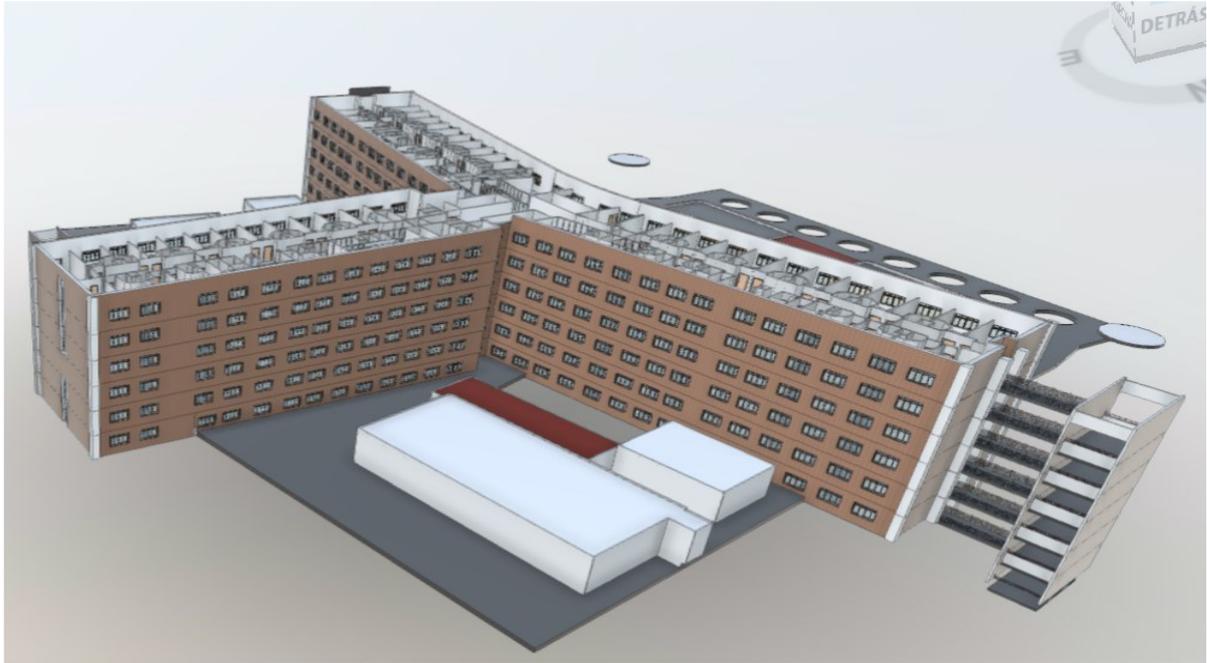
En cada pasillo de hospitalización cada vertical da servicio a dos habitáculos colindantes. Cada vertical ascendente, denominada vertical de impulsión se une en la altura +7 con su correspondiente vertical descendente denominada vertical de retorno. En las Figuras 27 y 28 podemos observar una vista frontal y posterior completa del edificio pabellón HG.

Figura 28. Vista posterior del pabellón HG. Modelo gemelo digital. BIM.



El estudio del pabellón HG se centra específicamente en las plantas de hospitalización, como se puede ver con más detalle en la Figuras 29 y 30.

Figura 29. Infografía HG, zona de hospitalización de P+2 a P+7 en pabellón HG.



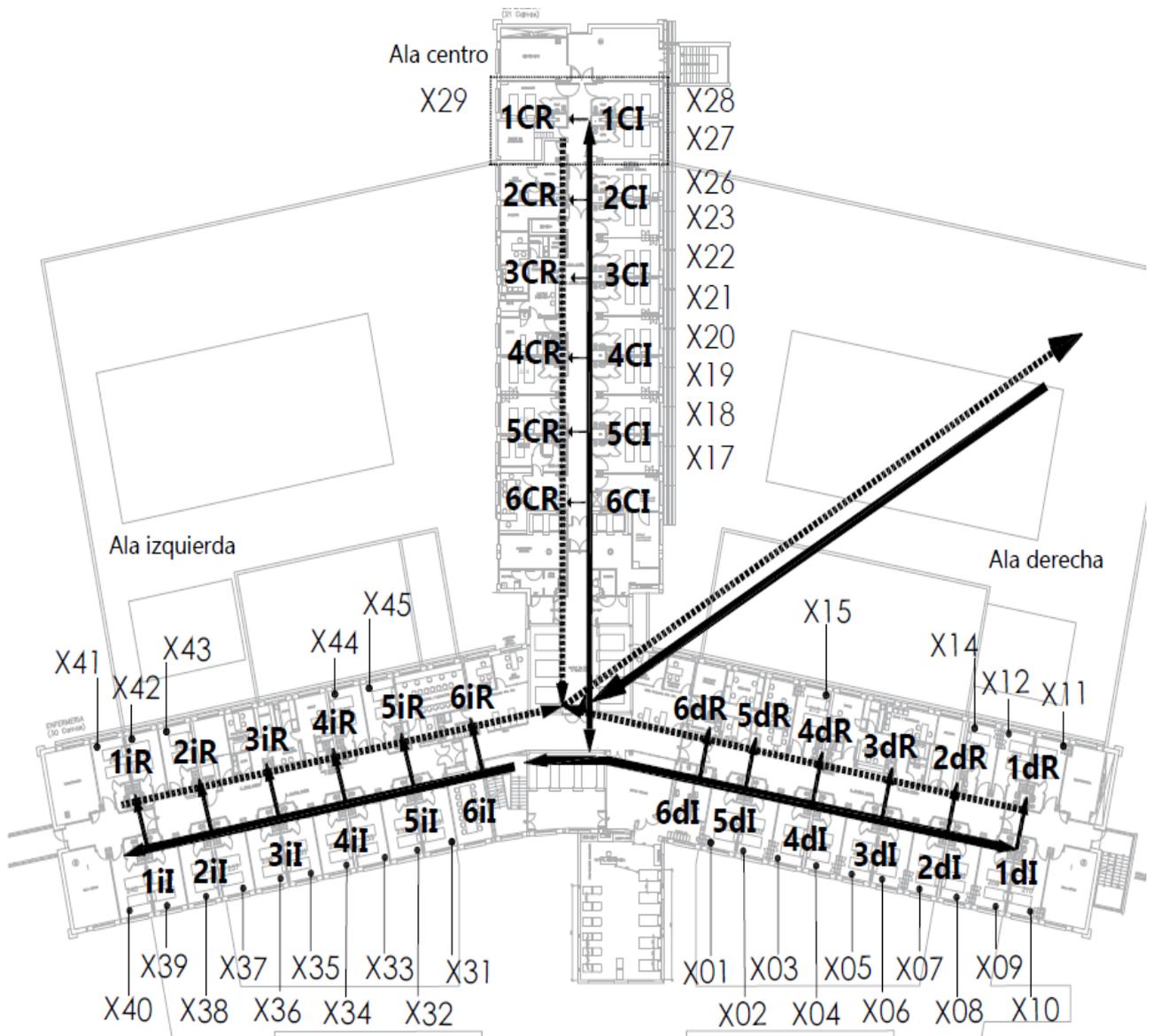
Nota: En esta infografía se puede apreciar el pabellón HG, desde la altura P+1 hasta la P+7, que son las plantas y habitaciones destinadas a hospitalización objeto del estudio.

Figura 30. Infografía de modelo BIM de esquema hidráulico de ACS del HG.



Se puede observar que todas las verticales están alimentadas desde el sótano, con circuito de impulsión y retorno.

Figura 31. Plano de planta tipo con numeración de verticales distribución en planta de hospitalización HG.

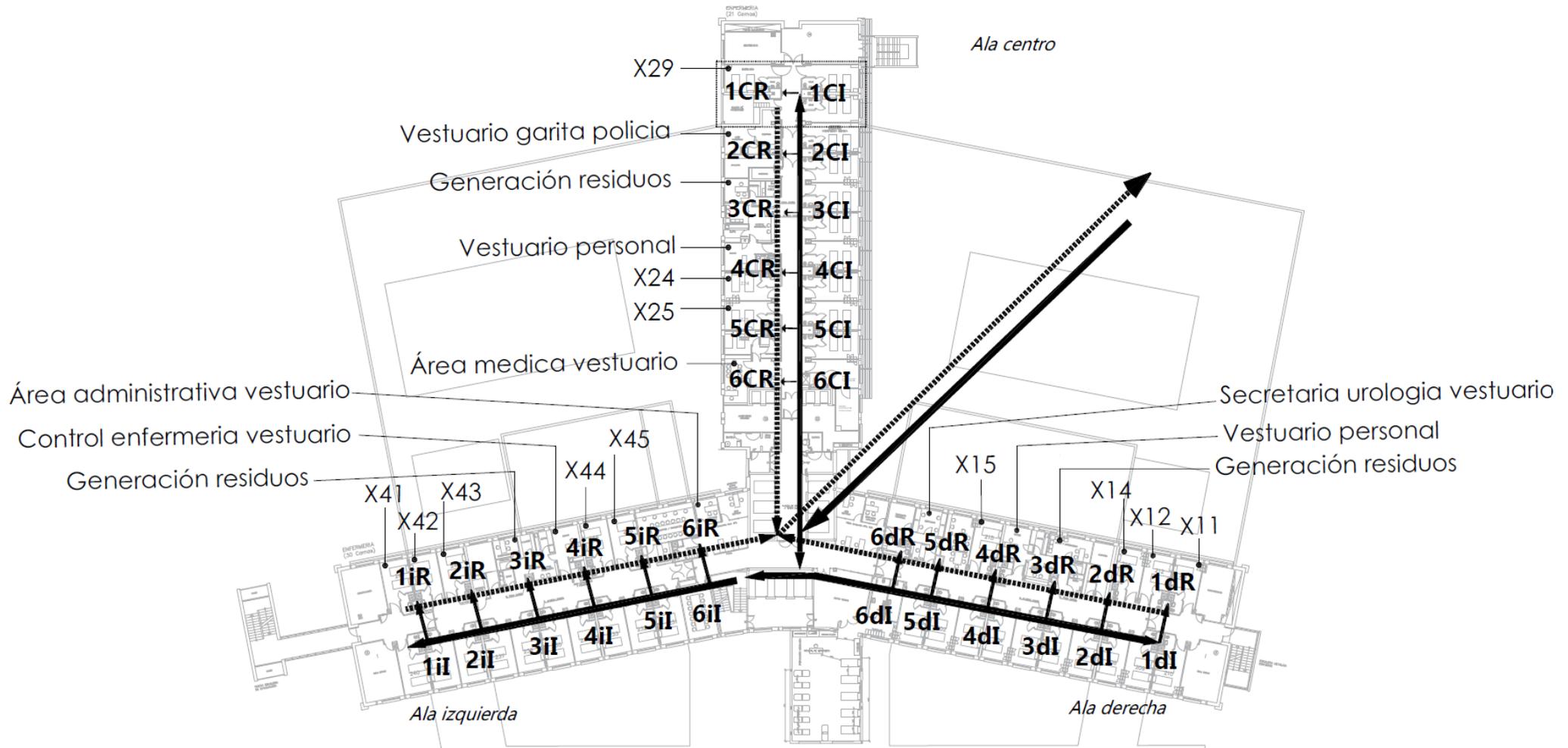


La Figura corresponde a un plano de planta tipo del HG, donde están numeradas las verticales en cada una de las tres alas de hospitalización. Sirve para representar cualquier planta de hospitalización de HG, de P+2 a P+7. La letra D indica ala derecha), la letra C ala centro y la letra I el ala izquierda. La letra I indica circuito de impulsión y la letra R circuito de retorno.

Cada número de habitación estaría compuesto por el número de habitación X que irá desde la planta P+2 hasta la P+7, seguido de los dos dígitos indicados en la Figura 31. Como ejemplo para indicar la 1ª vertical del ala centro del circuito de impulsión del pabellón Hospital General es 1CI. La numeración de habitaciones a las que da servicio esta vertical en toda la zona de hospitalización por planta es la siguiente: Planta séptima: 728-727, planta sexta 628-627, planta quinta 528-527, planta cuarta 428-427, planta tercera 328-327 y planta segunda 228-227.

Aunque hay algunos cambios de numeración en algunas plantas debido a la distribución, como por ejemplo en la planta P+2 por estar allí ubicada una zona de acceso restringido que corresponde a la unidad de penitenciaria. La Figura 32 corresponde a la segunda planta HG, donde se tomaron todas las muestras durante el proceso de limpieza fisicoquímica.

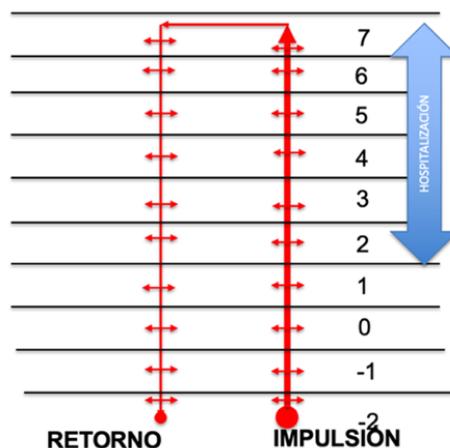
Figura 32. Puntos de muestreo en P+2 en HG. Fase Previa, anterior proceso limpieza redes.



Nota: Puntos de muestreo de la fase previa que cubren las tres alas de hospitalización y todas las verticales de cada ala.

El detalle de alzado de la Figura 33, a fin muestra la unión de la línea de impulsión y retorno efectuada en el falso techo de P+7. Esto permite comprender el esquema de funcionamiento de todas las verticales. Los datos obtenidos de los estudios de positividad del periodo de 2016 a 2019 permitieron elaborar el mapa de riesgos antes de la limpieza fisicoquímica del año 2019 (segunda fase.). Este sistema permitirá observar si las habitaciones de mayor positividad de *Legionella* corresponden con las mismas verticales. En este caso los positivos aparecerían en las verticales más afectadas con la misma numeración en cada una de las plantas.

Figura 33. Vista alzado de verticales del pabellón Hospital General.

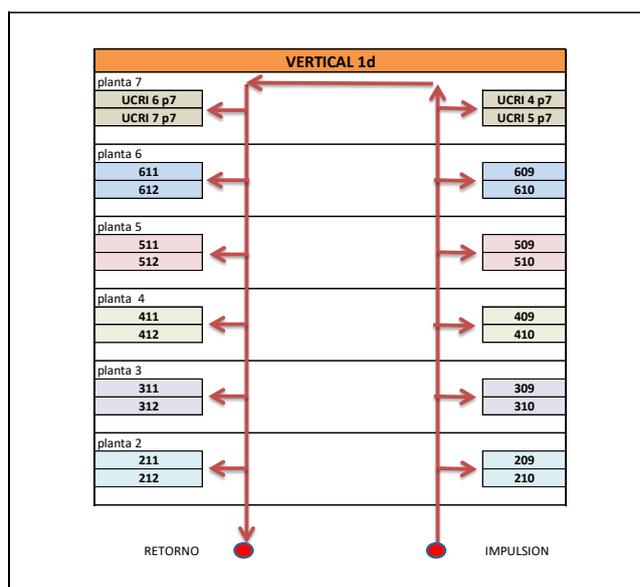


Nota: Vista de alzado de verticales ascendente de impulsión y descendentes de retorno. Se puede apreciar el detalle de unión de la línea de impulsión y retorno por tubería horizontal, cual discurre por el falso techo de la P+7.

Este esquema se reproduce para todas las verticales de impulsión y su opuestas simétricas de retorno, en toda la extensión a lo largo de cada planta y en cada una de las tres alas de hospitalización. En la Figura 34 se incorpora como ejemplo el detalle de la primera vertical del ala derecha, indicando todas las dependencias a las que da servicio, tanto a su lado derecho, como al izquierdo, pudiendo interpretar con esta información los habitáculos colindantes que tienen servicio por la misma vertical y su simétrico enfrentado en el lado opuesto del pasillo.

Figura 34. Detalle de vertical 1ª ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS.

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	2	derecha	1d	I	209
hg	2	derecha	1d	I	210
hg	2	derecha	1d	R	211
hg	2	derecha	1d	R	212
hg	3	derecha	1d	I	309
hg	3	derecha	1d	I	310
hg	3	derecha	1d	R	311
hg	3	derecha	1d	R	312
hg	4	derecha	1d	I	409
hg	4	derecha	1d	I	410
hg	4	derecha	1d	R	411
hg	4	derecha	1d	R	412
hg	5	derecha	1d	I	509
hg	5	derecha	1d	I	510
hg	5	derecha	1d	R	511
hg	5	derecha	1d	R	512
hg	6	derecha	1d	I	609
hg	6	derecha	1d	I	610
hg	6	derecha	1d	R	611
hg	6	derecha	1d	R	612
hg	7	derecha	1d	I	UCRI 4 p7
hg	7	derecha	1d	I	UCRI 5 p7
hg	7	derecha	1d	R	UCRI 6 p7
hg	7	derecha	1d	R	UCRI 7 p7



En Anexo III se adjunta detalle de estudio de todas las verticales de las tres alas del pabellón HG, con la correspondencia a las habitaciones de hospitalización que dan suministro de ACS. Esta información ha servido, una vez identificados los resultados positivos de muestras de laboratorio, para poder indicar en planos una información gráfica rápida y determinar el mapa de riesgos.

Presentación en Tablas de la presencia de *Legionella*

Para simplificar la visualización y la interpretación de la Tabla de resultados se usan tres colores de fondo. Corresponde a cada uno con de ellos con un nivel de seguridad o de cumplimiento de los parámetros, según lo indicado en la Tabla 14.

Tabla 14. Nivel de situación de seguridad del valor reflejado según color de fondo y requerimiento de intervención.

Nivel Verde	Aceptable.	No requiere intervención.	
Nivel Amarillo	Aceptable.	Si requiere intervención.	Programada.
Nivel Rojo	Inaceptable,	Si. Requiere intervención.	Urgente.

4.6. Técnicas de análisis de datos. Tratamiento e interpretación de datos

Los resultados experimentales fueron obtenidos desde 2019 hasta el 2022, en las campañas de muestreo y de trabajo de campo en las instalaciones del HCUVA, así como en los resultados analíticos y de laboratorio del Servicio de Sanidad Ambiental contratado por el hospital.

Lo resultados han sido informatizados con los programas de Microsoft Office Excel 365 de Word y Excel. Para la realización de las técnicas estadísticas y representaciones gráficas, se han usado los programas SPSS Statistics (IBM Corporation, 2023), Minitab versión (Minitab, 2013) y Prism GraphPad (GraphPad Software, 2023) para cálculos estadísticos, así como Autocad (Autodesk, 2024) y Revit (Autodesk, 2024) para representaciones gráficas.

Para el análisis y desarrollo de este estudio se han usado métodos de estadística descriptiva e inferencial, realizando pruebas paramétricas y no paramétricas, según resultado test de normalidad según variable y tipo de estudio longitudinal. (Ángel Villasís-Keever et al., 2016; Fajardo-Gutiérrez, 2017; Flores-Ruiz et al., 2017; Talavera & Rivas-ruiz, 2013). Las estimaciones de potencia estadística y del tamaño del efecto se ha realizado con el software G*Power (Franz Faul et al., 2007).

4.7. Conflicto de intereses

El autor declara que no presenta ningún tipo de conflicto de intereses en este trabajo de tesis doctoral. No existen fuentes de financiación públicas o privadas en la realización del presente trabajo. Los datos han sido extraídos de la base de datos de resultados analíticos del hospital en el proceso de prevención y control de la legionelosis, así como de los datos obtenidos el proceso de toma de datos durante el proceso del estudio.

4.8. Limitaciones del presente estudio

Este proyecto se ha realizado dentro de la actividad de control de legionelosis del hospital. Los diversos procesos realizados así como los muestreos tuvieron que compatibilizarse con la alta presión asistencial lo que dificultó el poder actuar con la planificación y metodología que hubiera sido deseable en todas las fases, tiempos, puntos y ubicaciones. El trabajo estuvo condicionado por los recursos técnicos y humanos disponibles (internos y externos) para realizar las medidas y operaciones del proceso, así como por las limitaciones de contratación administrativa, tiempos de licitación y adjudicación, y tiempos para la realización del proceso.

RESULTADOS

5.- Resultados

5.1. Primera fase de estudio. Visión general en todo el complejo hospitalario

Datos de partida

Los datos de partida para el desarrollo de esta primera fase de estudio han sido los resultados analíticos de las 1.531 muestras ambientales en agua potable del HCUVA, tomadas en el periodo que comprende desde el último trimestre del año 2016 hasta tercer trimestre del año 2022. Un total de 200 resultados fueron positivos a *Legionella pneumophila*, cuya distribución por años se observa en la Tabla 15.

Tabla 15. Distribución de los análisis realizados y de resultados positivos durante el periodo 2016 a 2022.

Año	Nº Total análisis realizados	Nº Análisis con resultado positivo	% muestras positivas
2016	58	17	29%
2017	193	27	14%
2018	215	32	15%
2019	324	59	18%
2020	269	20	7%
2021	304	39	13%
2022	168	6	4%
			100%
Total Periodo	1.531	200	13%

Las 1.531 muestra ambientales se realizaron por alguno de los siguientes motivos:

- 1) Cumplimiento del programa interno de seguimiento y control de prevención de *Legionella* en las instalaciones del HCUVA, el cual fue establecido entre la empresa de control de aguas, Servicio de Ingeniería y Dirección del hospital.
- 2) Contra análisis de tomas de muestra ambientales realizadas por el Servicio de Sanidad Ambiental en su labor inspectora.
- 3) Refuerzo de control analítico realizado en las instalaciones del hospital, por comunicaciones internas del Servicio de Medicina Preventiva o inspección de sanidad, por confirmación o sospecha de casos nosocomiales en el hospital.

Los puntos analizados correspondían a todo el hospital sin un orden exacto de rotación, repetición o fecha de muestreo por punto. La estrategia de control que pretendía rotar el muestreo por el mayor número de puntos posibles, en especial a los puntos más distantes y desfavorables hidráulicamente. En el punto central de producción y almacenamiento de ACS, por ser uno de los de mayor riesgo, así como los puntos donde se han reiterado positivos históricamente, hubo una mayor repetición de análisis de las tomas ambientales. Hay una gran variabilidad en el número de puntos muestreados y el porcentaje con resultados analíticos positivos.

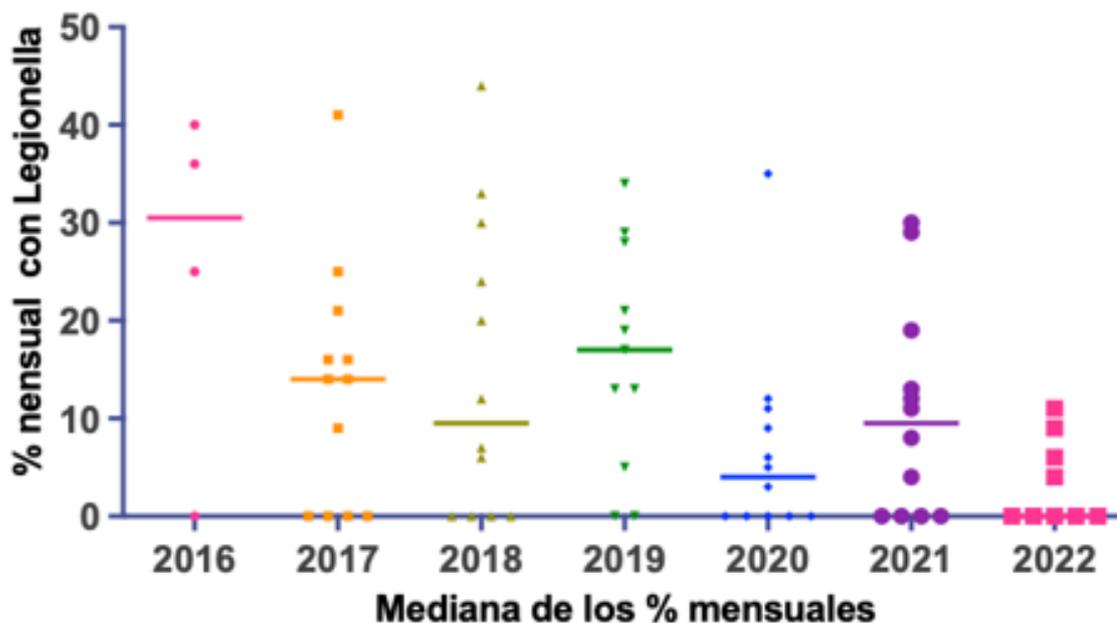
Estudio general de la evolución de los resultados de las muestras ambientales

Complementando los valores de Tabla 15, con el número de analíticas mensuales, número de análisis con valores positivos, % mensual de resultados positivos y valor de las medianas, se obtiene la Tabla 16, cuya representación gráfica corresponde a la mostrada en la Figura 35.

Tabla 16. Número de analíticas, resultados positivos y mediana anual de porcentajes mensual de resultados positivos.

Año	Mes	N°		%		Valor de la Mediana
		Resultados positivos	N° Analisis mensuales	Resultados positivos	Resultados positivos año	
2016	Septiembre	0	8	0%	0	31
	Octubre	5	14	36%	36	
	Noviembre	8	20	40%	40	
	Diciembre	4	16	25%	25	
2017	Enero	7	17	41%	41	14
	Febrero	5	20	25%	25	
	Marzo	0	16	0%	0	
	Abril	2	14	14%	14	
	Mayo	4	19	21%	21	
	Junio	2	14	14%	14	
	Julio	0	16	0%	0	
	Agosto	0	14	0%	0	
	Septiembre	3	19	16%	16	
	Octubre	1	11	9%	9	
	Noviembre	3	19	16%	16	
	Diciembre	0	14	0%	0	
2018	Enero	6	20	30%	30	9,5
	Febrero	5	21	24%	24	
	Marzo	3	15	20%	20	
	Abril	8	18	44%	44	
	Mayo	0	24	0%	0	
	Junio	0	19	0%	0	
	Julio	1	16	6%	6	
	Agosto	2	17	12%	12	
	Septiembre	0	17	0%	0	
	Octubre	0	15	0%	0	
	Noviembre	1	15	7%	7	
	Diciembre	6	18	33%	33	
2019	Enero	0	15	0%	0	15
	Febrero	1	19	5%	5	
	Marzo	2	15	13%	13	
	Abril	4	19	21%	21	
	Mayo	4	23	17%	17	
	Junio	10	29	34%	34	
	Julio	8	28	29%	29	
	Agosto	17	61	28%	28	
	Septiembre	4	30	13%	13	
	Octubre	0	26	0%	0	
	Noviembre	5	26	19%	19	
	Diciembre	4	33	12%	12	
2020	Enero	2	42	5%	5	4
	Febrero	4	33	12%	12	
	Marzo	2	23	9%	9	
	Abril	1	17	6%	6	
	Mayo	0	18	0%	0	
	Junio	8	23	35%	35	
	Julio	1	32	3%	3	
	Agosto	0	16	0%	0	
	Septiembre	0	15	0%	0	
	Octubre	0	17	0%	0	
	Noviembre	0	15	0%	0	
	Diciembre	2	18	11%	11	
2021	Enero	3	23	13%	13	10
	Febrero	0	17	0%	0	
	Marzo	0	19	0%	0	
	Abril	8	27	30%	30	
	Mayo	6	31	19%	19	
	Junio	12	41	29%	29	
	Julio	5	45	11%	11	
	Agosto	1	12	8%	8	
	Septiembre	1	25	4%	4	
	Octubre	0	16	0%	0	
	Noviembre	0	23	0%	0	
	Diciembre	3	25	12%	12	
2022	Enero	0	18	0%	0	2
	Febrero	2	19	11%	11	
	Marzo	0	22	0%	0	
	Abril	0	16	0%	0	
	Mayo	0	16	0%	0	
	Junio	2	22	9%	9	
	Julio	1	23	4%	4	
	Agosto	1	18	6%	6	
	Septiembre	0	14	0%	0	
2016-2022		200	1531			

Figura 35. Evolución anual de la mediana de porcentajes positivos por *Legionella* en las instalaciones del HCUVA del año 2016 a año 2022.

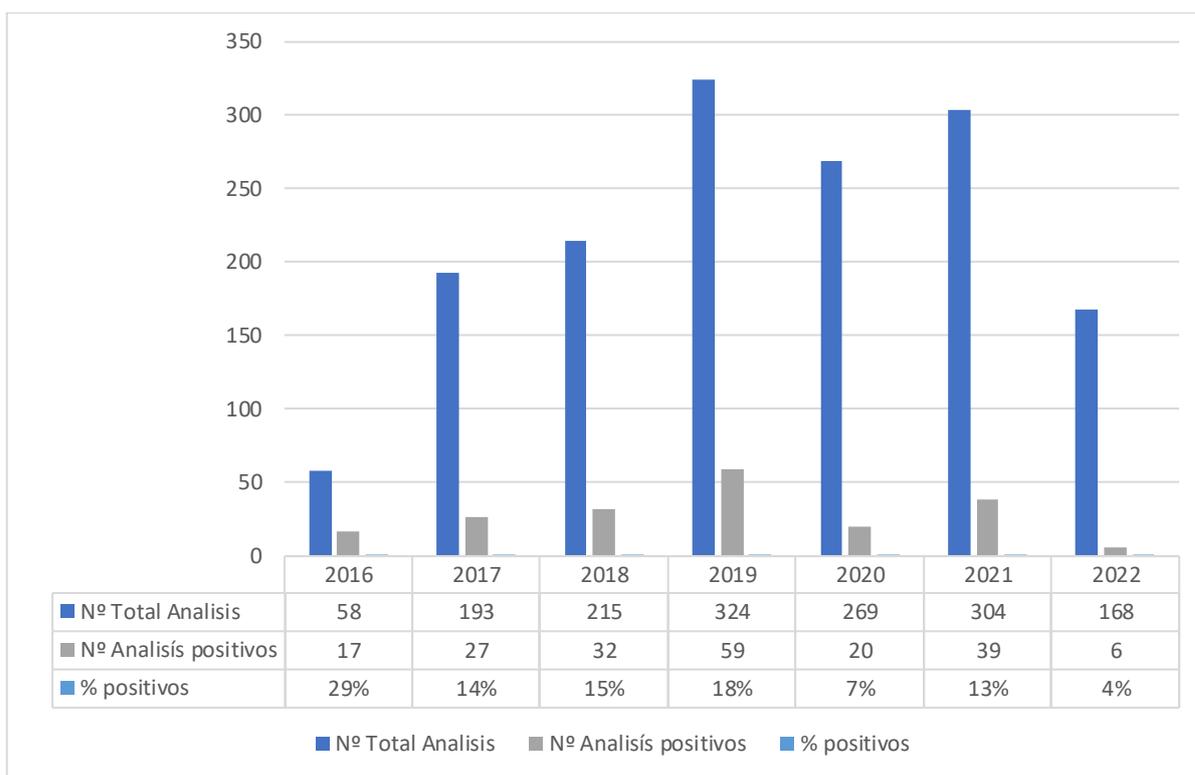


La mediana de los porcentajes de positividad frente a la bacteria *Legionella* obtenidos por mes cada año obtenidas para el año 2016 fueron significativamente mayores a otros años (Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Se observa además que en el año 2019 hay un leve aumento significativo ($p < 0,05$) de los valores, para descender después en el año 2020. En el año 2021 prácticamente no hubo resultados positivos en los primeros tres meses del año.

Estudio cualitativo y cuantitativo de los resultados positivos de *Legionella* en distintos puntos del hospital por año

Se puede observar en la Figura 36 la gráfica con la cuantificación de los análisis realizados en el periodo y los resultados positivos.

Figura 36. Número de análisis totales y con resultados positivos en *Legionella*, durante el periodo del año 2016 al 2022.



Nota: Total análisis realizados periodo: 1.531. Total análisis positivos periodo: 200. No se pudieron recuperar datos de años anteriores de la base de datos del sistema de información del laboratorio, por cambio de sistema informático.

Descripción del comportamiento mensual de los resultados positivos de *Legionella*

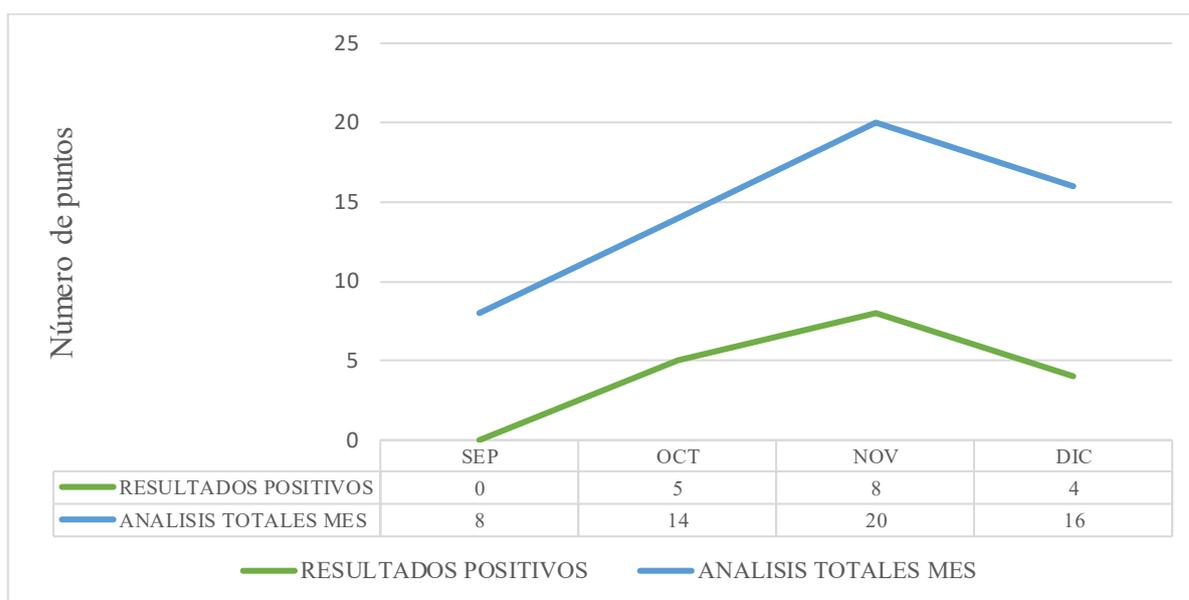
A continuación, en la siguientes Tablas y Figuras se efectúa el análisis de la positividad por cada año haciendo referencia a los puntos de mayor concentración que se muestran en las Tablas anteriores. No se pudieron rescatar datos de fechas anteriores de la base de datos del sistema informático del laboratorio, por cambio del indicado sistema e imposibilidad de obtener históricos anteriores.

En el año 2016, de los 58 análisis efectuados en el año, se observan 17 puntos positivos para la bacteria *Legionella*. Destacándose los valores obtenidos en la planta 4 en el área infantil (ACS. MI. Infantil. P+4. Escolares. Box n1. Duchas.) El acumulador 6 se encuentra positivo en los meses de octubre y noviembre, pero en diciembre no hubo evaluación en este punto. El acumulador 10 mostró la presencia de la bacteria en las tres fechas de toma evaluadas. En la Figura 37 se observa que durante noviembre se registró la mayor proporción de puntos positivos en el hospital con respecto a los puntos evaluados que correspondieron principalmente como se indica en la Tabla a puntos ubicados en la planta 4 en el área infantil. De los acumuladores el 6 y el 9 fueron los que más contribuyeron a la positividad observada.

Tabla 17. Valores positivos y carga de la bacteria en 2016.

Denominación	Fecha muestra	Valor u.f.c.
ACS. CT. Acumulador nº9 CT-AC-09	13-10-2016	4000
ACS. CT. Acumulador nº10 CT-AC-10	13-10-2016	4000
ACS. HG. P 2. Ala C, hab 227. Ducha	18-10-2016	3000
ACS. CT. Acumulador nº2.	25-10-2016	680
ACS. CT. Acumulador nº6.	25-10-2016	9000
ACS. CT. Acumulador nº10	28-10-2016	950
ACS. MI. Inf. P4. Esc. Box 1. Ducha	09-11-2016	40000
ACS. CT. Acumulador nº7	10-11-2016	1
ACS. CT. Acumulador nº2	16-11-2016	640
ACS. CT. Acumulador nº6	16-11-2016	18000
ACS. MI. P 4. Escolares. Box 1. Ducha	29-11-2016	2700
ACS. CT. Acumulador nº2	30-11-2016	210
ACS. CT. Acumulador nº7	30-11-2016	1500
ACS. CT. Acumulador nº10	07-12-2016	590
ACS. CT. Acumulador nº4	07-12-2016	14
ACS. CT. Acumulador nº 4	28-12-2016	42000
ACS. CT. Acumulador nº 10	28-12-2016	1000

Figura 37. Grafica evolución año 2016 de numero de análisis mensuales y resultados positivos.



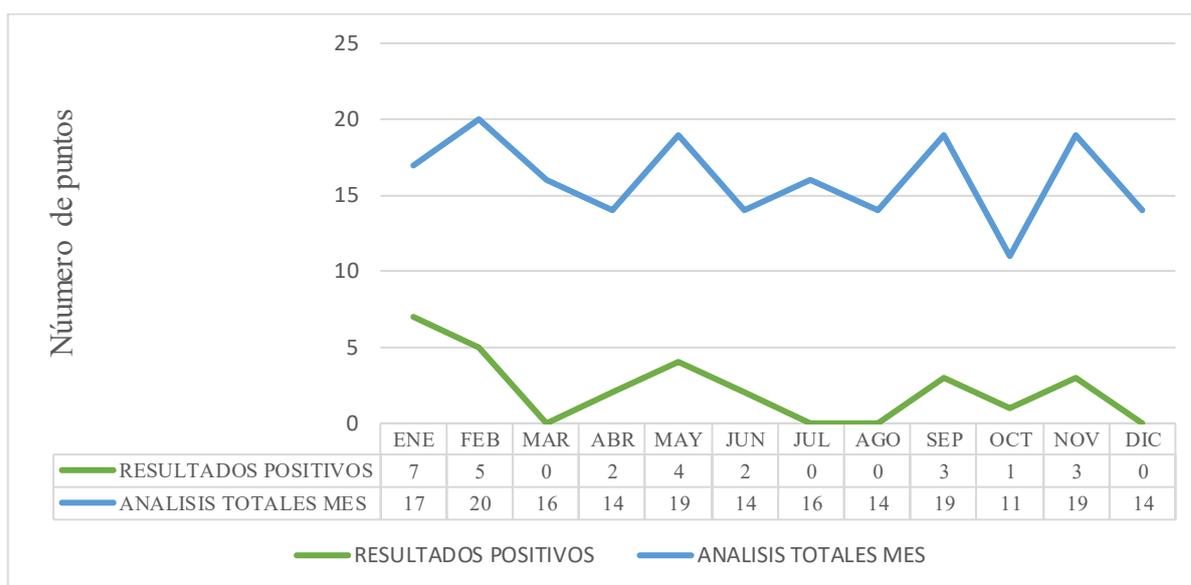
Durante el año 2017, de los 193 análisis anuales, hubo 27 puntos positivos que representa un aumento de 10 puntos en el número de puntos positivos a la bacteria con respecto al 2016. Siendo los valores de positividad más altos en las plantas 1 en las áreas infantiles (ACS. MI. Infantil. Planta 1ª. Quirófano pediatría, vestuario femenino. Ducha) y en la planta 2 en el área de prehospitalización en los vestuarios femeninos (ACS. HG. Planta -2. prehospitalización. Vestuario femenino. Ducha). Los valores reportados para los acumuladores fueron muy variables encontrándose por ejemplo que en el mes de enero el acumulador 5 presentó un valor de 80 el día 10 y de 30.000 el día 25. Posteriormente en mayo los valores volvieron a bajar a 35 elevándose nuevamente a 1.300 en el mes 11. Similarmente el acumulador 10 tiene un valor de 700 en el mes de febrero elevándose a 3.200 en mayo. En noviembre no fue medido. Se puede observar que los meses con mayor positividad fueron mayo, septiembre y noviembre. En donde las áreas que más contribuyeron a la positividad fueron los puntos encontrados en la Planta 3, en las duchas del área de Cirugía cardiovascular y los acumuladores 9 y 10 de acuerdo a la Tabla. Estos dos acumuladores son los más representativos porque reciben el agua del resto de los acumuladores que son precalentados por el sistema de placas térmico solar.

Estos depósitos son calentados, a través de intercambiadores de placas, por las calderas de agua Caliente del sistema de calefacción central. Por lo que son una fuente de diseminación rápida de la infección cuando están comprometidos.

Tabla 18. Valores positivos y carga de la bacteria en 2017.

Denominación	Fecha muestra	Valor u.f.c.
ACS. CT. Acumulador nº1	10-01-2017	120
ACS. CT. Acumulador nº5	10-01-2017	80
ACS. MI. Planta 1ª. Qx Pediat. Vestuario fem. Ducha	11-01-2017	340
ACS. CT. Acumulador nº10	25-01-2017	4300
ACS. CT. Acumulador nº1	25-01-2017	50
ACS. CT. Acumulador nº5	25-01-2017	30000
ACS. MI.P1. Qx. pediat. Vestuario fem. Ducha	30-01-2017	14000
ACS. HG. P-2. Prehospitalización. Vest femenino. Ducha	07-02-2017	26000
AFCH. MI. Planta 4. Escolares. Box nº3. Ducha	15-02-2017	80
ACS. CT. Acumulador nº2	16-02-2017	600
ACS. CT. Acumulador nº6	16-02-2017	440
ACS. CT. Acumulador nº10	16-02-2017	700
ACS. HD. Planta 1. Vestuario personal. Ducha	25-04-2017	3600
ACS. MI. Infantil. Planta 3. Lactantes. Box 5. Ducha	25-04-2017	70
ACS. CT. Acumulador nº1	03-05-2017	75
ACS. CT. Acumulador nº5	03-05-2017	35
ACS. CT. Acumulador nº9	03-05-2017	1
ACS. CT. Acumulador nº10	03-05-2017	3200
ACS. CT. Acumulador nº2	28-06-2017	850
AFCH. PG. Planta 1. Gerencia. Ducha	29-06-2017	3000
ACS. CT. Acumulador nº1	05-09-2017	3
AFCH. HG. Planta 7. Habitación 741. Ducha	06-09-2017	4200
ACS. PL. Planta 3. Cirugía cardiovascular. Ducha	22-09-2017	9000
ACS. PL. Planta 3. Cirugía cardiovascular. Ducha	06-10-2017	4200
AFCH. HD. Planta 1. Aseo público masculino exterior. Grifo	21-11-2017	1
ACS. CT. Acumulador nº3	23-11-2017	520
ACS. CT. Acumulador nº5	23-11-2017	1300

Figura 38. Grafica evolución año 2107 de numero de análisis mensuales y resultados positivos.



Durante el año 2018 hubo 32 puntos positivos en el hospital lo que representa en términos de puntos positivos un aumento de 5 puntos con respecto al año anterior. Se observaron niveles significativamente elevados en la planta 1ª en el área de aseo masculino y en los acumuladores 7 y 4. El acumulador 7 medido en diferentes meses resultó positivo en marzo y en abril presentando elevados valores de 98.00 en marzo para descender a 10.000 en abril.

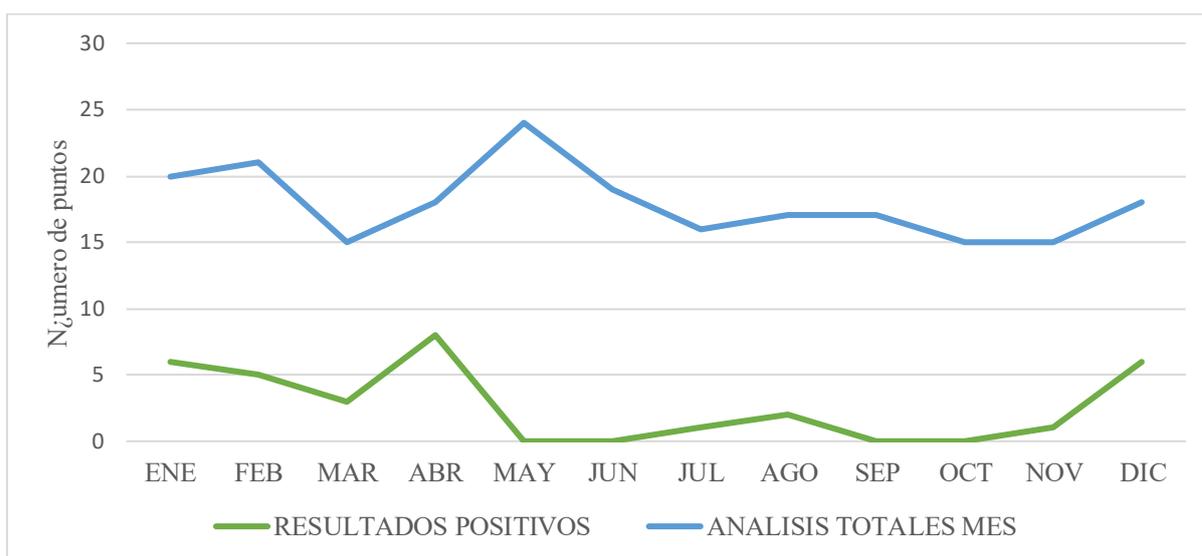
El acumulador 10 se encuentra positivo en todos los meses similares a los años anteriores. Se observa que durante el año 2018 la positividad fue significativamente más elevada en el mes de abril reduciéndose a valores despreciables a partir del mes de mayo, con una tendencia al aumento en el mes de diciembre.

Los puntos que más contribuyeron fueron los acumuladores ACS. CT. Acumulador nº10; ACS. CT. Acumulador nº4; ACS. CT. Acumulador nº8, ACS. CT. Acumulador nº7 como se indica en la Tabla 19. Es importante resaltar que no se observó prácticamente contaminación en otras áreas que no fuesen los acumuladores. La infección en el acumulador 10 se mantuvo en el año dando positivo el análisis en todas las fechas en las cuales se incluyó en la evaluación.

Tabla 19. Valores positivos y carga de la bacteria en 2018.

Denominación	Fecha muestra	Valor u.f.c.
AFCH. HD. Planta 1. Aseo público femenino exterior. Grifo	17-01-2018	2
Agua circuito fluxores. HD. P1. Aseo público mixto. Inodoro	17-01-2018	5
ACS. HD. Planta 1. Aseo público mixto. Ducha	17-01-2018	15000
AFCH. HD. Planta 1. Aseo público mixto. Grifo	17-01-2018	14
ACS. HD. Planta 1. Aseo público mixto. Grifo	17-01-2018	1400
AFCH. HD. Planta 1. Aseo público mixto. Ducha	17-01-2018	1
ACS. CT. Acumulador n°2	13-02-2018	120
Agua circuito fluxores. HD. Planta 1. Aseo público mixto. Inodoro	19-02-2018	9
AFCH. HD. Planta -1. Unidad demencias. Aseo personal. Grifo	19-02-2018	32
AFCH. HD. Planta 1. Aseo público femenino exterior. Grifo	19-02-2018	3
ACS. EM. Planta 1. Aseo masculino. Grifo	22-02-2018	20000
ACS. CT. Acumulador n°7	21-03-2018	98000
ACS. CT. Acumulador n°10	21-03-2018	7
ACS. CT. Acumulador n°3	21-03-2018	4
Agua circuito fluxores. HD. Planta 1. Aseo público mixto. Inodoro	09-04-2018	210
ACS. CT. Acumulador n°9	10-04-2018	67
ACS. CT. Acumulador n°10	10-04-2018	540
ACS. CT. Acumulador n°4	10-04-2018	3700
ACS. CT. Acumulador n°8	10-04-2018	60
ACS. CT. Acumulador n°7	10-04-2018	10000
ACS. CT. Acumulador n°3	10-04-2018	2
AFCH. MI. Maternal. Planta 4. Hab 409. Ducha	26-04-2018	1
AFCH. HD. Planta 3. Aseo femenino exterior. Grifo	03-07-2018	360
AFCH. HD. Planta 4. Aseo masculino público. Grifo	07-08-2018	93
AFCH HD Planta 1 aseo.	08-08-2018	50
ACS. HG. Planta 3. Habitación 311. Ducha	14-11-2018	240
ACS. CT. Acumulador n°4	13-12-2018	56000
ACS. CT. Acumulador n°9	13-12-2018	60
ACS. CT. Acumulador n°10	13-12-2018	13000
ACS. CT. Acumulador n°4	27-12-2018	4000
ACS. CT. Acumulador n°9	27-12-2018	4300
ACS. CT. Acumulador n°10	27-12-2018	4900

Figura 39. Grafica evolución año 2018 de numero de análisis mensuales y resultados positivos.



Durante el año 2019 se detectaron 55 puntos positivos en el hospital lo que representa un aumento de 28 puntos con respecto al año 2017. Encontrándose los valores más elevados en la planta 6 en el área de hospitalización de (ACS. HG. Planta 6. Habitación 628 Ducha), en la planta 2 (ACS. HG. Planta 2. Ala centro área médica vestuario. ducha) y en la planta 1 en el área quirúrgica (ACS. MI. Planta 1, área quirúrgica, estuario femenino, ducha). Se puede apreciar que el mayor número de puntos positivos se registró en el mes de agosto disminuyendo significativamente para experimentar un leve repunte en el mes de noviembre que se mantiene hasta diciembre. Los puntos que contribuyeron a esta positividad se ubicaron principalmente en AFCH, Edificio PET TAC, en el Aseo mixto público exterior y ACS. HG. Planta 3 en la ducha de la Habitación 329. En el mes de julio se encontró que la concentración más elevada fue en las habitaciones 328 y 628 en el mismo vertical. La concentración de *Legionella* en los puntos de contaminación de estas habitaciones fue evaluado en dos oportunidades antes y después de aplicadas las medidas como se observa en la siguiente gráfica.

Tabla 20. Valores positivos y carga de la bacteria en 2019.

Denominación	Fecha muestra	Valor u.f.c.
ACS. HG. Planta -2. Prehospitalización. Vestuario femenino. Ducha	07-02-2019	4900
ACS. MI. Infantil. Planta 1. Cirugía. Habitación 115. Ducha	22-03-2019	750
ACS. LC. Vestuario masculino. Ducha 2	22-03-2019	1500
AFCH. HG. Planta 4. Habitación 415 Ducha	24-04-2019	90
ACS. HG. Planta 4. Habitación 415 Ducha	24-04-2019	14
AFCH. HG. Planta 4. Habitación 415 Grifo	26-04-2019	650
ACS. HG. Planta 4. Habitación 415 Ducha	26-04-2019	120
AFCH. HG. Planta 4. Habitación 415. Grifo	28-05-2019	5
AFCH. MI. Planta 4. Habitación 402. Grifo	28-05-2019	10
ACS. CT. Acumulador nº1	30-05-2019	190
ACS. CT. Acumulador nº5	30-05-2019	540
AFCH. HG. Planta 3. Ala centro. Habitación 328. Grifo	03-06-2019	5
ACS. HG. Planta 6. Ala centro. Habitación 628. Ducha	05-06-2019	6
AFCH. HG. Planta 6. Ala derecha. Habitación 608. Grifo	05-06-2019	7
ACS. HG. Planta 5. Ala centro. Habitación 525. Ducha	05-06-2019	40
ACS. CT. Retorno HG+EM+AP	11-06-2019	47
AFCH. HD. Planta 1. Aseo público mixto interior. Grifo	11-06-2019	1
ACS. CT. Acumulador nº2	26-06-2019	950
ACS. CT. Acumulador nº6	26-06-2019	1400
ACS. CT. Retorno HG+EM+AP	10-07-2019	26
ACS. HG. Planta 6. Habitación 628. Ducha	10-07-2019	52000
ACS. HG. Planta 5. Habitación 525. Ducha	10-07-2019	900
ACS. HG. Planta 5. Habitación 541. Grifo	11-07-2019	6
ACS. HG. Planta 5. Habitación 541. Ducha	11-07-2019	20
ACS. MI. Maternal. Planta -1. Paritorio _____ Ducha	24-07-2019	89
ACS. MI. Infantil. Planta 1. Cirugía infantil. Habitación 114. Ducha	24-07-2019	54
ACS. HG. Planta 7. Habitación 701. Ducha	26-07-2019	10
ACS. HG. Cocina. Cuarto frío nº2 (Postres). Grifo 4	08-08-2019	64
ACS. HG. Cocina. Trenes de lavado. Grifo.	08-08-2019	2
AFCH. HG. Cocina. Fregador. Grifo.	08-08-2019	7
AFCH. Edificio PET TAC. Aseo mixto público exterior. Dcha. Grifo	22-08-2019	1100
ACS. HG. Planta 3. Habitación 329. Ducha	26-08-2019	50
AFCH. HD. Planta 1. Aseo público masculino exterior. Grifo	27-08-2019	2
AFCH. HD. Planta 1. Sala de espera. Grifo	27-08-2019	1
AFCH. HD. Planta 1. Consulta nº1. Unidad dolor. Grifo	27-08-2019	2

AFCH. HD. Planta 1. Consulta nº2. Unidad dolor. Grifo	27-08-2019	1
AFCH. HD. Planta 1. Vestuario femenino privado. Grifo	27-08-2019	2
AFCH. HD. Planta 1. Control. Grifo	27-08-2019	800
AFCH. HD. Planta 1. Farmacia. Grifo	27-08-2019	4
AFCH. HD. Planta 1. Consulta nº7. Grifo	27-08-2019	1
ACS. HG. Planta 7. Habitación 716. Ducha	28-08-2019	720
ACS. HG. Planta 2. Ala centro Área médica vestuario. Ducha	28-08-2019	30000
ACS. HG. Planta 2. Ala centro. Vestuario personal. Grifo	28-08-2019	5000
ACS. CT. Acumulador nº4	30-08-2019	19
<hr/>		
AFCH. MI. Maternal. Planta 1. Habitación 110. Grifo	19-09-2019	1
ACS. CT. Retorno HG+EM+AP	23-09-2019	1
ACS. HG. Planta 3. Ala centro. Habitación 328. Ducha	23-09-2019	180
ACS. HG. Planta 6. Ala centro. Habitación 628. Ducha	23-09-2019	130
<hr/>		
ACS. HG. Planta 3. Ala centro. Habitación 328. Ducha	07-11-2019	16
ACS. HG. Planta 2. Ala centro. Área médica. Vestuario. Ducha	13-11-2019	2000
ACS. HG. Planta 2. Ala centro. Vestuario personal. Grifo	13-11-2019	6000
ACS. HG. Planta 2. Ala izq. Habitación 241. Ducha	25-11-2019	90
ACS. MI. Planta 1. Área quirúrgica. Vestuario femenino. Ducha	27-11-2019	31000
<hr/>		
ACS. CT. Retorno HG+EM+AP	12-12-2019	40
AFCH. MI. Planta 1. Habitación 116. Grifo	17-12-2019	10
ACS. CT. Acumulador nº4	18-12-2019	74000
ACS. MI. Maternal. Planta 1. Hab. 128, ducha (R.D. 865/03)	31-12-2019	3000

Figura 40. Grafica comportamiento de la concentración de *Legionella* (u.f.c.) antes y después de las medidas de contención de legionelosis en el pabellón HG.

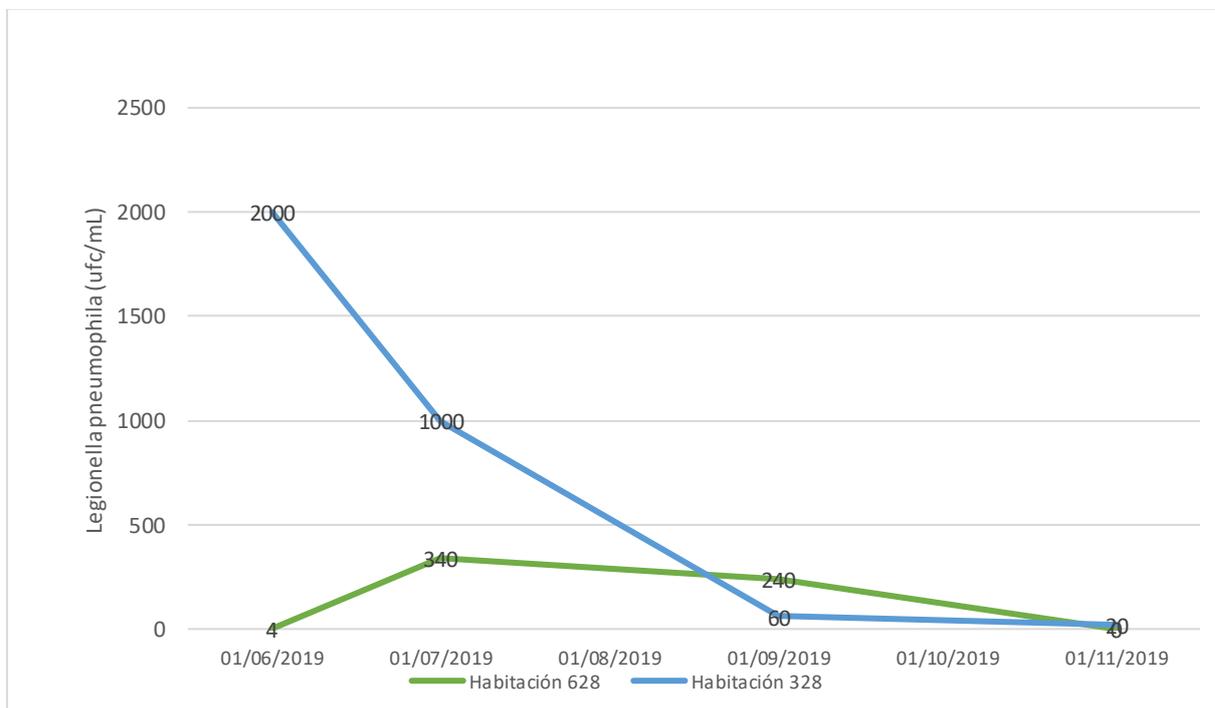
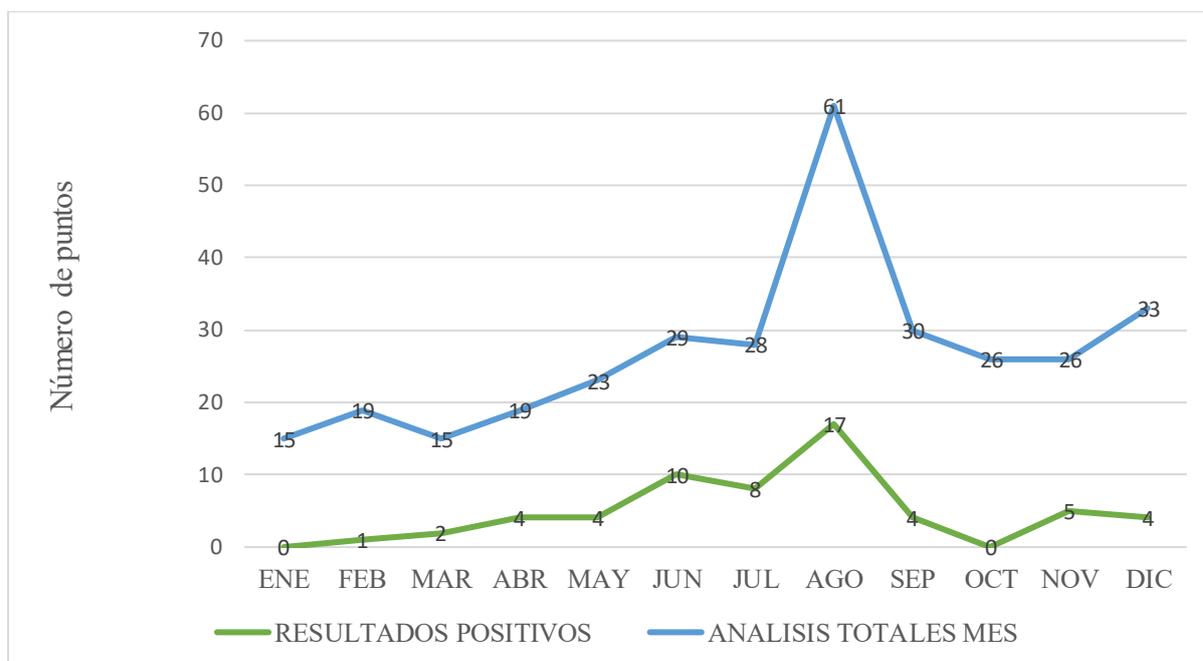


Figura 41. Grafica evolución año 2019 de numero de análisis mensuales y resultados positivos.

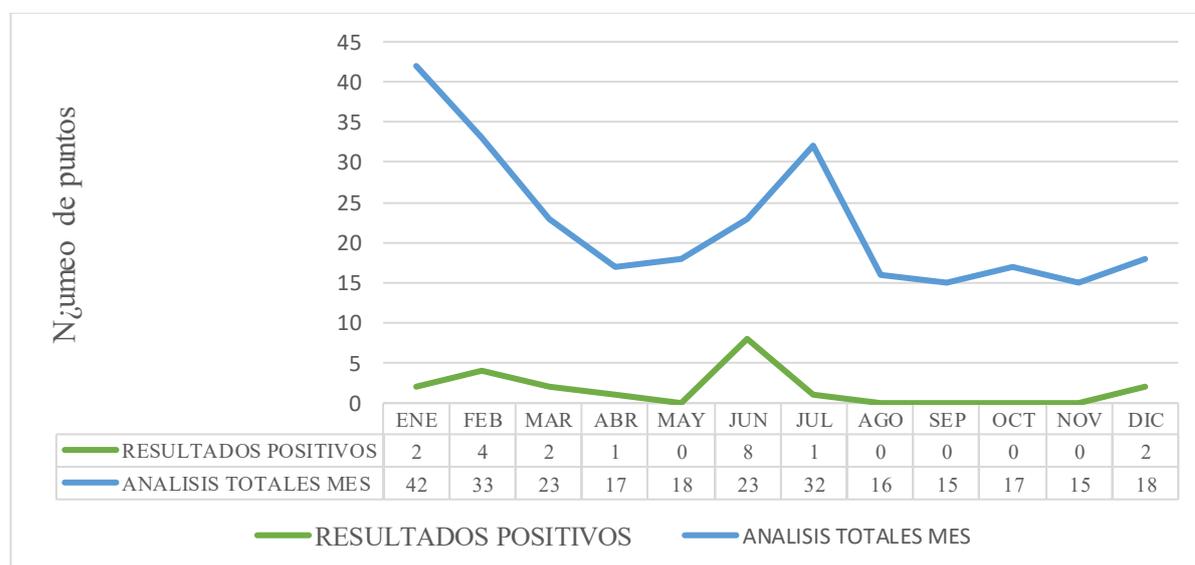


Durante el año 2020 se registraron 20 puntos positivos lo que representa una disminución de 33 puntos con respecto al año 2019 (Tabla 21). Se encontraron valores muy elevados en ACS HG, planta 6, ala derecha, habitación 608, ducha (L), ACS policlínico en Rehabilitación, vestuario masculino Ducha 1(L) y ACS LC Planta 0 Vestuario Femenino Ducha 1(L). Solo se encontró positividad en los acumuladores 9 y 10. El acumulador 5 que en los años anteriores dio valores significativamente elevados en esta oportunidad se encontró negativo sin reporte de valores. Lo mismo se reportó para los acumuladores 7 y 9. En la Figura 42 se observa que la mayor cantidad de puntos positivos se encontró en el mes de junio y posteriormente bajó a niveles despreciables. Los puntos en donde se observó mayor contaminación fueron ACS HG Planta 6 Ala en la ducha de la Habitación 608, ACS PL Rehabilitación en los vestuarios masculinos en la ducha, y ACS LC Planta 0 en los vestuarios femeninos en la ducha 1 acorde a la Tabla 21.

Tabla 21. Valores positivos y carga de la bacteria en 2020.

Denominación	Fecha muestra	Valor u.f.c.
AFCH. MI. Planta 1. Hab 116 grifo	29-01-2020	70
ACS. C.T. Retorno HG+EM+AP	29-01-2020	1
ACS. C.T. Retorno HG+EM+AP	25-02-2020	4000
ACS. CT. Acumulador n°10	25-02-2020	4000
ACS. CT. Acumulador n°9	25-02-2020	1000
ACS. HG. Planta 4.D, Vestuario adm	27-02-2020	1000
ACS. HG. Planta 5. Ala derecha, hab (R.D. 865/03)	04-03-2020	27
ACS. HG. Planta 2. Ala derecha, hab 215, ducha	18-03-2020	3000
ACS. HG. HABITACION 215 DUCHA	28-04-2020	81000
AFCH HG Planta 6 hab 628 grifo (L)	16-06-2020	11
AFCH MI Planta 4 Hab 402 grifo (L)	16-06-2020	8
ACS HG Planta 6 Ala centro Hab 628 Ducha(L)	16-06-2020	19
ACS HG Planta 6 Ala derecha Hab 608 Ducha(L)	16-06-2020	8100000
ACS PL Rehabilitación vest masc Ducha 1(L)	16-06-2020	5700000
ACS LC Planta 0 Vestuario Femenino Ducha 1(L)	16-06-2020	8100000
ACS MI Infantil Planta 3 Hab ____ Ducha(L)	19-06-2020	17000
ACS MI Maternal Planta 2 Hab 206 Ducha(L)	19-06-2020	57000
AFCH HG. Planta 1.Hemodiálisis. Sala A grifo	02-07-2020	46
ACS. C.T. Retorno HG+EM+AP	23-12-2020	80
AFCH. HG. Planta 5D, habitación 515, grifo	23-12-2020	41

Figura 42. Grafica evolución año 2020 de numero de análisis mensuales y resultados positivos.



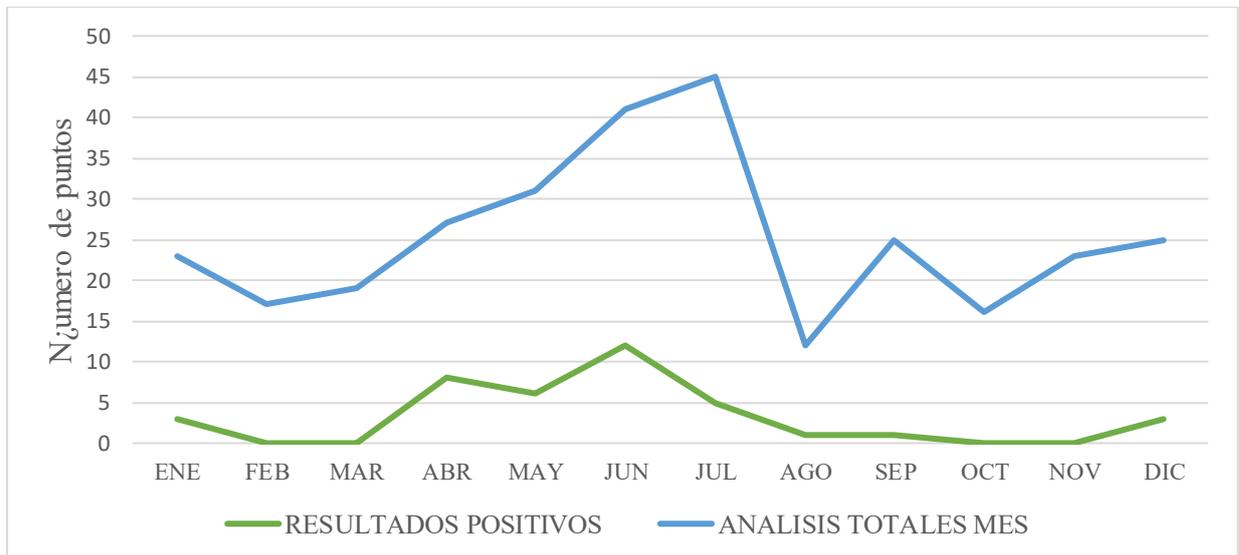
En el año 2021 se encontró un total de 41 puntos positivos en diferentes sitios del hospital. Esta cifra representa un aumento de 20 en el número de puntos positivos con respecto al año anterior. Las áreas con mayor acumulación de bacterias fueron el grifo en el área de nefrología, en la planta 4 el área de aseo personal y en la planta 0 las áreas de vestuario. En la Figura se observa que independientemente del número de tomas de muestra para la evaluación la mayor positividad se obtuvo en el mes de junio. Siendo los puntos de mayor concentración de bacterias ACS. HG en el área de Nefrología en el grifo próximo 3B y ACS. HG. En la planta 4 en el área de Aseo personal en el ala derecha.

Tabla 22. Valores positivos y carga de la bacteria en 2021.

Denominación	Fecha muestra	Valor u.f.c.
ACS. HG. Planta 5. Ala derecha. Hab 515	13-01-2021	690
ACS. HG. Planta 6. Ala derecha. Hab 604	13-01-2021	7000
ACS. HG. Planta 2. Ala derecha. Hab 215	13-01-2021	130
ACS. HG. PLanta 2. Hab 225 ducha (L)	14-04-2021	7000000
ACS. HG. PLanta 2. Hab 218 ducha (L)	14-04-2021	7000
ACS. HG. PLanta 2. Area administracion ducha (L)	14-04-2021	7000000
AFCH. HG. Planta 2. Hab 225 grifo (L)	14-04-2021	3000
AFCH. HG. Planta 2. Hab 218 grifo (L)	14-04-2021	10
AFCH. HG. Planta 2. Area administracion ducha (L)	14-04-2021	10
ACS. HG. PLanta 2. Hab 225 ducha (L) sin filtro	30-04-2021	26
ACS. CT. Retorno HG	30-04-2021	1
ACS PL. Policlínico. Reha. Consulta nº 7, grifo	18-05-2021	2
ACS. CEQ. Planta 0. Vestuario femenino ducha (L)	19-05-2021	20000
AFCH. HD. Planta 1. Aseo publ fem interior (L)	26-05-2021	10
ACS. HG. Habitacion 611 ducha	28-05-2021	9000
AFCH. HG. Nefrología. Sala A grifo (con filtro)	29-05-2021	1
AFCH. HG. Nefrología. Sala A grifo (sin filtro)	29-05-2021	53000
ACS. HG. Habitacion 539 ducha	15-06-2021	2
ACS. HG. Habitacion 515 ducha	15-06-2021	42000
AFCH. HG. Habitacion 515 grifo	15-06-2021	1
AFCH. HG. Sala A nefrología grifo	15-06-2021	2
ACS. CT. Retorno HG	15-06-2021	3
ACS. HG. Nefrologia. Grifo proximo 3B. sin filtro	21-06-2021	70000

ACS. HG. Planta 4. Aseo personal ala derecha	23-06-2021	53000
AFCH.BT.Hd Hemat.Aseo (sin filtro)	23-06-2021	2
ACS.BT.Hd Hemat.Aseo (sin filtro)	23-06-2021	6000
ACS. CEQ. Planta 0. Vest femenino ducha (L)	25-06-2021	40
ACS. HG. Habitacion 212. ducha	28-06-2021	1000
AFCH. HG. Habitacion 212. grifo	28-06-2021	150
ACS. CT. Retorno HG (L)	07-07-2021	1000
ACS. CT. Retorno HG (insp)	07-07-2021	16
AFCH. PL. Neumología, consulta 2, grifo	08-07-2021	1
ACS. HG. Habitacion 515 ducha	12-07-2021	1
ACS.PL.Reh Vest fem ducha 4(L)	17-08-2021	4000
ACS. CEQ. Planta 4. Consulta 45 grifo (L)	23-09-2021	2000
ACS. CEQ. Planta 4. Consulta 44 grifo (L)	25-11-2021	>110
AFCH. MI. Maternal. Habitacion 130 grifo (L)	01-12-2021	10
ACS. CEQ. Planta 0. Vestuario fem ducha (L)	20-12-2021	66000
ACS Retorno	20-12-2021	

Figura 43. Grafica evolución año 2021 de numero de análisis mensuales y resultados positivos.

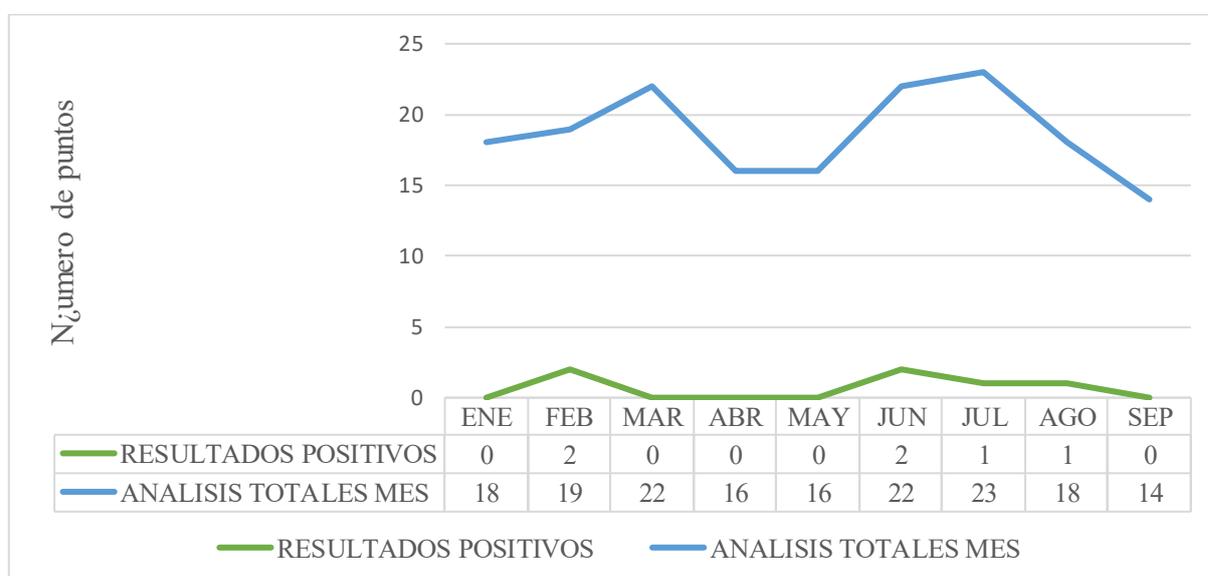


En los cuatros primeros trimestres del año 2022 solo se han presentado 6 positivos. Observándose en el área de hospitalización y rehabilitación valores extremadamente elevados de la bacteria (Tabla 23). Se puede observar en la Figura 44 que el mayor número de muestras positivas fue en el mes de junio en donde las áreas afectadas fueron de acuerdo a la Tabla ACS. MI. Infantil, en la planta 3 en la ducha de la habitación 304, ACS. LC. Planta 0 en los vestuarios masculinos en la ducha y ACS. HG., en la habitación 224 en el grifo.

Tabla 23. Valores positivos y carga de la bacteria en 2022.

Denominación	Fecha muestra	Valor u.f.c.
ACS. CEQ. P 1. Consulta 12 grifo (L)	16-02-2022	27000
ACS. PL. Rehabilitación. vestuario femenino ducha	18-02-2022	420000
ACS. PL. Rehabilitación. Vest masc ducha 1	21-06-2022	4
ACS. MI. Infantil. Planta 3.hab 304 ducha	29-06-2022	64
ACS. LC. Planta 0. Vest masc ducha (L)	16-07-2022	8
ACS. HG. Habitación 224 grifo (sin filtro) (s)	08-08-2022	100000

Figura 44. Grafica evolución año 2022 de numero de análisis mensuales y resultados positivos.



Consideraciones sobre el estudio cuantitativo y cualitativo de positivos en *Legionella*

El análisis cualitativo de los resultados positivos por puntos muestra la existencia de una gran variabilidad en cuanto a la ubicación de los puntos positivos en los diferentes años y meses. Se obtienen puntos que eran positivos al comienzo del inicio del estudio y que posteriormente aparecen sin reporte de bacterias en los años subsiguientes. También se produce una situación inversa, en particular en el año 2019, donde se obtuvieron registros de valores importantes de la concentración de bacteria en puntos en donde anteriormente no se había reportado. Se debe considerar que hay variaciones en cuanto a los puntos evaluados. No todos los puntos fueron evaluados consecutivamente y esto contribuye a la variabilidad en cuanto a los puntos positivos.

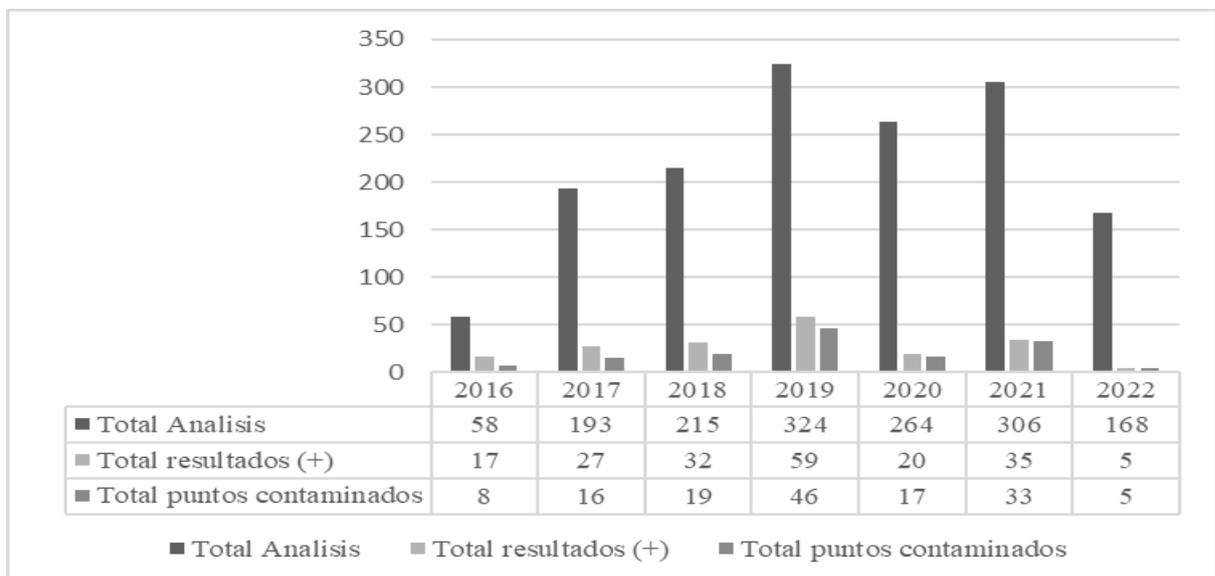
Los resultados proporcionan la información de cómo se ha ido expandiendo la bacteria en el tiempo y en donde persiste posterior a las medidas profilácticas y de corrección tomadas. Hay una tendencia a la disminución de la expansión a partir del 2020 en donde se comienza a apreciar el efecto de las medidas de corrección efectuadas a partir de la mitad del año 2019. El número de puntos en el tiempo y la positividad neta por cada uno de ellos ha variado en el tiempo. En los primeros años del estudio, entre el año 2016 y 2017, se obtienen unos valores significativamente bajos de positividad a la bacteria, siendo el número de áreas afectadas también con valores menores a otros periodos. Los resultados posteriores indican un crecimiento en el número de áreas afectadas, llegando el máximo valor en el año 2019. Este máximo valor coincide también con los máximos valores de positividad total en el hospital. Los resultados indican que en el año 2019 hubo un pico máximo de valores y número de puntos, siendo en fechas posteriores al tratamiento cuando los resultados muestran disminución de la carga de bacteria en el hospital y se observa la paralización de la expansión.

En el año 2021 se muestra una disminución significativa, pero una expansión de la bacteria a otras áreas del hospital. En la Figura 37, se reflejan los resultados de los valores absolutos de la concentración de bacterias por año expresados en escala logarítmica (debido al rango de variabilidad de los datos).

Figura 45. Evolución temporal del valor de la concentración de bacterias de *Legionella* por año, en el periodo 2016 a 2022 en el pabellón HG.

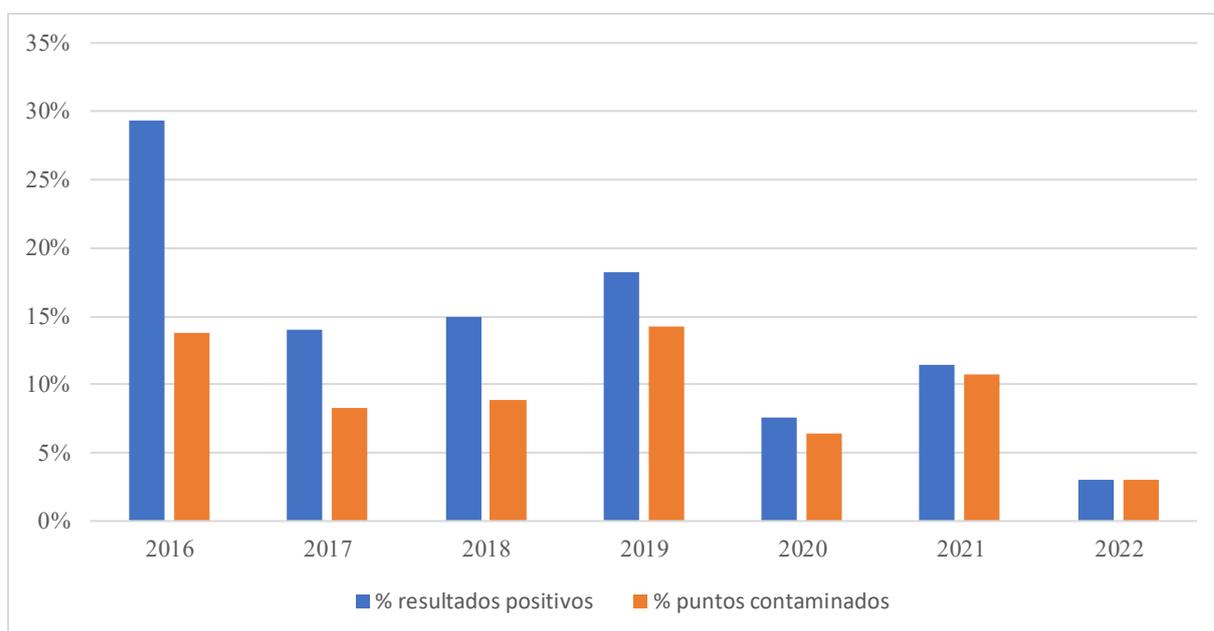


Figura 46. Evolución temporal del número de total puntos analizados, resultados analíticos positivos de *Legionella*, y punto de reales de muestreo contaminados en el periodo 2016 a 2022 en el pabellón HG.



El número de puntos contaminados es menor que el número de resultados positivos, ya diversos puntos obtuvieron diversas analíticas con resultados positivos a *Legionella*.

Figura 47. Representación gráfica en forma porcentual de evolución en periodo 2016-2022 de número de resultados positivos y puntos contaminados, respecto al total de analíticas efectuadas.



Las variaciones en las concentraciones de valores no coinciden con la variación en el número de puntos positivos. Los resultados del comportamiento de la bacteria mostraron una mayor expansión en los años 2018 y 2019, y los valores de concentración neta fueron más bajos en dicho periodo. En los años 2018 y 2019 hubo menos bacterias en términos de concentración total por punto, pero la presencia de *Legionella* esta diseminada un mayor número de puntos en el hospital.

Se realizó una comparación no paramétrica de los datos de concentración media de *Legionella* (la distribución de estos datos no tuvo distribución normal) que se muestran en la

Tabla 24 con diferencias significativas entre los valores, siendo los mismos significativamente más bajos en los años 2018 y 2019.

Tabla 24. Datos estadísticos que respaldan la gráfica de la Figura 45.

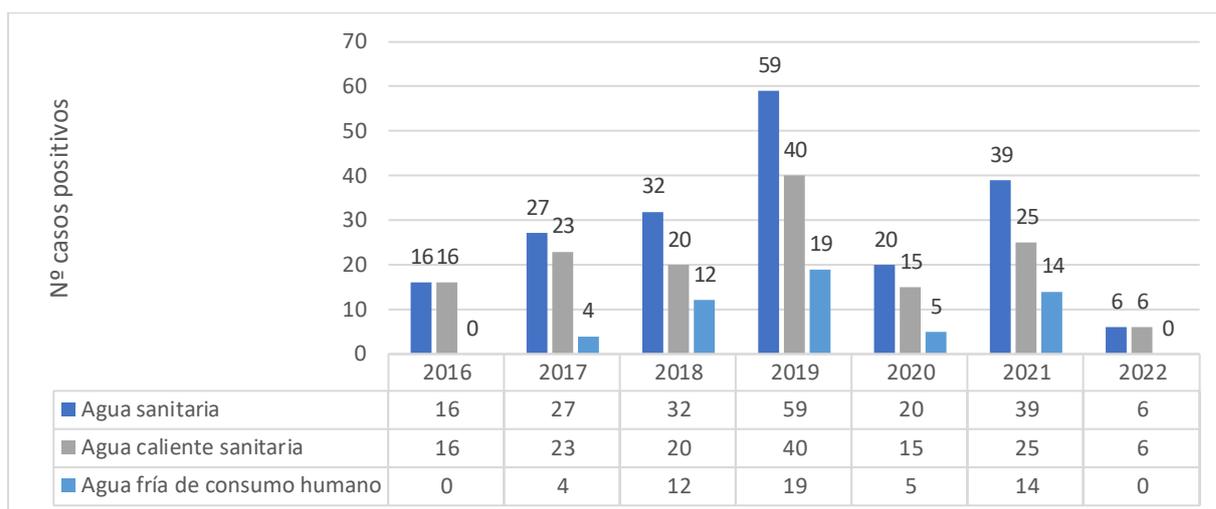
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Number of values	17	27	32	57	20	39	6
Minimum	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	4,000
25% Percentile	615,0	75,00	7,500	6,000	30,50	2,000	7,000
Median	1500	600,0	106,5	50,00	1000	130,0	5032
75% Percentile	6500	4200	4225	850,0	47000	7000	30750
Maximum	42000	30000	98000	74000	810000	70000	42000
Mean	7546	3954	7256	3835	117915	12442	13179
Std. Deviation	13357	7648	19695	12894	268442	23535	17612
Std. Error	3240	1472	3482	1708	60025	3769	7190
Lower 95% CI of mean	678,5	928,9	155,0	413,3	-7721	4812	-5303
Upper 95% CI of mean	14414	6980	14356	7256	243551	20071	31662
KS normality test							
KS distance	0,3694	0,3338	0,3601	0,4162	0,4047	0,3607	0,2718
	<	<	<	<		<	
P value normality test (alpha=0.05)?	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	< 0.0001	0.0001	> 0.10
P value summary	***	***	***	***	***	***	Ns
Sum	128285	106765	232180	218573	2,358e+006	5E+05	79076
Kruskal-Wallis test							
P value		0,0390					
Kruskal-Wallis statistic		13,27					

Estudio de los resultados positivos por tipo de instalación en todo el hospital

Del total de muestras en el periodo de 1.531 análisis se obtuvieron 200 resultados positivos, con mayor número de resultados positivos los años con mayor número de muestras realizados. La aparición de positivos motivó un mayor número de determinaciones, tanto programadas, como contra análisis y otras muestras ambientales extraordinarias, para identificar zonas afectadas, así como para comprobar el resultado de las medidas adoptadas. La

Figura 48 muestra su distribución por tipo de circuito bien sea AFCH o ACS, de los 200 resultados positivos en agua sanitaria en el periodo.

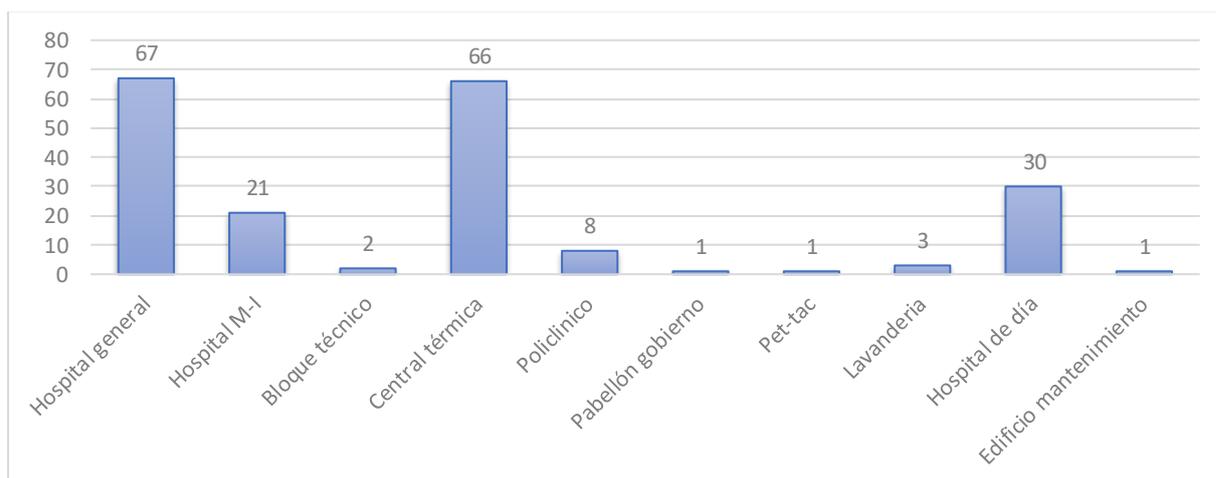
Figura 48. Número de resultados positivos en AS diferenciados por circuitos de AFCH y ACS, durante el periodo del año 2016 hasta el año 2022 en todo el HCUVA.



Nota: Total de positivos 200, repartidos en 146 de ACS y 54 de AFCH.

Los resultados positivos obtenidos fueron predominantemente en los circuitos de ACS, siendo por lo tanto estos los de mayores riesgos de proliferación de *Legionella* y que predominan en ACS durante todos los años del estudio. Respecto a los resultados analíticos de muestras ambientales que han sido positivos en *Legionella*, en su distribución por edificios del complejo del HCUVA, se pueden ver en la Figura 49.

Figura 49. Distribución de resultados positivos en agua potable (agua sanitaria AS), en periodo del año 2016 hasta año 2022 en todos los edificios del HCUVA.

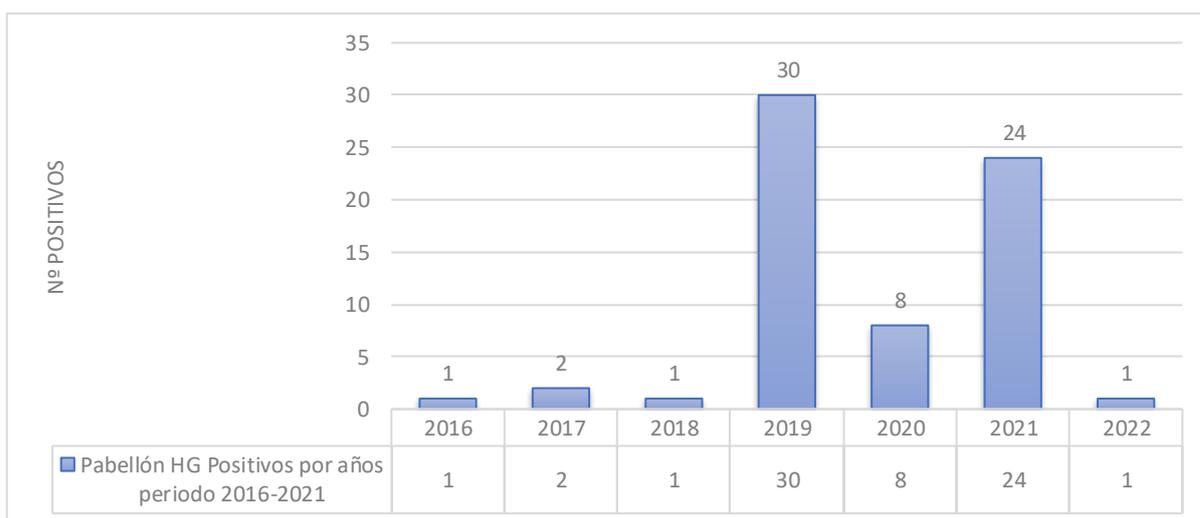


Se observa la existencia de resultados positivos en todos los edificios integrantes del complejo hospitalario, siendo en mayor medida en este periodo en los edificios del pabellón hospital general HG (el cual es objeto específico de la segunda fase del presente estudio), seguido del edificio de central térmica, donde se encuentra el sistema de producción y almacenamiento centralizado de ACS.

Estudio de los resultados positivos por tipo de instalación en el pabellón hospital general

La distribución de positivos en el pabellón HG durante el periodo 2016-2022 se puede ver en la Figura 50.

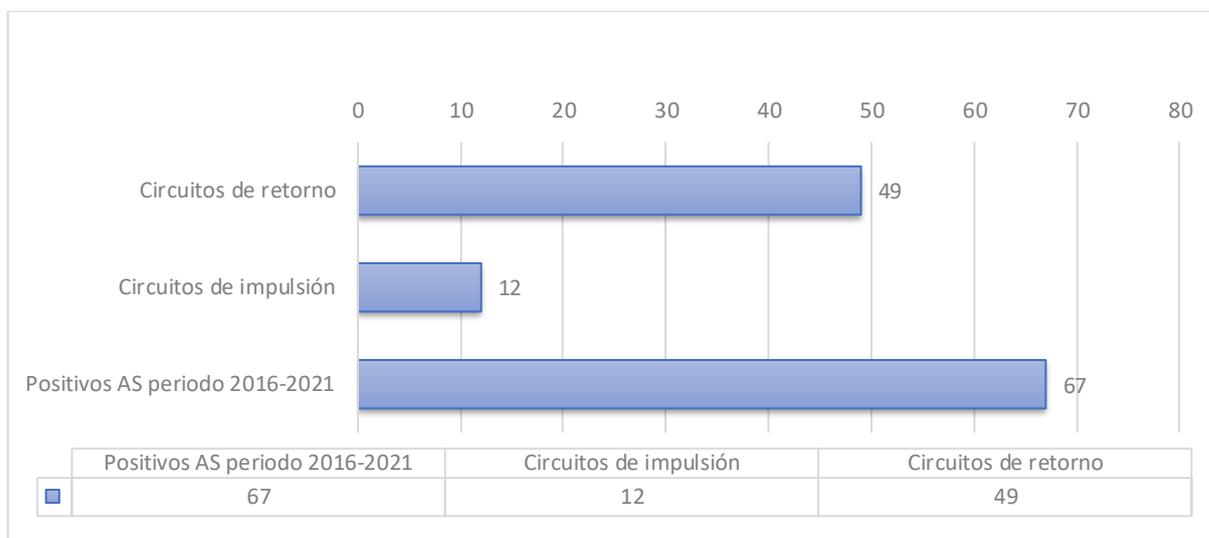
Figura 50.- Evolución de resultados positivos en toda el agua potable (total agua sanitaria AS, suma de AFCH y ACS) en el pabellón HG. Periodo 2016-2022.



Del total de los 67 positivos durante el periodo de estudio, se puede observar que es el año 2019 el de mayor número de resultados positivo (30 puntos), seguido de una bajada importante en el año siguiente, y nuevo repunte durante el año 2021. De estos 67 resultados

positivos del pabellón Hospital General (zona de hospitalización, de P+2 hasta P+7) se muestra en la Figura 51 el reparto de los resultados de las muestras ambientales positivas.

Figura 51. Distribución de positivos en agua potable (agua sanitaria, AS) según tipo de circuito (impulsión y retorno) en zona de hospitalización del pabellón hospital general HG.

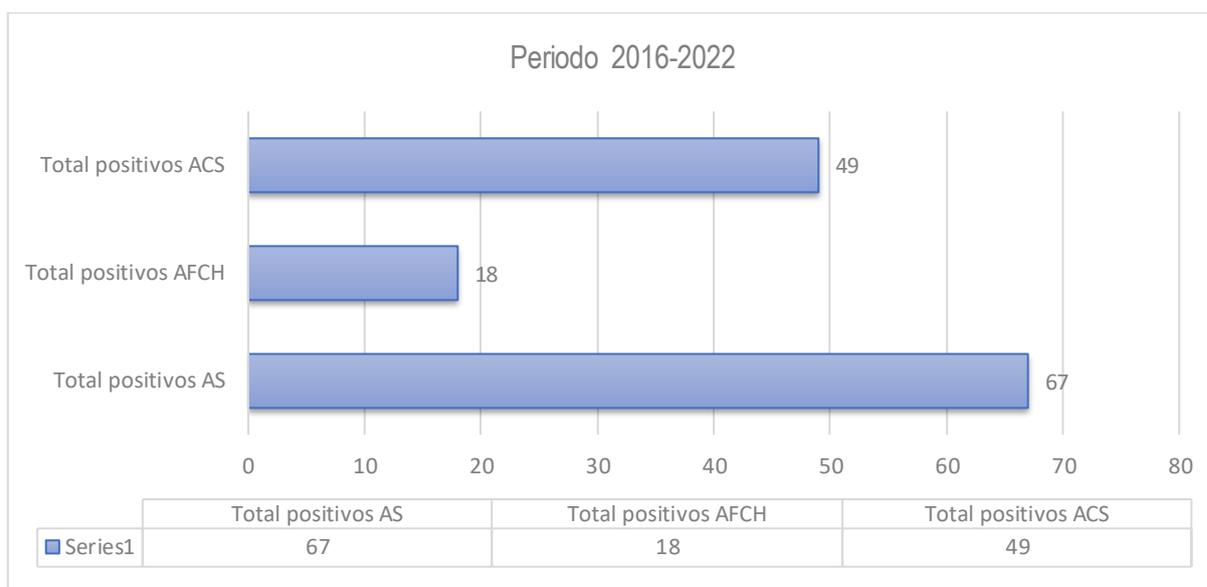


Nota: Hay 6 resultados positivos en el HG, que no corresponden a los circuitos de impulsión y retorno de la zona de hospitalización. Estos resultados corresponden a resultados del pabellón HG efectuados en plantas desde P-2 hasta P+0.

Se puede observar, que de los resultados obtenidos en el pabellón Hospital General, predominan los resultados positivos en *Legionella* en los circuitos de retorno.

El estudio de los resultados positivos del periodo 2016-2022, respecto a si corresponden a circuitos de AFCH o ACS en el pabellón HG se puede ver en la Figura 52, donde se puede observar que los resultados positivos predominan en el ACS, correspondiente más del doble respecto al AFCH.

Figura 52. Distribución de resultados positivos en HG según clasificación agua sanitaria (AFCH o ACS).



El estudio de los resultados positivos por verticales del HG durante este periodo se puede ver reflejado en la Tabla 25.

Tabla 25. Resultados positivos de las muestras ambientales realizadas durante el periodo 2016 a 2022, mostrados por alas y verticales en el pabellón HG. (Total muestras positivas 49).

Nº positivos por verticales de cada ala de hospitalización de pabellón HG						
Disposición	Ala Izquierda	Nº puntos positivos	Ala Centro	Nº puntos positivos	Ala Derecha	Nº puntos positivos
Altura						
Primera	1I	5	1C	12	1D	9
Segunda	2I	0	2C	1	2D	2
Tercera	3I	0	3C	0	3D	1
Cuarta	4I	0	4C	1	4D	15
Quinta	5I	0	5C	9	5D	5
Sexta	6I	0	6C	1	6D	0
Séptima	7I	0	7C	0	7D	0
			Otras	6		

Nota: Los 6 resultados indicados en otros corresponden a positivos encontrados en otras zonas distintas a hospitalización, es decir en alturas inferiores que oscilan entre el sótano P-2 hasta la planta P+0.

Predominan los positivos en la zona de hospitalización (Desde P+1 hasta P+7), y mayoritariamente el ala de mayor número de positivos corresponde al ala derecha y centro (habitaciones numeradas con X32 y X24 respectivamente, siendo X el número de planta de 2 hasta 7), no observándose apenas resultados positivos en el ala izquierda (tan solo 5 resultados positivos en el conjunto de verticales de dicha ala). En el mismo sentido los resultados positivos de mayor frecuencia corresponden a las verticales situadas en puntos más distantes del centro de la estrella de distribución, es decir al fondo de cada uno de los pasillos. Se observa que diversas verticales tienen una mayor incidencia de resultados positivos que otras verticales. Predominan los resultados positivos en las verticales 1C y 1D, así como en la vertical 4D y 5C. (Vertical 1C y 1D corresponden a zonas más distantes y por lo tanto más desfavorables hidráulicamente y vertical 4D y 5C a zonas en las que se descubriendo reformas y adaptaciones estructurales. Este estudio está más detallado en el apartado correspondiente al estudio de las medidas realizadas en el año 2019.

Estudio de correlación entre la temperatura del ACS acumulada en depósitos 9 y 10 de central térmica y la concentración de resultados positivos de *Legionella* por el método de cultivo en dichos acumuladores 9 y 10 desde el año 2016 hasta el año 2022

Para determinar la asociación entre la temperatura y la presencia de *Legionella* a lo largo del tiempo desde el 2016 hasta el 2022 se realizó una correlación no paramétrica utilizando dos pruebas diferentes el test de Kendall y el test de Spearman, cuyos datos se reflejan en las Tabla 26.

Tabla 26. Correlación entre la temperatura (°C) y la concentración de resultados positivos en *Legionella* por el método de cultivo (u.f.C/ml) durante periodo (2016-2022).

			<i>Legionella</i> (ufc/mL)	Temperatura (°C)
Tau_b Kendall	<i>Legionella</i> (ufc/mL)	Coeficiente de correlación	1,000	-,323**
		Sig. (bilateral)		0,000
	N	158	158	
	Temperatura (°C)	Coeficiente de correlación	-,323**	1,000
Sig. (bilateral)		0,000		
N		158	158	
Rho Spearman	<i>Legionella</i> (ufc/mL)	Coeficiente de correlación	1,000	-,406**
		Sig. (bilateral)		0,000
	N	158	158	
	Temperatura (°C)	Coeficiente de correlación	-,406**	1,000
Sig. (bilateral)		0,000		
N		158	158	
**.	La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).			

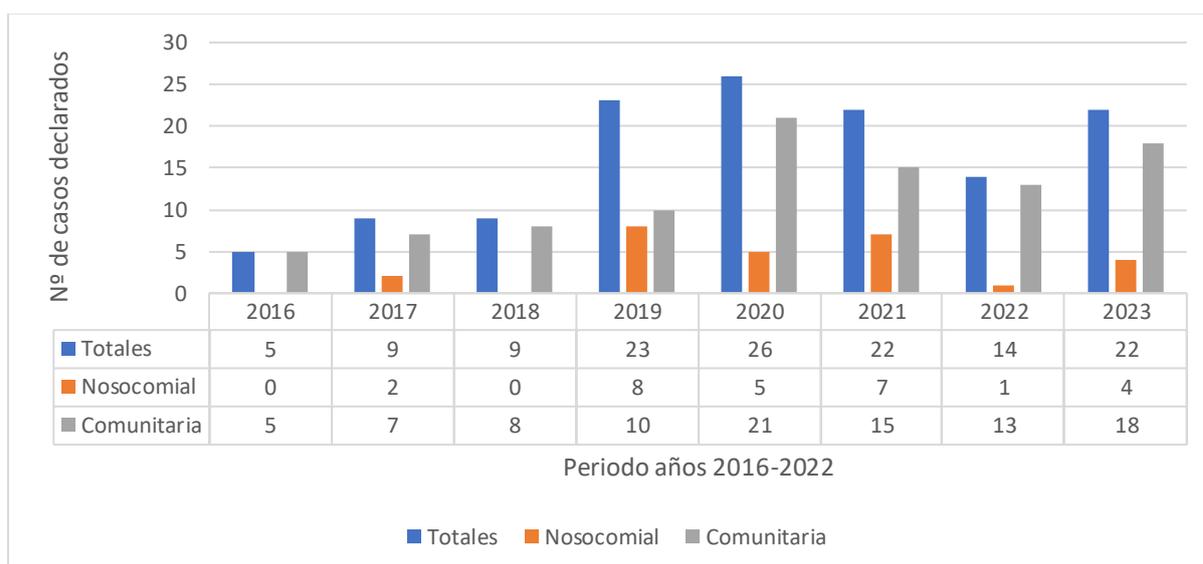
Se encontró una asociación negativa, encontrando resultados donde se indica que a mayor temperatura, menores son los valores de u.f.c. de los resultados analíticos de las muestras ambientales.

5.2. Segunda fase del estudio. Estrategia de control 2019

Evolución año 2019

En el mes de abril de 2019, el Servicio de Sanidad Ambiental, perteneciente a la Dirección General de Salud Pública y Adicciones de la Consejería de Salud de la Región de Murcia, establece la declaración de brote en el HCUVA, motivada por la consecución de varios casos de legionelosis nosocomial desarrollados en los meses anteriores. Se puede observar en la Figura 53, la evolución de los casos totales, comunitarios y nosocomiales ocurridos en el HCUVA durante el periodo 2016 hasta 2022.

Figura 53. Declaración de casos de legionelosis en HCUVA en el periodo del año 2016 al año 2022.



Fuente: EDOSAN. Servicio de Salud Pública Región de Murcia.

Nota: Se puede observar el alza de casos nosocomiales asignados al HCUVA al año 2019, por el cual fue declarada la situación de brote.

Los resultados del control analítico establecido en el programa de vigilancia y control de *Legionella* del centro hospitalario, se obtuvo una tendencia de incremento en los resultados

analíticos positivos correspondientes al edificio hospital general, a principios del periodo pre estival del año 2019, lo cual se puede observar en la Tabla 27.

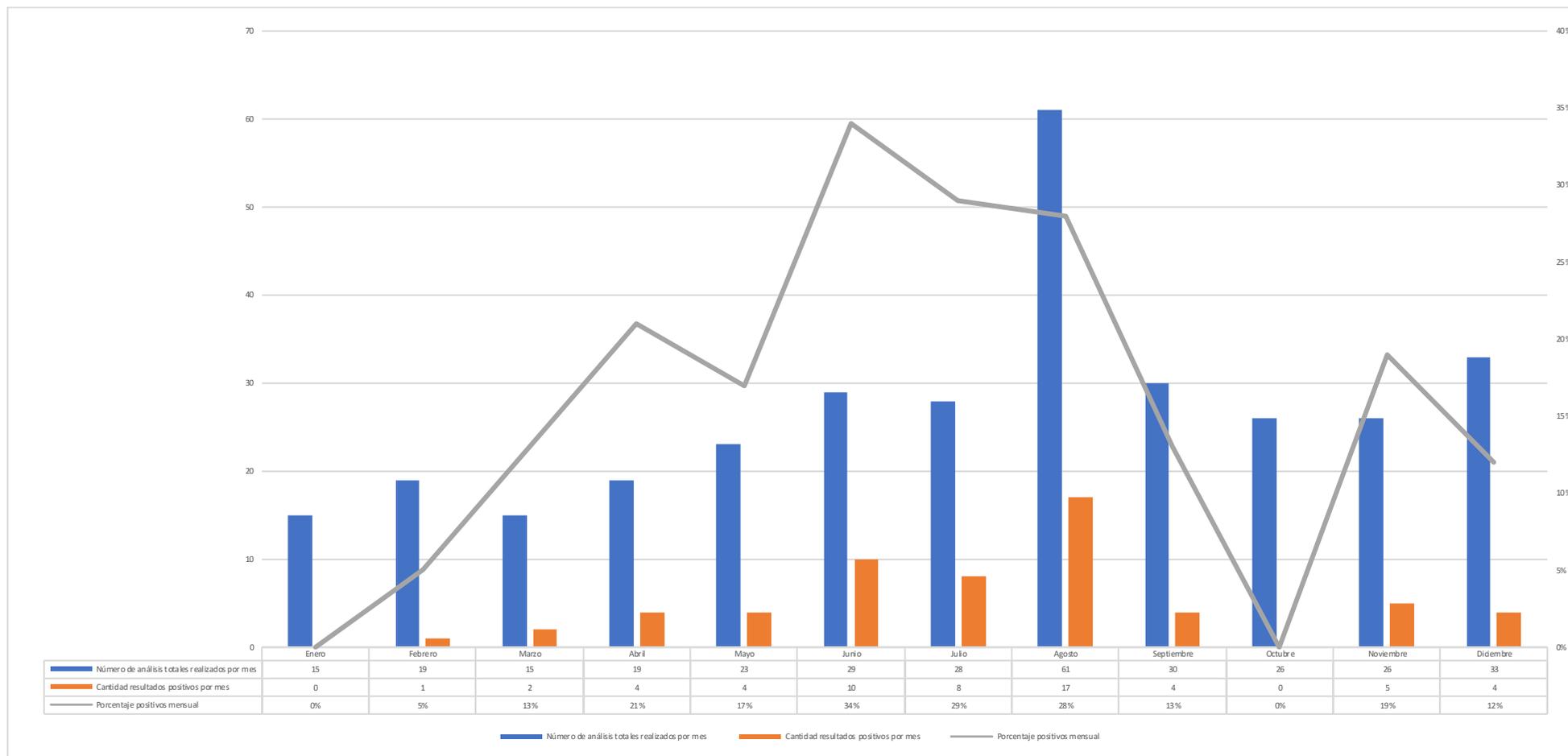
Tabla 27. Resultados de analíticas internas. HCUVA. Año 2019.

Mes	Cantidad positivos obtenidos por mes	resultados	Número de análisis totales realizados por mes	Porcentaje positivos mensual
Enero	0		15	0%
Febrero	1		19	5%
Marzo	2		15	13%
Abril	4		19	21%
Mayo	4		23	17%
Junio	10		29	34%
Julio	8		28	29%
Agosto	17		61	28%
Septiembre	4		30	13%
Octubre	0		26	0%
Noviembre	5		26	19%
Diciembre	4		33	12%
	59		s 324	

En los meses de junio, julio y agosto se produjeron un incremento de resultados positivos mensuales, respecto a los resultados positivos de los meses iniciales del año

En la Figura 54 muestra la evolución mensual del total de analíticas realizadas totales, con el número de resultados positivos y su correspondiente porcentaje de casos positivos.

Figura 54. Evolución casos positivos de control interno de *Legionella pneumophila*. Año 2019.



Nota: Se obtiene un incremento a partir del segundo trimestre del año del número absoluto de resultados positivos del control interno de muestras ambientales, que tuvo su mayor valor en agosto del año 2019.

A raíz del incremento de número de resultados positivos desde el primer trimestre, también se incrementaron el número de análisis de seguimiento interno realizados, y teniendo la relación entre número total de analíticas de seguimiento totales, respecto al número de analíticas con resultado positivo un valor creciente durante los primeros tres trimestres, con valores mayores en época estival. En la Figura 54 muestra la tendencia alcista al inicio de la época estival, en el número de casos positivos, a pesar de aplicar los diversos tratamientos marcados por el vigente plan de control de *Legionella* y normativa en vigor. Estos datos coinciden con los datos de legionelosis declarados en el año 2019 en el HCUVA, tanto a casos totales, como en especial a casos declarados como nosocomiales, con incremento numérico en este año, tal y como indican los datos de la Figura 53.

Inicio de las actuaciones

Debido al incremento durante el primer trimestre se realizaron acciones de mantenimiento técnico legales en los primeros meses del año 2019, y las cuales correspondían a actuaciones de acuerdo al RD 865/2003, así como a procedimientos internos de control, entre los que destacan:

- 1) Tratamiento de limpieza y desinfección de los tramos afectados de la instalación, bien de AFCH o ACS, según corresponda, según anexo 3C del RD 865/2003.
- 2) Instalación y/o mantenimiento de filtros antibacterianos en los puntos terminales afectados, especialmente en los puntos catalogados hasta ahora como comprometidos.
- 3) Mantenimiento de tratamiento continuado de la red de ACS del pabellón hospital general, de forma que en los elementos terminales afectados se detecten unos niveles de 55-60 C° en ACS y niveles de cloro residual libre entre 1-2 mg/L.

La aplicación de estos tratamientos reglamentarios o internos, no consiguieron mantener el control de la situación, ya que lejos de corregir o normalizar la situación no se recobraban los valores iniciales del año si no que se incrementaban. Debido a esta situación se puso en marcha el estudio con varias estrategias de actuación complementarias a los que realizaban hasta entonces cuando teníamos desviaciones, según los protocolos de actuación internos, basados en las instrucciones de la normativa vigente en materia de prevención de *Legionella*. Todo ello con el fin de conseguir corregir la situación y restablecer los niveles de seguridad ambiental requeridos para el correcto y seguro desarrollo de la actividad asistencial que en el centro hospitalario se desarrollaba.

Procesos extraordinarios realizados en las instalaciones hídricas

El proceso extraordinario se hizo como acción complementaria a lo establecido en el RD 865/2003 y los procedimientos de autocontrol internos. Los procedimientos normalizados internos de autocontrol indicaban que en el caso de comunicación de resultados positivos en muestras procedentes de la inspección o del autocontrol del HCUVA se procedía a:

- 1) Tratamiento de limpieza y desinfección de los tramos afectados de la instalación de ACS según anexo 3C del RD.
- 2) Instalación y/o mantenimiento de filtros antibacterianos en los puntos terminales afectados.
- 3) Mantenimiento adecuado de la red de ACS del HG, de forma que en los elementos terminales afectados se detecten unos niveles de 55.60 °C en ACS y niveles de cloro residual libre entre 1-2 mg/L.

Ante el alza de casos de legionelosis nosocomiales en el HCUVA y del incremento de resultados positivos de muestras ambientales, se realizó un proceso extraordinario de limpieza fisicoquímica.

Identificación de puntos críticos y medidas correctoras efectuadas

En los trabajos de campo de visualización, comprobación de funcionamiento y correspondencia con los datos de planimetría disponibles, usos de dependencias, etc. se identificaron los puntos críticos con problemas estructurales que pudiesen estar asociados a la presencia de la *Legionella* en las instalaciones hídricas de AFCH y ACS del complejo hospitalario, y en especial del edificio Pabellón General.

El ámbito de aplicación de esta intervención corresponde con la revisión general de toda distribución de ACS y AFCH del pabellón general, tanto en el sótano nivel P-2 donde se efectúa la distribución horizontal en tipología estrella, como en todas sus verticales ascendentes desde dicho nivel P-2 hasta el nivel P+7. En la inspección visual y trabajo de campo, se anotaron todas las modificaciones encontradas y se ratificaron las existentes que se detallan de forma resumida en la Tabla 28. En la Tabla indica el conjunto de actuaciones y las ubicaciones de estas incluyendo algunas observaciones relevantes. Todo ello con el fin de, respetando los circuitos de impulsión y retorno, retirar los tramos redundantes o abandonados para evitar condiciones de estancamiento del agua.

Tabla 28. Resumen de medidas correctoras adoptadas antes del proceso de limpieza, cuantificación y zonas de actuación.

Descripción de la acción	Zona de actuación	Número actuaciones	Observaciones
Anular puntos de ducha detectados sin uso habitual.	Duchas en aseos de enfermería.	12	Se eliminan tramos tubería sin alterar suministros grifos de aseos o piletas áreas preparación medicamentos o similar.
Anular puntos de bañeras/duchas	Diversos habitáculos no destinados actualmente a hospitalización por cambio de uso que no necesita servicio.	7	Detección de red de tuberías de ACS y AFCH en patinillos, una vez identificadas ubicaciones en planimetría.
Anular y asilar puntos terminales de agua en zonas técnicas con llaves.	Diversos cuartos técnicos que no tiene un uso continuo de este servicio.	9	Se instalan llaves corte en patinillos y se vacían tramos de agua, para evitar tramos de estancamiento. Pero con la viabilidad de uso controlado caso sea necesario.
Anular suministro de ACS en puntos donde se observa tuberías impulsión y retorno presentan síntomas de ausencia de consumo.	Diversos puntos situados en consultas, unidades médico-quirúrgicas, etc.	8	Al no considerar la enfermería una necesidad básica el tener ACS, se anulan estos tramos para evitar tramos estancados y con rangos de temperatura del agua comprometidos.
Anular tramos de tuberías	Diversos puntos situados	5	Para evitar tramos tipo

existentes en zonas donde en su punto final se encuentra tapón final.	en zonas técnicas, zonas de acceso restringido e incluso zonas de uso sanitario.		fondo de saco que se queden en carga y puedan proporcionar un reservorio de la bacteria
Anular conexiones de AFCH y ACS por ser puntos prescindibles o sin un uso determinado.	Especialmente en vertederas del ala centro.	12	Retirada de tramos sin servicio para evitar un uso incontrolado.
Anular ACS en puntos que se considera conveniente, a fin de minimizar riesgos de temperaturas en rango de proliferación de la bacteria.	Toda la vertical de aseos de público de zona de hospitalización.	18	Desmontar vertical y retorno completo de ACS en toda hospitalización pabellón hospital general.
Eliminar lavabos, fregadores, etc., por no ser imprescindibles para la actividad asistencial o existir otros puntos de uso.	Diversas zonas de despachos médicos, sala de curas, etc.	14	Reformando instalación de red existente para evitar tramos sin uso en impulsión y retorno.

Figura 55. Detalle fotográfico de diversos puntos de estado interior de la red de tuberías sustituidas.



Proceso de Limpieza fisicoquímica de verticales

El periodo de limpieza fisicoquímica de las verticales del pabellón general comenzó el 12/08/2019 y terminó el 10/09/2019. Algunas dificultades encontradas hicieron que el proceso en algunas verticales no fuera completado en estas fechas, quedando pendiente para un segundo proceso de limpieza. Con el tratamiento tipo fisicoquímico se complementaron los tratamientos convencionales de hipercloración e hipertermia con la introducción de pulsos de aire, que inyectados en la red conjuntamente con agua caliente entre 60-70 °C hicieron un efecto de limpieza y eliminación de la biopelícula adherida interiormente a las tuberías y redes de distribución. En el HG hay 18 verticales de servicio de ACS (6 por cada ala). Entre las dificultades encontradas hay unas de origen técnico, por la dificultad de conexión de los equipos en las zonas de inyección elegidas llegando a hacer cambios de ubicación, u otras surgieron por afectar zonas donde el nivel de afectación para el normal desarrollo de la actividad asistencial era elevado y se consideró que no se podía interrumpir la actividad asistencial. El proceso tuvo una fase previa de tomas de datos, con un cálculo posterior de correlaciones.

Fase Previa: Toma de datos inicial antes del proceso de limpieza

Se tomaron en las verticales los datos mostrados en la Tabla 29, con el procedimiento indicado en material y método.

Tabla 29. Relación de parámetros medidos antes del proceso de limpieza de redes en pabellón HG.

Parámetros medidos:

Tiempo en conseguir alcanzar los 50 ° C

Temperatura alcanzada a los 5 minutos con grifo abierto en punto de muestreo.

Nivel de cloro alcanzado al minuto de tener el grifo abierto.

Nivel de cloro alcanzado a los 5 minutos de tener el grifo abierto.

Nivel de ATP obtenido en cada uno de los puntos de control.

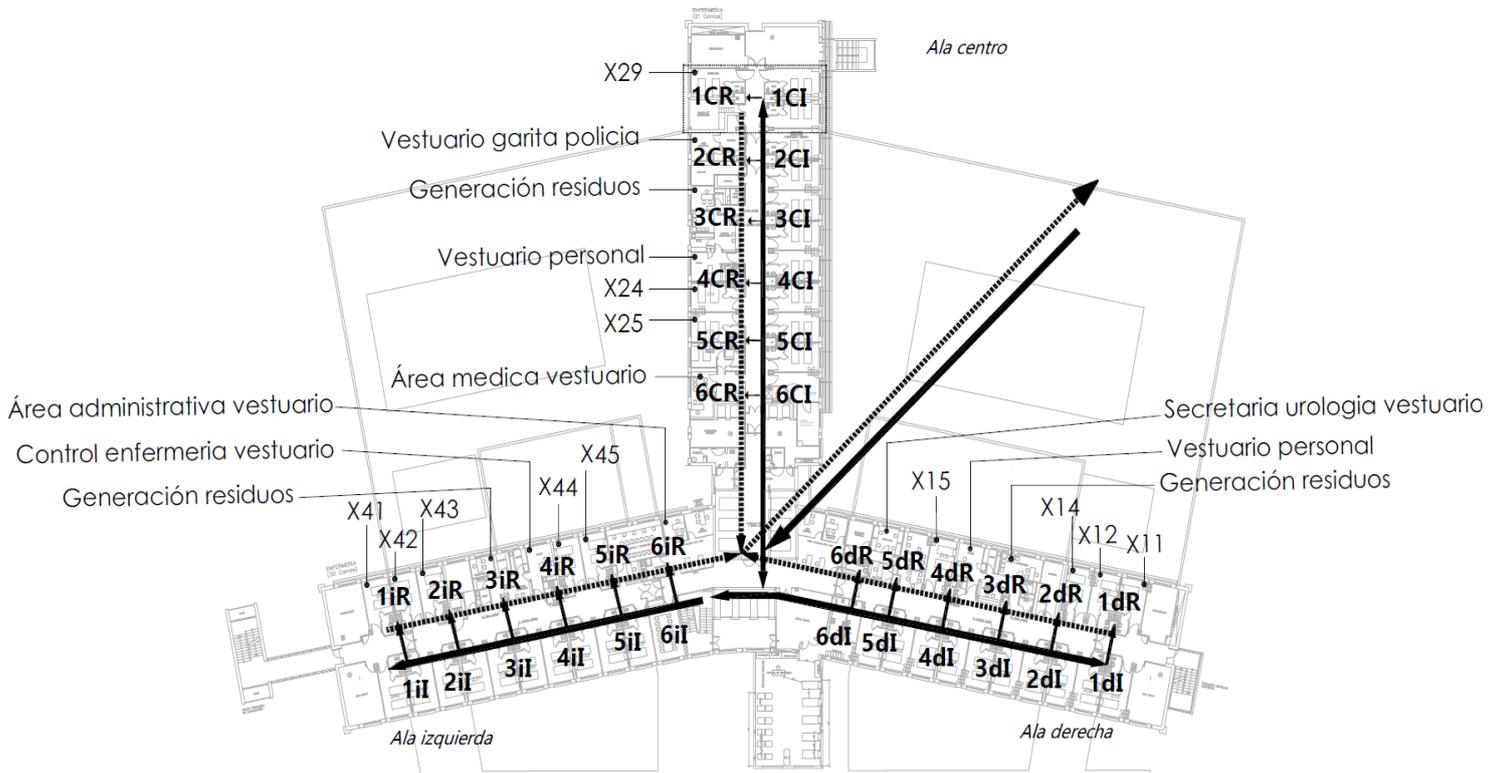
Toma de muestras ambientales de agua para posterior análisis por técnicas de laboratorio

Los puntos de muestreo en esta fase previa son los indicados en la Tabla 30, que corresponden con las ubicaciones marcadas en la Figura 56.

Tabla 30. Relación de puntos de ubicaciones en P+2 de pabellón HG donde se hicieron las mediciones de parámetros.

Descripción habitáculo	Vertical	Ala
Habitación 211	1	Derecha
Habitación 212	1	Derecha
Habitación 214	2	Derecha
Generación residuos	3	Derecha
Vestuario personal	4	Derecha
Hb 215 ala derecha	4	Derecha
Secretaria y vestuario	5	Derecha
Habitación 229	1c	Centro
Vestuario garita policía	2c	Centro
Generación residuos	3c	Centro
Vestuario personal centro	4c	Centro
Habitación 224	5c	Centro
Habitación 225	5c	Centro
Area médica vestuario	6c	Centro
Hab 241	1i	Izquierda
Hab 242	1i	Izquierda
Hab 243	2i	Izquierda
Residuos	3i	Izquierda
Control y vestuario	4i	Izquierda
Hab 244	4i	Izquierda
Hab 245	5i	Izquierda
Area administrativa vestuario	6i	Izquierda

Figura 56. Representación gráfica de puntos de muestro de parámetros fase previa. P+2. HG.



La toma de muestras cubre las tres alas, en todas las verticales, según se puede observar gráficamente en el plano de planta. El análisis de los resultados de la toma de datos de este proceso previo se expone en el siguiente apartado 5.2.3.

Los resultados de las labores de reparación previas de la red de fontanería en hospitalización de HG, así como el resultado de los parámetros medidos, pudieron ser cotejadas con información histórica del edificio, así como con los resultados obtenidos posterior al proceso de limpieza. La evaluación de la información disponible antes, durante y después de las diversas intervenciones de tratamientos de limpieza, tomas analíticas, tomas de parámetros fisicoquímicos, etc., fue la base para conocer y entender el funcionamiento real de la instalación y herramienta útil metodología de análisis de riesgos. Como resultado se pudo comprobar la comunicación de verticales ascendentes

con sus correspondientes verticales de retorno, obtener información sobre la comunicación entre retornos, comprobar cortocircuitos en diversos puntos entre las redes de ACS y AFCH, así como obtener información de irregularidades del funcionamiento hidráulico de la instalación. Esta información proporcionó datos para el análisis de las tendencias de los resultados analíticos durante el estudio, estableciendo datos de la situación de partida, así como datos para la toma de decisiones para actuar con eficacia realizadas para minimizar el impacto de la colonización de *Legionella* sobre las instalaciones.

Las mediciones se hicieron en la segunda planta, según se expuso en la sección de material y métodos, en cada una de los seis verticales en las que se efectuó el proceso de limpieza fisicoquímica, en las tres alas de hospitalización. La medición se efectuó en la vertical opuesta a la impulsión, es decir en la vertical de retorno. Los parámetros medidos anteriores al proceso de limpieza son los reflejadas en las siguientes Tablas.

Tabla 31. Tiempo en segundos necesario para alcanzar los 50 C° en agua corriente en el grifo.

Descripción habitáculo	Vertical	Ala	t seg 50°C
Habitación 211	1	Derecha	ND
Habitación 212	1	Derecha	112
Habitación 214	2	Derecha	66
Residuos	3	Derecha	10
Vestuario personal	4	Derecha	ND
Habitación 215	4	Derecha	ND
Secretaria urología vestuario	5	Derecha	ND
Habitación 229	1c	Centro	ND
Vestuario garita policía nacional	2c	Centro	ND
Residuos	3c	Centro	ND
Vestuario personal centro	4c	Centro	ND
Habitación 224	5c	Centro	15
Habitación 225	5c	Centro	15
Vestuario personal	6c	Centro	88
Habitación 241	1i	Izquierda	14
Habitación 242	1i	Izquierda	16
Habitación 243	2i	Izquierda	14
Habitáculo residuos	3i	Izquierda	10
Control enfermería vestuario	4i	Izquierda	20
Habitación 244	4i	Izquierda	20
Habitación 245	5i	Izquierda	30
Vestuario personal	6i	Izquierda	56

Las casillas en las que aparece ND indican que, en dichas ubicaciones, a pesar de dejar el ACS pasar con grifo abierto, no se consiguió la temperatura de 50 C°. Corresponden con la habitación 211, 215, vestuario personal en ala derecha y habitación 229, vestuario garita y vestuario en ala centro.

Tabla 32. Temperatura en C° del ACS a los 5 minutos con grifo abierto.

Descripción habitáculo	Vertical	Ala	Temperatura 5 min
Habitación 211	1	Derecha	47,7
Habitación 212	1	Derecha	52,3
Habitación 214	2	Derecha	56,4
Habitáculo residuos	3	Derecha	57,4
Vestuario personal	4	Derecha	47,7
Habitación 215	4	Derecha	46,5
Secretaría urología vestuario	5	Derecha	48,5
Habitación 229	1c	Centro	29,5
Vestuario garita policía nacional	2c	Centro	45,1
Habitáculo residuos	3c	Centro	49,5
Vestuario personal centro	4c	Centro	49,8
Habitación 224	5c	Centro	49,5
Habitación 225	5c	Centro	50,8
Vestuario personal	6c	Centro	50
Habitación 241	1i	Izquierda	52,8
Habitación 242	1i	Izquierda	53,8
Habitación 243	2i	Izquierda	55,3
Habitáculo residuos	3i	Izquierda	54
Control enfermería vestuario	4i	Izquierda	53,8
Habitación 244	4i	Izquierda	55,6
Habitación 245	5i	Izquierda	54,3
Vestuario personal	6i	Izquierda	55,6

Se puede observar que las habitaciones 211, 215, vestuario del ala izquierda, como la habitación 229, vestuario garita habitáculo de residuos y vestuarios del ala centro, no se consiguen obtener los 50C° en los 5 minutos del grifo abierto.

Tabla 33. Nivel de cloro (ppm) al 1 minuto en ACS con grifo abierto.

Descripción habitáculo	Vertical	Ala	Cloro 1min
Habitación 211	1	Derecha	0
Habitación 212	1	Derecha	0,43
Habitación 214	2	Derecha	0,72
Habitáculo residuos	3	Derecha	1,04
Vestuario personal	4	Derecha	0
Habitación 215	4	Derecha	0,27
Secretaria urología vestuario	5	Derecha	0,23
Habitación 229	1c	Centro	0
Vestuario garita policía nacional	2c	Centro	0
Habitáculo residuos	3c	Centro	0
Vestuario personal centro	4c	Centro	0,32
Habitación 224	5c	Centro	0,27
Habitación 225	5c	Centro	0,23
Vestuario personal	6c	Centro	0
Habitación 241	1i	Izquierda	0,16
Habitación 242	1i	Izquierda	0,44
Habitación 243	2i	Izquierda	1,27
Habitáculo residuos	3i	Izquierda	0,6
Control enfermería vestuario	4i	Izquierda	0,87
Habitación 244	4i	Izquierda	1,36
Habitación 245	5i	Izquierda	0,07
Vestuario personal	6i	Izquierda	1,28

Se observa que en la habitación 211 y vestuario de ala derecha, así como en habitación 229, vestuario garita y habitáculo de residuos de ala centro y vestuario, no se consiguen valores de cloro en el ACS.

Tabla 34. Toma del valor del nivel de cloro a los 5 minutos en el ACS con grifo abierto.

Descripción habitáculo	Vertical	Ala	Cloro min	5
Habitación 211	1	Derecha	0,3	
Habitación 212	1	Derecha	0,45	
Habitación 214	2	Derecha	0,7	
Habitáculo residuos	3	Derecha	0,69	
Vestuario personal	4	Derecha	0	
Habitación 215	4	Derecha	0,83	
Secretaria urología vestuario	5	Derecha	0,87	
Habitación 229	1c	Centro	1,61	
Vestuario garita policía nacional	2c	Centro	0,18	
Habitáculo residuos	3c	Centro	0,63	
Vestuario personal centro	4c	Centro	0,71	
Habitación 224	5c	Centro	0,51	
Habitación 225	5c	Centro	0,31	
Vestuario personal	6c	Centro	0	
Habitación 241	1i	Izquierda	1,02	
Habitación 242	1i	Izquierda	0,69	
Habitación 243	2i	Izquierda	1,91	
Habitáculo residuos	3i	Izquierda	0,43	
Control enfermería vestuario	4i	Izquierda	1,2	
Habitación 244	4i	Izquierda	0,86	
Habitación 245	5i	Izquierda	0,36	
Vestuario personal	6i	Izquierda	1,28	

Tabla 35. Toma del valor del nivel del nivel de cATP en el ACS con grifo abierto.

Descripción habitáculo	Vertical	Ala	cATP
Habitación 211	1	Derecha	31,26
Habitación 212	1	Derecha	1,34
Habitación 214	2	Derecha	0,6
Habitáculo residuos	3	Derecha	0,72
Vestuario personal	4	Derecha	3,4
Habitación 215	4	Derecha	6,17
Secretaria urología vestuario	5	Derecha	56,37
Habitación 229	1c	Centro	4,45
Vestuario garita policía nacional	2c	Centro	5,02
Habitáculo residuos	3c	Centro	0,98
Vestuario personal centro	4c	Centro	8,36
Habitación 224	5c	Centro	6,43
Habitación 225	5c	Centro	1,21
Vestuario personal	6c	Centro	14,93
Habitación 241	1i	Izquierda	0,78
Habitación 242	1i	Izquierda	0,79
Habitación 243	2i	Izquierda	0,52
Habitáculo residuos	3i	Izquierda	0,76
Control enfermería vestuario	4i	Izquierda	0,64
Habitación 244	4i	Izquierda	0,43
Habitación 245	5i	Izquierda	1,81
Vestuario personal	6i	Izquierda	0,66

Se puede comprobar que hubo valores de cATP muy desviados como corresponden a la habitación 211 del ala derecha, así como otros valores que varían entre 1,34 a 8,36 en diversos habitáculos como son (vestuario personal y habitación 212 y 215 en ala

derecha, así como habitación 229, vestuario garita y habitáculo residuos en ala centro, encontrándose también valores significativos en el ala izquierda en la habitación 245. Estando el resto de los valores de cAPT por debajo del valor de la unidad.

De las muestras ambientales obtenidas en los mismos puntos, se obtuvieron los resultados analíticos que se muestran en la Tabla 36. Se observa que hubo valores positivos para *Legionella* en diversas estancias del ala derecha (Habitación 211, 212 y 215, habitáculo de residuos, vestuario personal y secretaría, con valores que varían entre las 3.100 a 160.000 u.f.c.

Tabla 36. Valor del resultado de tomas ambientales de ACS por la técnica qPCR *Legionella* en unidades formadoras de colonias (u.f.c.).

Descripción habitáculo	Vertical	Ala	PCRq (u.f.c.)
Habitación 211	1	Derecha	3.100
Habitación 212	1	Derecha	12.000
Habitación 214	2	Derecha	0
Habitáculo residuos	3	Derecha	0
Vestuario personal	4	Derecha	17.000
Habitación 215	4	Derecha	12.000
Secretaria urología vestuario	5	Derecha	60.000
Habitación 229	1c	Centro	160.000
Vestuario garita policía nacional	2c	Centro	60.000
Habitáculo residuos	3c	Centro	1.600
Vestuario personal centro	4c	Centro	70.000
Habitación 224	5c	Centro	62.000
Habitación 225	5c	Centro	52.000
Vestuario personal	6c	Centro	52.000
Habitación 241	1i	Izquierda	0
Habitación 242	1i	Izquierda	0
Habitación 243	2i	Izquierda	0
Habitáculo residuos	3i	Izquierda	0
Control enfermería vestuario	4i	Izquierda	0
Habitación 244	4i	Izquierda	0
Habitación 245	5i	Izquierda	0
Vestuario personal	6i	Izquierda	64.000

Tabla 37. Valor del resultado de tomas ambientales de ACS por la técnica cultivo *Legionella* en unidades formadoras de colonias (u.f.c.).

Descripción habitáculo	Vertical	Ala	<i>Legionella</i>
			Cultivo (u.f.c.)
Habitación 211	1	Derecha	0
Habitación 212	1	Derecha	0
Habitación 214	2	Derecha	0
Habitáculo residuos	3	Derecha	0
Vestuario personal	4	Derecha	0
Habitación 215	4	Derecha	0
Secretaria urología vestuario	5	Derecha	0
Habitación 229	1c	Centro	52.000
Vestuario garita policía nacional	2c	Centro	50
Habitáculo residuos	3c	Centro	0
Vestuario personal centro	4c	Centro	0
Habitación 224	5c	Centro	30.000
Habitación 225	5c	Centro	0
Vestuario personal	6c	Centro	0
Habitación 241	1i	Izquierda	0
Habitación 242	1i	Izquierda	0
Habitación 243	2i	Izquierda	0
Habitáculo residuos	3i	Izquierda	0
Control enfermeria vestuario	4i	Izquierda	0
Habitación 244	4i	Izquierda	0
Habitación 245	5i	Izquierda	0
Vestuario personal	6i	Izquierda	0

Se observa que solo hubo resultados positivos en *Legionella* en la habitación 229 y 224 del ala centro, con valores de 30.000 y 52.000 u.f.c.

En la siguiente Tabla 38 se pueden ver todos los valores de parámetros medidos y resultados de muestras ambientales antes del proceso de limpieza.

Tabla 38. Representación conjunta de todos los resultados obtenidos antes del proceso de limpieza, con código de colores, para una mejor y rápida interpretación de zona críticas.

Descripción habitáculo	Vertical	Ala	T°(sg)	T ^a	Cloro	Cloro	cATP	PCRq	Legionella Cultivo u.f.c.
			50°C	5 min	1min	5 min			
Habitación 211	1	Derecha	SD	47,7	0	0,3	31,26	3.100	No detectado
Habitación 212	1	Derecha	112	52,3	0,43	0,45	1,34	12.000	No detectado
Habitación 214	2	Derecha	66	56,4	0,72	0,7	0,6		No detectado
Generación residuos	3	Derecha	10	57,4	1,04	0,69	0,72	0	No detectado
Vestuario personal	4	Derecha	SD	47,7	0	0	3,4	17.000	No detectado
Hb 215 ala derecha	4	Derecha	SD	46,5	0,27	0,83	6,17	12.000	No detectado
Secretaria urología vestuario	5	Derecha	SD	48,5	0,23	0,87	56,37	60.000	No detectado
Habitación 229	1	Centro	SD	29,5	0	1,61	4,45	160.000	52.000
Vestuario garita policía	2	Centro	SD	45,1	0	0,18	5,02	60.000	50
Generación residuos	3	Centro	SD	49,5	0	0,63	0,98	1.600	No detectado
Vestuario personal centro	4	Centro	SD	49,8	0,32	0,71	8,36	70.000	No detectado
Habitación 224	5	Centro	15	49,5	0,27	0,51	6,43	62.000	No detectado
Habitación 225	5	Centro	15	50,8	0,23	0,31	1,21	52.000	No detectado
Area médica vestuario	6	Centro	88	50	0	0	14,93	52.000	No detectado
Hab 241	1	Izquierda	14	52,8	0,16	1,02	0,78	0	30.000
Hab 242	1	Izquierda	16	53,8	0,44	0,69	0,79		No detectado
Hab 243	2	Izquierda	14	55,3	1,27	1,91	0,52	0	No detectado
Generación residuos	3	Izquierda	10	54	0,6	0,43	0,76	0	No detectado
Control enfermería vestuario	4	Izquierda	20	53,8	0,87	1,2	0,64	0	No detectado
Hab 244	4	Izquierda	20	55,6	1,36	0,86	0,43	0	No detectado
Hab 245	5	Izquierda	30	54,3	0,07	0,36	1,81	0	No detectado
Area administrativa vestuario	6	Izquierda	56	55,6	1,28	1,28	0,66	64.000	No detectado

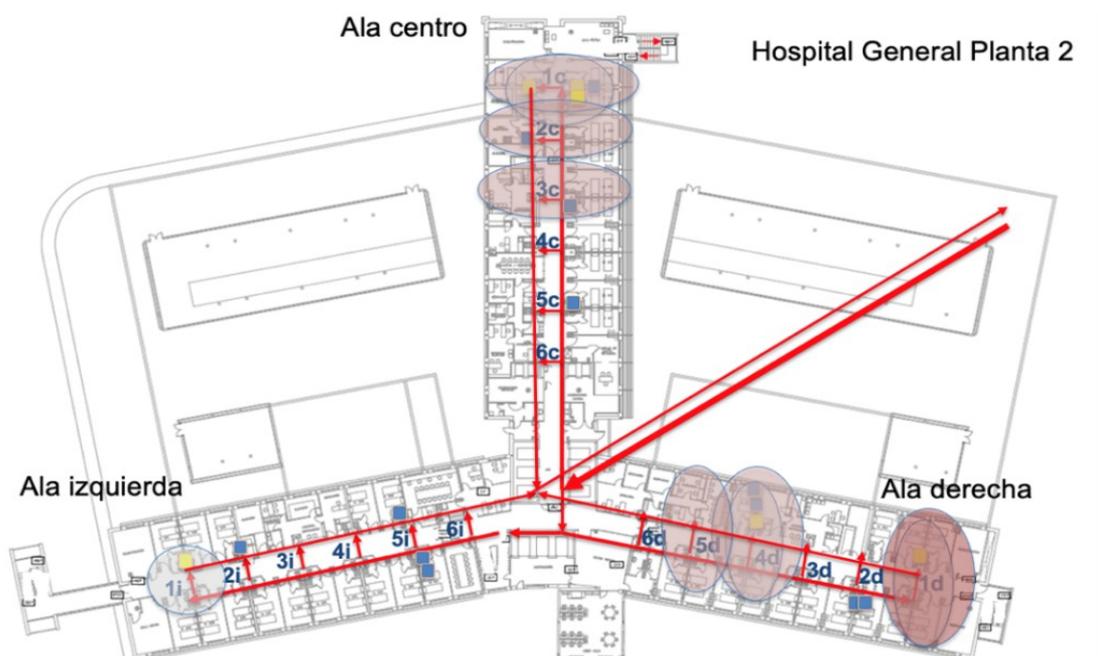
Nota: Se pueden apreciar en color rojo los valores críticos en las distintas columnas, coincidiendo valores en las mismas ubicaciones para los resultados de las tres primeras columnas. Esos resultados coinciden posteriormente incluyendo las columnas de los valores obtenidos de cATP y qPCR.

En cambio, en la columna de los valores de resultados de presencia de *Legionella* por cultivo solo se obtuvo en dos ubicaciones (habitación 229 y vestuario garita.). Indicar que esta zona fue objeto de un proyecto posterior para la implantación de la unidad de acceso restringido situada en la parte final del ala centro de la segunda planta. Con esta representación podemos visualizar de forma rápida las zonas más críticas donde sería necesario actuar para evitar dichas desviaciones de los valores de temperatura y nivel de cloro.

Visión gráfica de los valores obtenidos en la toma de datos y resultados analíticos

La representación gráfica de los parámetros de la Tabla 31 a 34 en el plano de planta, nos aporta información gráfica de los resultados, donde podemos diferenciar con mayor facilidad las zonas donde tenemos resultados más críticos y se requiere una mayor intervención

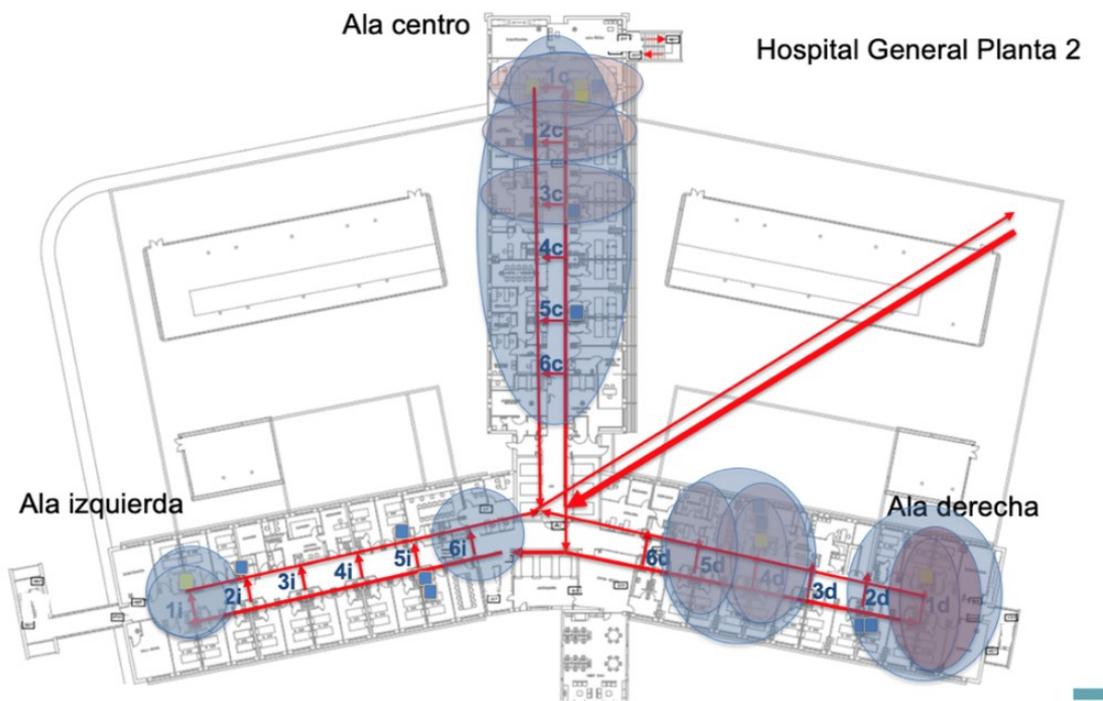
Figura 57. Representación en plano de planta P+2 de los resultados de los parámetros de Tabla 31 a 34.



La representación en planta de los valores nos ayuda a ver de una forma más rápida y fácil que la planta derecha y centro tiene un comportamiento peor, respecto al ala izquierda. Así mismo podemos comprobar que los valores de las verticales del fondo de la planta centro presentan peor comportamiento, y por lo tanto a las habitaciones que dan servicios dichas verticales, que corresponde con las del fondo de planta. En el ala derecha este comportamiento se presenta tanto en la zona central, como en las verticales / habitaciones del fondo de planta.

Si superponemos los valores de la Tabla 35, podemos obtener la Figura 58, donde se puede ver la coincidencia de zonas con valores desviados y más críticos.

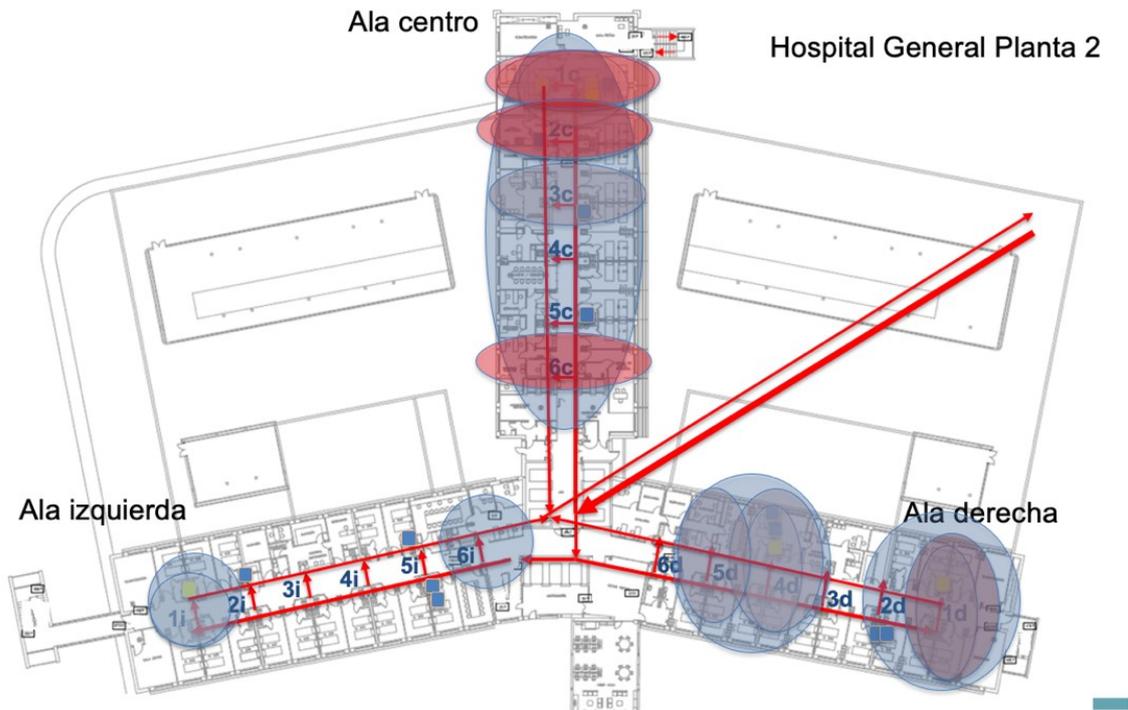
Figura 58. Representación gráfica en plano de planta, resultado de superponer los valores de Tabla 31 a 35.



Los valores críticos de valor de cATP coincidían en verticales con los valores críticos de otros parámetros medidos en lo que existía desviación.

Siguiendo el proceso implementar datos y la representación gráfica en plano de plano, si implementamos los resultados de la Tabla 36 a Tabla 37, superponiendo a los resultados de la Figura 58, obtenemos la Figura 59.

Figura 59. Representación gráfica en planta de todos los resultados analíticos obtenidos antes del proceso de limpieza.



Se pueden observar en círculos y elipses las zonas potencialmente más críticas, dando una información rápida de las zonas más críticas sobre las que actuar. Esta representación gráfica nos da un mapa de riesgos por zonas de resultados más críticos y donde priorizar la actuación.

Fase de limpieza fisicoquímica

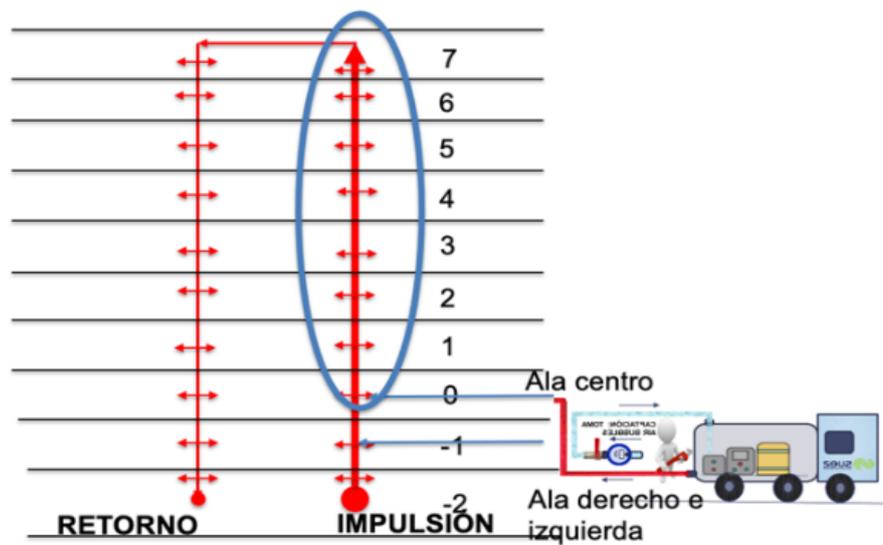
La limpieza fisicoquímica se realizó en varios pasos que se detallan a continuación: El primer paso fue el tratamiento térmico, con generación autónoma de AC a 80 C°, con el fin de someter a la toda la vertical a esta temperatura y debilitar el soporte de los microorganismos, tipo biofilm. El segundo paso consistió en la inyección de aire a presión en la redes y verticales, tipo burbuja de arie, para conseguir la desincrustación de biofilms y por consiguiente la *Legionella* que pudiera estar en dicho ambiente. El tercer paso fue la inyección de biocida para la completa eliminación de microorganismos y la desinfección de las superficies tras la eliminación del biofilm (Figura 60).

Figura 60. Fotos del proceso de limpieza fisicoquímica de redes de fontanería. ACS.HG.



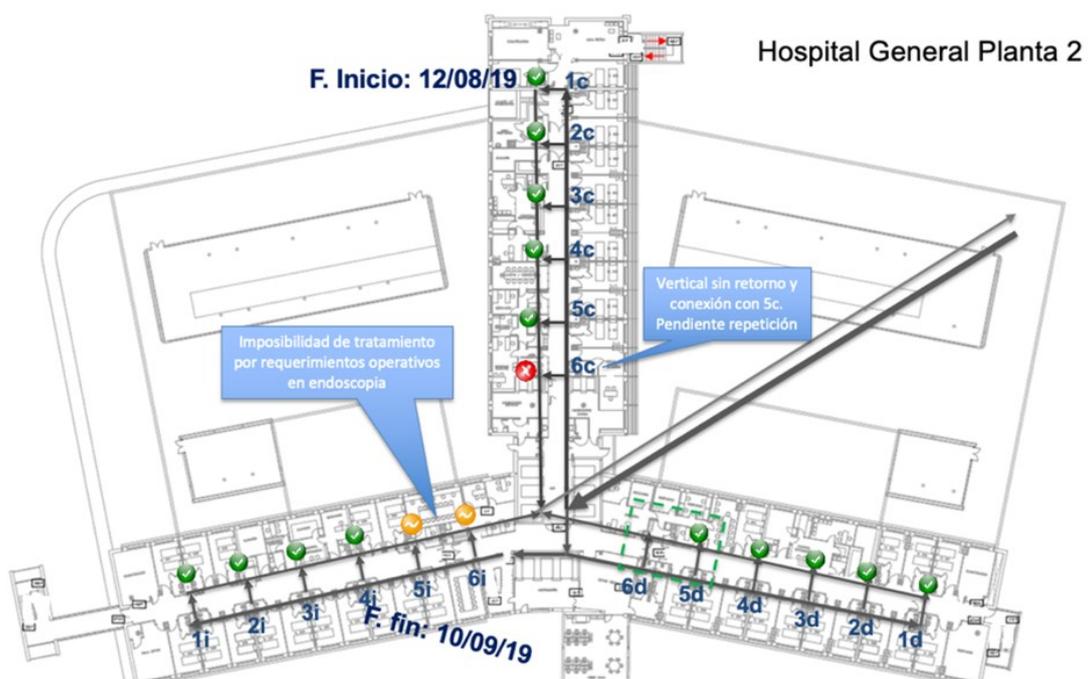
Nota: En varios momentos del proceso se puede observar que el agua salía con coloración marrón, con arrastre de óxidos y demás elementos deteriorados del interior de las tuberías.

Figura 61. Esquema de principio de verticales y detalle de sistema de inyección.



El camión se conexiono en los puntos que fue posible en la P+0 o P-1 a nivel de calle, para poder inyectar las distintas fases del proceso. Se puede apreciar también la unión en la séptima planta entre vertical de impulsión y su simétrica frontal de retorno.

Figura. 62. Esquema de principio de distribución de verticales por ala del pabellón HG, representación en P+2.



Fase de limpieza posterior al tratamiento

Después del proceso físico químico de las verticales, se hicieron otras labores, a fin de evitar efectos de propagación de la bacteria por traslado a otras zonas de biofilm contaminado, siendo estas las siguientes:

- 1) Limpieza y desinfección de los acumuladores de ACS en la central térmica: Con el fin de poder realizar nuevos análisis y descartar cualquier interacción entre las actuaciones realizadas y tratamientos, se hizo una limpieza completa de todos los depósitos de ACS situados en la central térmica, todos en una semana, del 19 al 23 de agosto. Los diez acumuladores instalados en el edificio independiente de la central térmica se vaciaron, limpiaron internamente y desinfectaron según procedimientos del anexo 3C del RD 865/2003. Este proceso se complementó con análisis de muestras ambientales en el sistema de producción y almacenamiento central (depósitos terminales, 9 y 10), para comprobar que había resultado negativo o no detectado.
- 2) Limpieza y desinfección de los aljibes de AFCH en central térmica: De forma complementaria y preventiva, se procedió al vaciado, limpieza y desinfección según procedimiento del anexo 3C del RD 865/2003 de los dos aljibes de acumulación de AFCH (días 22 y 29 de agosto). Se realizaron las limpiezas de los dos depósitos /aljibes generales descartar cualquier nueva contaminación por parte de movimientos de agua en cualquiera de los dos sentidos.

Muestras ambientales posteriores al tratamiento de limpieza fisicoquímica

Posteriormente se realizaron nuevos controles analíticos de muestras ambientales tomadas en las mismas ubicaciones, cuyos resultados determinados por la técnica de cultivo. Estos resultados, junto con los resultados de muestras ambientales por técnica de muestreo tomadas antes del proceso de limpieza, se muestran en la Tabla 33. Las dos tomas de muestras ambientales posterior se realizaron una al terminar el proceso de limpieza, y la segunda pasados 15 del proceso de limpieza fueron detectadas.

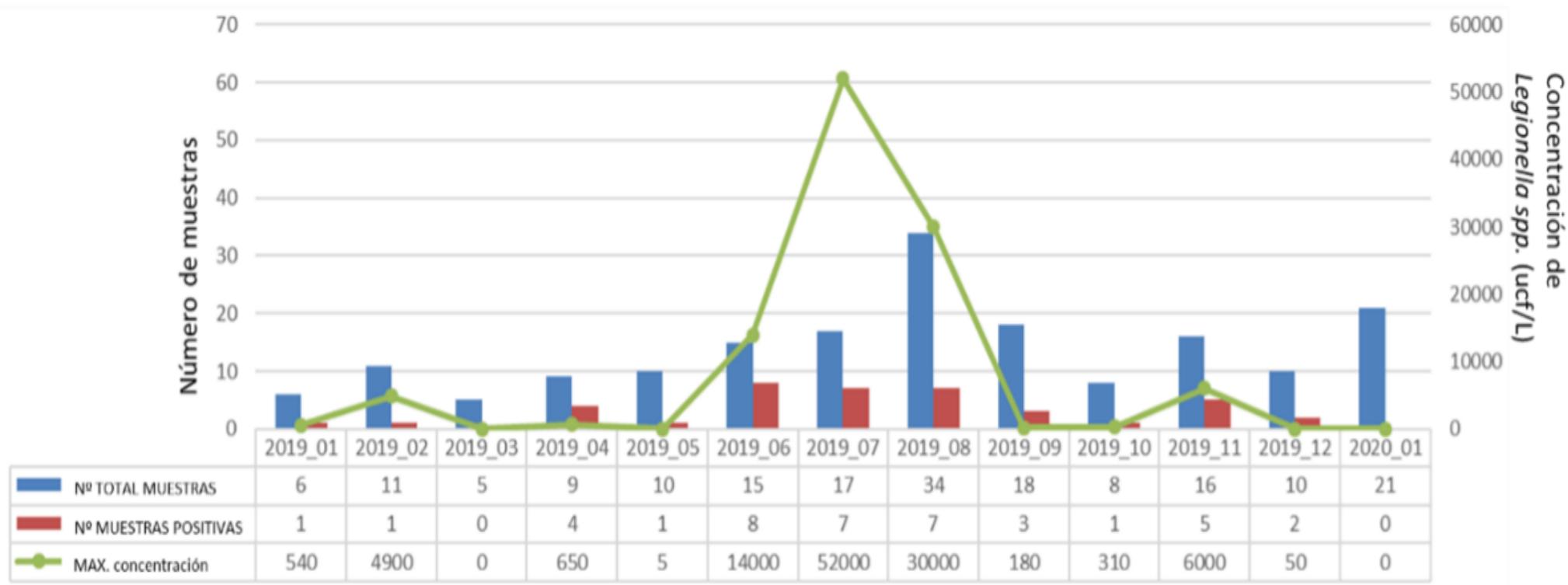
Tabla 39. Resultados analíticos por técnica de cultivo, de muestras ambientales tomadas antes y después del proceso de limpieza fisicoquímica.

Descripción	Ala	Vertical	Cultivo antes limpieza(u.f.c.)	Cultivo después limpieza	Cultivo 15 días después limpieza
Habitación 211	D	1	No detectado	No detectado	No detectado
Habitación 212	D	1	No detectado	No detectado	No detectado
Habitación 214	D	2	No detectado	No detectado	No detectado
Gestion residuos	D	3	No detectado	No detectado	No detectado
Vestuario personal	D	4	No detectado	No detectado	No detectado
Habitación 215	D	4	No detectado	No detectado	No detectado
Secretaría médica	D	5	No detectado	No detectado	No detectado
Habitación 229	C	1	52.000	No detectado	No detectado
Vestuario garita PN	C	2	50	No detectado	No detectado
Gestion residuos	C	3	No detectado.	No detectado	No detectado
Vestuario personal	C	4	No detectado	No detectado	No detectado
Habitación 224	C	5	No detectado	No detectado	No detectado
Habitación 225	C	5	No detectado	No detectado	No detectado
Area vestuario	C	6	30.000	No detectado	No detectado
Habitación 241	C	1	No detectado.	No detectado	No detectado
HAB 242	I	1	No detectado.	No detectado	No detectado
Habitación 243	I	2	No detectado.	No detectado	No detectado
Gestion residuos	I	3	No detectado.	No detectado	No detectado
Vestuario personal	I	4	No detectado.	No detectado	No detectado
Habitación 244	I	4	No detectado.	No detectado	No detectado
Habitación 245	I	5	No detectado.	No detectado	No detectado
Area vestuario	I	6	No detectado.	No detectado	No detectado

Aunque hubiera sido deseable poder haber repetido posteriormente al proceso de limpieza los mismos parámetros tomados en el proceso anterior, esto no fue posible por

tema internos de logística y recursos técnicos disponibles en ese momento, quedando el proceso dirigido a la toma de muestras ambientales para obtener su resultado analítico por la técnica de cultivo, que se consideró la más fiable y viable. En la Figura 64 podemos observar de forma gráfica del número total de muestras tomado en los meses del año 2019 y primer mes del año 2020, en el pabellón hospital general. Se indica el número total de muestras por mes, así como la cantidad de muestras que fueron positivas mensualmente y la concentración máxima de *Legionella spp* (u.f.c/L) detectadas en las muestras. Pudiendo observar que después del proceso de actuaciones correctoras y del proceso de limpieza fisicoquímica no hubo durante los primeros meses una confirmación positiva de *Legionella spp* en ninguna de ellas.

Figura 64. Evolución temporal de los resultados analíticos positivos por la técnica de cultivo de las muestras ambientales efectuadas en ellos meses posteriores al proceso de limpieza.



Nota: Puede observarse que, de las 21 muestras tomadas en el mes de enero de 2020, no existieron confirmación de positivos de *Legionella* spp en ninguna de ellas, hasta la fecha indicada en la gráfica.

Estudio de correlación de parámetros obtenidos antes del proceso de limpieza en el año 2019

En la Tabla 40 se observa el tiempo necesario para alcanzar los 50 ° C, la temperatura alcanzada a los 5 minutos con grifo abierto en punto de muestreo, el nivel de cloro al minuto, el nivel de cloro alcanzado a los 5 minutos, el nivel de ATP en cada punto de control y los valores obtenidos sobre la presencia de *Legionella* utilizando la técnica qPCR y cultivo.

En la Tabla 40, en la columna T°(sg) 50°C (Tiempo en segundos en alcanzar los 50°C) aparecen varias casillas con el valor ND (No disponible), lo cual significa que, a pesar de dejar pasar el agua caliente en grifo abierto, no se llegó a conseguir dicha temperatura. Estos valores coinciden con los valores de la siguiente columna T^a 5 min (Temperatura alcanzada a los 5 minutos de dejar pasar el ACS a grifo abierto), en los cuales se puede ver que a los 5 minutos en dichos puntos la temperatura alcanzada no llega a los 50 C°. En Tabla 40 se indica resumen del estudio de correlaciones efectuado entre las distintas variables obtenidas en la medición anterior tratamiento, quedando todos los datos de los análisis estadísticos realizado en el Anexo IV.

Tabla 40. Relación entre parámetros fisicoquímicos del agua, concentración de ATP y la presencia de *Legionella* medida por técnicas de biología molecular.

Descripción habitáculo	Vertical	Ala	Cloro				PCRq		Legionella
			T°(sg)	T°	1min	5 min	cATP	(U.G.)	Cultivo (u.f.c.)
			50°C	5 min	(p.p.m.)	(p.p.m.)			
Habitación 211	1	Derecha	SD	47,7	0	0,3	31,26	3.100	No detectado
Habitación 212	1	Derecha	112	52,3	0,43	0,45	1,34	12.000	No detectado
Habitación 214	2	Derecha	66	56,4	0,72	0,7	0,6		No detectado
Generación residuos	3	Derecha	10	57,4	1,04	0,69	0,72	0	No detectado
Vestuario personal	4	Derecha	SD	47,7	0	0	3,4	17.000	No detectado
Hb 215 ala derecha	4	Derecha	SD	46,5	0,27	0,83	6,17	12.000	No detectado
Secretaria urología vestuario	5	Derecha	SD	48,5	0,23	0,87	56,37	60.000	No detectado
Habitación 229	1	Centro	SD	29,5	0	1,61	4,45	160.000	52.000
Vestuario garita policía	2	Centro	SD	45,1	0	0,18	5,02	60.000	50
Generación residuos	3	Centro	SD	49,5	0	0,63	0,98	1.600	No detectado
Vestuario personal centro	4	Centro	SD	49,8	0,32	0,71	8,36	70.000	No detectado
Habitación 224	5	Centro	15	49,5	0,27	0,51	6,43	62.000	No detectado
Habitación 225	5	Centro	15	50,8	0,23	0,31	1,21	52.000	No detectado
Area médica vestuario	6	Centro	88	50	0	0	14,93	52.000	No detectado
Hab 241	1	Izquierda	14	52,8	0,16	1,02	0,78	0	30.000
Hab 242	1	Izquierda	16	53,8	0,44	0,69	0,79		No detectado
Hab 243	2	Izquierda	14	55,3	1,27	1,91	0,52	0	No detectado
Generación residuos	3	Izquierda	10	54	0,6	0,43	0,76	0	No detectado
Control enfermería vestuario	4	Izquierda	20	53,8	0,87	1,2	0,64	0	No detectado
Hab 244	4	Izquierda	20	55,6	1,36	0,86	0,43	0	No detectado
Hab 245	5	Izquierda	30	54,3	0,07	0,36	1,81	0	No detectado
Area administrativa vestuario	6	Izquierda	56	55,6	1,28	1,28	0,66	64.000	No detectado

Tabla 41. Resumen de correlaciones realizadas entre los parámetros y resultados obtenidos.

Primer parámetro correlacionado	Segundo parámetro correlacionado	Resultado correlación (SI / NO)	Tipo de Correlación	Resultados
Valor PCRq	Tiempo conseguir agua a 50°C	NO		
Valor PCRq	Temperatura a los 5 minutos	SI	Significativa en el nivel 0,05 Bilateral / Inversa Tau b de Kendall -,356 Rho de Spearman -,450	Puntos con resultados de obtención de mayor temperatura a los 5 minutos tienen resultado analítico en muestra ambiental con menor concentración de u.f.c. en resultado analítico por técnica cATP.
Nivel cATP	Nivel cloro al minuto	SI	Significativa en el nivel 0,01 Bilateral / Inversa Tau de Kendall -,592 Rho de Spearman -,762	Puntos con resultados más nivel de cloro al minuto y a los 5 minutos, tienen en la muestra ambiental resultados menores de cantidad de material biológico por la técnica cATP.
	Nivel cloro a los 5 minutos	SI	Significativa en el nivel 0,05 Bilateral / Inversa Tau b de Kendall -,343 Rho de Spearman -,435	
Nivel cloro 1 minuto	Nivel PCRq	NO		
Nivel cloro 5 minutos	Nivel PCRq	NO		
Nivel ATP	Nivel PCRq	NO		
Valores cultivo muestra <i>Legionella</i>	Tiempo en alcanzar los 50 °C	NO		
Valores cultivo muestra <i>Legionella</i>	Temperatura a los 5 minutos	SI	Significativa en el nivel 0,05/ Inversa Tau b de Kendall -,423 Rho de Spearman -,507	Puntos con mayor nivel de temperatura a los 5 minutos obtienen menores resultados analíticos por el método de cultivo (u.f.c.) en muestra ambientales
Valores cultivo u.f.c. de <i>Legionella</i> muestra ambiental	Concentración cATP	NO		
	Nivel cloro 1 minuto	NO		
	Nivel cloro 5 minutos	NO		
Valores cultivo u.f.c. de <i>Legionella</i> muestra ambiental	Nivel PCRq	SI	Significativa en el nivel 0,01 Bilateral Tau b de Kendall ,537 Rho de Spearman 0,601	Puntos con mayor resultado analítico (u.f.c.) por método cultivo obtienen mayor nivel (U.G.) por método qPCR.

DISCUSSION

6.- Discusión

Como se explicó en la introducción, en España la infección por *Legionella* es de importancia tanto a nivel de la comunidad (comunitario) como en el ámbito nosocomial, habiendo generado un número elevado de casos de neumonía, en especial en los brotes y casos de los años 1995, 1999 y 2000 y un número mayor de casos notificados a partir de 2018. (Cooley et al., 2020). Actualmente después de Italia y Francia, España es uno de los países europeos con más casos reportados (Franzin et al, 1995), predominando la enfermedad en varones, grupos de mayor edad y en los meses finales de verano o principio de otoño (Ditommaso et al., 2008).

La *Legionella*, puede colonizar instalaciones artificiales de uso común para la actividad humana, como son los sistemas de distribución de agua potable, y comprendiendo diferentes tipos de elementos como tuberías de las redes de distribución y accesorios, sistemas de producción y acumulación de ACS, así como elementos terminales para duchas, grifos, filtros, etc. *Legionella pneumophila* coloniza estos sistemas cuando se dan las condiciones adecuadas como cierta calidez en temperatura, aguas parcialmente estancadas y poco desinfectadas, proliferando normalmente en simbiosis con múltiples organismos que cubren las superficies de los sistemas de distribución de agua formando biopelículas (Knobelsdorf & Mujeriego, 1997).

El sistema de distribución de aguas del HCUVA presentaba históricamente un nivel de contaminación significativo, ampliamente distribuido desde los acumuladores a otros puntos del hospital que abarcaron entre otros, el denominado edificio Pabellón hospital general, estando afectadas en especial habitaciones de hospitalización, consultas y salas

de tratamientos, áreas de vestuarios entre otros, situados en puntos distantes unos de otros. Se han encontrado condiciones de temperatura óptimas para la replicación bacteriana, bajos niveles de cloración, aguas estancadas en tuberías y acumuladores, que favorecieron la replicación y diseminación de la infección en los sistemas de distribución de agua del hospital. Esta situación descrita anteriormente generó la necesidad de establecer un sistema de actuación mediante limpieza y desinfección para el control de la contaminación de la instalación. Esta actuación especial se inició en la primera parte del año 2019 cuando se declaró la situación de brote debido a la continua aparición de casos positivos en muestras ambientales. Por ello se inició un plan especial para la reparación, modificación y limpieza fisicoquímica del sistema de distribución de agua del pabellón HG. Dicho plan de actuación implicó cambios importantes en la diseminación y concentración de la bacteria, el cual ha sido objeto de este estudio.

6.1. Estudio general del HCUVA

El análisis de los puntos infectados desde 2016-2022 indica que la infección se concentraba principalmente en los acumuladores de agua siendo también puntos importantes de concentración las duchas de los vestuarios en diferentes áreas del hospital. Aunque hay que considerar que la bacteria está ampliamente diseminada en áreas de consultorios y de hospitalización. Se encontró una gran variación en la posición de los puntos positivos a lo largo de los años. Esto se pudo deber a la inexistencia de un patrón fijo o que no se ha encontrado en la aparición de la ubicación de los puntos, si no que periódicamente puede haber una gran variabilidad de la ubicación de los puntos positivos a la bacteria, tanto en número de positivos, como en su concentración.

También es necesario considerar la diferencia en cantidad de puntos encontrados de evaluación. No todos los muestreos se repitieron en los mismos puntos de forma sistemática, lo que contribuye a la variabilidad de las observaciones. Sin embargo, este análisis proporcionó información sobre cómo se propagan las bacterias con el tiempo y de la presencia de reservorios estables tras las medidas correctivas. De esta forma, el estudio ha puesto de manifiesto que la expansión del microorganismo ha tenido una tendencia a la baja desde 2020. A partir de esta fecha se comenzó a apreciar la efectividad de las medidas. De hecho, si comparamos los resultados del número de puntos en el tiempo con la positividad neta por año se puede inferir que a pesar de que hay una disminución de la positividad de la bacteria entre el 2016 y el 2017, el número de áreas afectadas era menor en el 2016 y la bacteria se fue expandiendo en el hospital hasta alcanzar un pico máximo en el 2019. Este máximo de expansión si coincide con el aumento significativo en la positividad total en el hospital observada en el 2019. A partir de esa fecha, cuando se establecieron los correctivos disminuye la carga de bacteria total en el hospital y se detiene su expansión.

Es importante señalar que en el 2021 aunque la positividad general a la bacteria disminuyó se observó una tendencia marcada a la expansión de esta a diferentes áreas del hospital. Esto significa que si bien en el tiempo se fue eliminando la bacteria con las medidas en donde se detectó, la bacteria fue apareciendo en otros sitios posiblemente porque ya la expansión de la infección había comenzado aún antes de detectarse. Esta situación pone de manifiesto la necesidad de un sistema de detección de la bacteria amplio y más sensible combinando un número de muestras de distintas áreas del hospital, que debe incluir todos los acumuladores, con un sistema de detección sensible como la prueba de qPCR.

Cuando se comparan la positividad por meses entre los diferentes años se puede ver que los picos máximos no coinciden, observándose en 2016 el pico máximo en noviembre, en 2017 dos picos en mayo y septiembre, en 2018 en mayo, en 2019 en agosto, en 2020 en Julio; en 2021 en junio, y en 2022 en junio, lo que nos indica que se podría deducir un cierto predominio de aumento de resultados positivos con una de estacionalidad durante los meses previos a verano, durante meses de verano y posteriores, es decir los meses más cálidos en Murcia. No obstante vistos los resultados indicados, puede haber valores máximos en otras fechas, lo que indica que no hay un patrón exacto, y por lo tanto requiere que el sistema preventivo de vigilancia y adopción de medidas para corregir desviaciones este operativo durante todo el año.

Los factores que pueden influir en el pico máximo pueden ser muchos desde condiciones fisicoquímicas del agua en los puntos en que se midió hasta la diversidad de puntos en donde las concentraciones varían por lo que es difícil establecer un patrón de estacionalidad bien porque no se puede medir por las condiciones explicadas o porque no lo hay. Este punto debería estudiarse con mayor profundidad estableciendo parámetros de evaluación más estables tales como evaluar al menos 10 puntos similares en diferentes años. Adicionalmente, analizando los resultados de todos los valores obtenidos en los diferentes periodos y puntos de muestreo, los resultados nos indican que los valores obtenidos en un punto no son representativos para los valores que se pueden obtener en otro punto de la red.

En un estudio efectuado en varios hospitales (Bonet Ivars, 2011) sobre la variabilidad de las concentraciones de *Legionella* según el tamaño muestral, para el estudio de concentraciones y relación con la variabilidad del inóculo según los puntos de

muestreo, dio como resultado que todos los hospitales tenían cierto grado de colonización y que aunque hayan variado los inóculos en un mismo o distintos muestreos la concentración no es representativa de un punto a otro de la red.

Diferenciados por circuito de AFCH y ACS durante el periodo 2016 a 2022 en todo el HCUVA predominaron los resultados positivos en los circuitos de ACS, llegando algunos años a ser el doble o triple respecto a los positivos en circuitos de AFCH. Esto apunta a que el mayor riesgo de proliferación de *Legionella* en las instalaciones corresponde a estos circuitos de ACS. En este sentido el mayor número de positivos en el mismo periodo en el pabellón HG correspondió a los circuitos de retorno, indicando un total de 39 positivos frente a 12 en circuitos de AFCH. Lo cual apunta en el mismo sentido, ya que los circuitos de retorno son los que más dificultades hidráulicas tienen. A partir de la información anterior se pudo establecer la ubicación de los puntos de muestreo en el estudio de la efectividad de las medidas extraordinarias de limpieza efectuadas en el año 2019, eligiendo los circuitos de ACS y retorno para tal fin, ya que dichos antecedentes apuntan a un mayor riesgo de existencia de *Legionella* en los mismo y por lo tanto eran los puntos más desfavorables o críticos (Astier et al., 2000; Macias Macias, 2006).

Dado que existe un rango óptimo de temperatura para el crecimiento de la bacteria parece lógico inducir que en las redes de ACS sea donde mayor probabilidad existe de proliferación de la bacteria, especialmente en aquellos tramos o circuitos donde se encuentra un déficit de circulación y entra en el rango óptimo de crecimiento, frente a los circuitos de AFCH que usualmente están por debajo de una temperatura óptima para su

crecimiento y replicación. En estudios efectuados por PHE ⁵ se han encontrado que los sistemas de agua calientes son un punto crítico para la proliferación de la bacteria, encontrando mayor prevalencia de *Legionella* en sistemas de ACS en comparación con sistemas de AFCH, debido a la mayor correlación entre la temperatura del agua y la presencia de la bacteria, con niveles más altos en ACS. En otro estudio (Hernández González, 2021) se pudo comprobar que el principal reservorio de la *Legionella* es el medio acuático artificial, en el rango de temperaturas entre 25 C y 42 C°. (Forján Lozano et al., 2016). No obstante cabría indicar que las temperaturas del AFCH en Inglaterra difieren del rango de temperaturas de la zona del Levante Español, donde en especial en épocas calidas, que predominan la mayor parte del año, el rango de temperatura de los sistemas de agua potable de AFCH pueden alcanzar el umbral de crecimiento óptimo de la bacteria, y por lo tanto no es de extrañar el elevado número de resultado positivos a la bacteria en las muestras ambientales de los circuitos de AFCH (Astier et al., 2000).

6.2. Actuaciones del año 2019

En el año 2019, a causa de las actuaciones del plan de contingencia para evitar la continuidad de la situación de brote declarado en el pabellón HG, se ejecutaron actuaciones de reparación y limpieza fisicoquímica de las verticales que daban servicio de agua sanitaria a las dependencias de hospitalización del pabellón HG. Las acciones correctoras previas, después de la inspección visual de la red de fontanería que daba servicio a las zonas de hospitalización, consistió en retirar y cambiar todos aquellos tramos que fueron viables técnicamente y que peor estado presentaban, así como de retirar

⁵ Public Health England (PHE). (<https://www.gov.uk/government/organisations/public-health-england>)

aquellos tramos sin servicio, eliminar puntos de servicio que no eran necesarios y que tenían una deficiente red de retorno. Aunque es difícil poder obtener la conclusión de como influyeron estas acciones previas en los resultados finales todo apunta a que ayudaron a mejorar las condiciones de equilibrio hidráulico, y por lo tanto a la consecución y mantenimiento de condiciones de temperatura y cloro adecuadas.

En un estudio efectuado en el hospital Juan Ramón Jiménez en el año 2003 (Macías et al., 2020) consistente en el estudio de las actuaciones de renovación de la red de fontanería antigua, que presentaba unas analíticas con valores altos de *Legionella spp*, a pesar de los continuos choques térmicos y químicos, por otra nueva red con materiales nuevos y más resistentes (acero inoxidable) con menor tendencia a formar biofilm, se concluyó en una drástica disminución en la población de *Legionella spp* en el hospital.

Nuestro estudio se centró en el área de hospitalización de P+2 a P+7 del pabellón HG, ya que es aquí donde mayor número de positivos se obtuvieron, y que fue el origen de la declaración de situación de brote indicada anteriormente (Portero & Mesonero, 2006). El estudio podría haberse centrado en otros edificios con declaración de brote anteriormente (Anatomía Patológica, y posteriormente en Hospital de Día). Como característica de interés, estos edificios eran los originales de la construcción del complejo hospitalario del año 1975, y conservaban las instalaciones antiguas. Las medidas adoptadas en los otros edificios con mucho menor volumen de edificación y complejidad y no albergar hospitalización permitieron actuaciones distintas. En esos casos se procedió a anular las instalaciones existentes de la red de agua potable sustituyéndose por una nueva red solo de AFCH y limitando el servicio de agua a los puntos necesarios para la actividad asistencial. La complejidad del pabellón del HG y el uso de sus dependencias

hizo inviable esta solución como medida de control y se tuvo que optar por actuaciones compatibles con la actividad asistencial.

Tras el tratamiento se observó una disminución significativa de los puntos infectados a partir del 2020, en donde hubo con respecto al 2019 una disminución de 20 puntos positivos. Sin embargo, la diseminación de esta bacteria no se ha eliminó del todo continuando presente la infección en fechas posteriores hasta el día actual. De hecho, en 2021, se encontraron un total de 40 puntos positivos en diferentes sitios del hospital. Esta cifra representó un aumento de 20 en el número de puntos positivos con respecto al año anterior. Posiblemente esto se deba a que la bacteria se había diseminado a puntos distintos de los intervenidos entre 2019 y 2020 sin detectarse por pruebas convencionales.

El diseño de medición de los parámetros se hizo incluyendo aquellos de los que se tenían los recursos técnicos disponibles y fiables, con equipamiento calibrado y verificado. Se opto por parámetros que habitualmente se controlaban ya en la instalación y de los que la reglamentación nos indicaba que eran indicadores fiables para controlar la instalación, de ahí que se optara y priorizara medir valores de temperatura y nivel de cloro en ACS (Pastor et al., 2022).

El análisis de correlación mostró que la presencia de *Legionella* se asociaba con todos los parámetros fisicoquímicos evaluados, tales como temperatura en donde se encontró una correlación inversa entre la presencia de *Legionella* medida por qPCR con el tiempo en alcanzar los 50 ° C, temperatura alcanzada a los 5 minutos con grifo abierto en punto de muestreo, nivel de cloro alcanzado al minuto de tener el grifo abierto, nivel de cloro alcanzado a los 5 minutos de tener el grifo abierto. Estos resultados confirman la

importancia del control de la temperatura y de la cantidad de cloro en agua para eliminar la bacteria del sistema.

En un trabajo similar (Gavaldà Mestre et al., 2016) se evaluó la eficacia a largo plazo del control de la temperatura en los edificios hospitalarios. Durante un período de 8 años, se muestreó mensualmente el agua caliente de un gran edificio hospitalario en áreas con adecuado dimensionamiento y recirculación y en áreas con tramos muertos y grifos de bajo uso. En las primeras áreas, el porcentaje de muestras *Legionella* negativas fue del 83,2 % cuando la temperatura era ≥ 55 °C, del 64,9 % entre 50,1 °C y 54,0 °C, y del 51,6 % cuando ≤ 50 °C (p para tendencia $< 0,001$). En el grupo de temperatura más alta, no se observaron muestras con ≥ 103 ufc/L. En áreas mal diseñadas, solo el 44,7% de las muestras fueron negativas y el 28,9% presentó ≥ 103 ufc/L aunque alcanzando los 55°C. En estas áreas, el análisis multivariado mostró que, si los suministros de agua caliente no se usaban a diario, el riesgo de colonización de *Legionella* era más del doble (odds ratio: 2,84; intervalo de confianza del 95 %: 1,26–6,41), y el riesgo de encontrar *Legionella* concentraciones ≥ 103 ufc/L fue más del triple (odds ratio: 3,18; intervalo de confianza del 95 %: 1,36–7,46), independientemente de la temperatura. Estos hallazgos indican que la efectividad de mantener el agua caliente sanitaria a una temperatura mínima de 55°C es significativamente mejor que a 50°C para el control ambiental de *Legionella*, pero solo en instalaciones con un dimensionamiento y recirculación adecuados (Gavaldà Mestre et al., 2016). En instalaciones que no cumplen estas condiciones, las altas temperaturas por sí solas resultan en un control insuficiente. Por lo tanto, es necesario establecer en forma de diagrama cuales son las líneas de distribución de mayor y menor uso, y establecer en el hospital un control diferencial de la temperatura acorde con este parámetro (Gavaldà Mestre et al., 2016).

En otro se demostró que debido a la incidencia de la infección por *Legionella*, la vigilancia activa de la contaminación por *Legionella* en todo el hospital sirvió para bajar la diseminación de la bacteria (Cordes et al., 1981). Los cultivos de sus muestras ambientales revelaron que el agua caliente de dos baños estaba contaminada con *Legionella*. En este hospital, el agua caliente se calienta y se bombea en el techo y se distribuye a cada habitación. Los baños contaminados estaban relacionados con la misma red de distribución.

Por lo tanto, se tomaron muestras adicionales en todo el sistema de agua caliente. No se detectó *Legionella* en la parte central del sistema. Sin embargo, se detectó también *Legionella* en el agua caliente muestreada de otras cinco habitaciones, que también estaban asociadas con la misma red de tuberías de distribución de los dos baños. Se descubrió que la temperatura y la concentración de cloro del agua caliente no eran lo suficientemente altas como para inactivar la *Legionella* al final de las redes de distribución. Después del ajuste de la temperatura del agua y la concentración de cloro, la *Legionella* se volvió indetectable (D. W. Fraser et al., 1977). La rápida y activa vigilancia identificó exitosamente las tuberías del sistema de agua caliente como la fuente de contaminación de *Legionella* y se tomaron las medidas pertinentes, las mismas propuestas en este trabajo para evitar futuros brotes.

En otro estudio (Luis González Sosa et al., 2022), se analizó la colonización de las redes hidráulicas y sistemas que utilizan agua, comprobando la presencia de *Legionella* en los reservorios ambientales de las instalaciones industriales, predominando los aislamientos identificados *Legionella pneumophila*, en particular los serogrupos 2-4, aunque también fueron aisladas otras especies. En este estudio se demostró la existencia

de factores de riesgo, que permiten la supervivencia, multiplicación y colonización de *Legionella*. Demostrando que el incumplimiento de la temperatura del ACS fue el principal factor de riesgo encontrado predominando los grifos y duchas como los reservorios con mayor presencia del microorganismo. La detección temprana de los factores de riesgo y de la presencia de la bacteria permitió adoptar medidas de control en las instalaciones para prevenir la ocurrencia de casos de legionelosis.

Se encontró una correlación inversa entre los niveles de ATP y la cantidad de cloro medida en un minuto de agua corriente. La medición de ATP es un indicador directo del número total de microorganismos presentes en una muestra de agua. Como se sabe, *Legionella* no crece bien como organismo libre y su desarrollo óptimo tiene lugar dentro de las amebas y de otros protozoarios de vida libre que le proporcionan los nutrientes necesarios para su replicación. A su vez los protozoos se asocian en lo que se conoce como biopelículas que constituyen verdaderas comunidades de microorganismos dentro de una matriz de gel hidratada que se adhiere a una superficie húmeda, sedimentos y otras superficies sólidas que contengan algún tipo de material orgánico e inorgánico. De ahí la importancia de este hallazgo. Los resultados indican que hay una disminución importante de la biomasa en general en presencia de concentraciones adecuadas de cloro, dificultando así la replicación de la bacteria y su diseminación en el sistema.

El ATP (trifosfato de adenosina) es el nucleótido básico para la adquisición de energía celular. Es la molécula portadora de energía más importante para todos los seres vivos desde formas de vida unicelular al hombre siendo considerada la biomolécula esencial universal. Esto hace que la medición de ATP sea un indicador directo del número total de microorganismos presentes en una muestra de agua. Los resultados del análisis

microbiológico tradicional del monitoreo de la calidad del agua en los análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC) a menudo dependen de la habilidad y experiencia del operador y la calidad del recurso utilizado. Puede ser hasta de 30% de variación en unidades formadoras de colonias dependiendo de los medios de cultivo y de las condiciones de la toma de muestra. Además, la capacidad real de crecimiento de distintos tipos de microorganismos en medios convencionales aumenta el sesgo de los métodos tradicionales. Las pruebas convencionales no detectan microorganismos inmaduros durante el período de incubación, por lo que tampoco pueden detectarse en las rutinas microbiológicas. Por ejemplo, organismos estresados, microbios con un crecimiento natural muy lento (más largo que el tiempo de incubación promedio) o aquellos que no son cultivables en agares disponibles comercialmente.

Aunque muchos de estos inconvenientes son resueltos con la técnica ultrasensible de PCRq. Sin embargo, incluso el uso de PCR no detecta otro tipo de microorganismos relacionados que también pueden influir sobre la calidad del agua. Por ejemplo, microorganismos anaerobios, vegetativos, formadores de biopelículas y aquellos que son generadores de biocorrosión, los cuales no siempre se detectan de forma rutinaria. De ahí la importancia de este hallazgo.

Similar a lo encontrado en el agua corriente en 1 min, a los 5 min, según datos de Tabla 40 y 41, se encontró una correlación negativa de los niveles de cloro con los niveles de ATP. Por lo explicado anteriormente esta correlación indica que la presencia de cloro en el agua impide la formación de microorganismos. El cATP es un buen marcador de la biomasa presente en el agua que correlaciona con parámetros que afectan el crecimiento de las bacterias.

El estudio de correlación entre los resultados de los valores de presencia de *Legionella* medida por técnicas de PCR y los niveles de concentración de cloro medida en los mismos puntos, indico que no existe en este caso una asociación entre estos dos valores en el mismo circuito de ACS. Esto podría ser motivado por no tener unas concentraciones de cloro en los sistemas de agua del hospital con niveles suficientemente adecuados para cumplir con los niveles mínimos para mantener el agua del hospital libre de *Legionella*.

A diferencia de otros trabajos en los que se ha informado que el aumento de las concentraciones de biomasa conduce a un mayor número de *Legionella*, en este trabajo no se encontró ninguna correlación entre la presencia de *Legionella* y los niveles de ATP. Esto puede significar que cantidades pequeñas de biomasa que reflejan los niveles de ATP son suficientes para que crezca la bacteria no necesariamente estableciendo una relación proporcional.

En un trabajo previo en donde *Legionella pneumophila* se cultivó en un sistema modelo de agua caliente con tuberías de cobre (Cu), acero inoxidable (SS) y polietileno reticulado (PEX) durante la recirculación de agua del grifo a 25–35 °C se demostró que esta bacteria *Legionella* puede sobrevivir y multiplicarse en concentraciones de biopelícula tan bajas como 500 pg ATP/cm² (<0,12 µg C/m²) en tuberías con una alta tasa de reemplazo de volumen y temperaturas del agua que oscilan entre 30 y 37 °C (Giesecke, 2016). Las proporciones de *Legionella* a ATP en el agua tenían valores medianos de alrededor de 0,8 CFU/pg. El lavado con agua caliente (70 °C) de las tuberías el día 552, seguido de 2 semanas de recirculación a 37 °C, provocó un fuerte aumento de

las concentraciones de ATP (hasta 300 ng/l) y *Legionella* (>107 CFU/l), con alrededor de 100 UFC/pg ATP (Giesecke, 2016).

En otros trabajos (Gea-Izquierdo & Loza-Murguía, s. f.; Gea-Izquierdo, 2012) (Gea-Izquierdo & Loza-Murguía, 2012) se investigó la formación de biopelículas en las superficies de vidrio y cloruro de polivinilo clorado (CPVC) en contacto con agua del grifo a una temperatura de 34 a 39 °C en condiciones hidráulicas controladas en un sistema modelo inoculado con *L. pneumophila* cultivada en biopelículas. La biopelícula sobre vidrio (concentración promedio en estado estacionario, 23 ± 9 pg ATP cm⁻²) expuesta a agua subterránea aeróbica tratada (0,3 mg /Lt⁻¹; 1 µg de carbono orgánico asimilable [AOC] por litro⁻¹) no promovió el crecimiento del microorganismo, que también desapareció de la biopelícula en CPVC (49 ± 9 pg ATP cm⁻²) después del crecimiento inicial. *L. pneumophila* alcanzó un nivel de 4,3 log CFU cm⁻² en las biopelículas sobre vidrio (1055 ± 225 pg ATP cm⁻²) y CPVC (2755 ± 460 pg ATP cm⁻²) expuestas a agua subterránea anaeróbica tratada (7,9 mg C litro⁻¹; 10 µg AOC litro⁻¹) (van der Kooij et al., 2017). Estos trabajos señalan las condiciones en las cuales se forman las biopelículas que favorecen el crecimiento de *Legionella* y que las concentraciones de ATP son un parámetro útil para medir la extensión de estas biopelículas. Estos resultados son coherentes con los del presente trabajo señalando que el organismo prolifera en biopelículas en superficies expuestas a agua tibia sin desinfectante. Por lo tanto, las medidas de control en las instalaciones de agua caliente del grifo son esenciales para prevenir el crecimiento de esta bacteria.

En otro trabajo (Pérez Rodríguez, 2023), que validaba a nivel de laboratorio un método de identificación de biomarcadores propios de bacterias viables con adenosín

trifosfato (ATP) mediante un ensayo comercial de bioluminiscencia se consiguió detectar la presencia de *L. pneumophila* en agua inoculada hasta una concentración del orden de magnitud de 10² células/mL, y al estudiar la correspondencia con la concentración bacteriana viable obtenida mediante epifluorescencia, se obtuvo una correlación positiva. El método de extracción de ATP que mejores resultados aportó fue la lisis por ebullición, consiguiendo extraer un promedio de un 74,3 % de ATP en *L. pneumophila*. Por tanto, se propuso al ATP como biomarcador asociado a la presencia bacteriana el desarrollo de un sensor acústico que permita la detección temprana de bacterias en aguas.

El método de referencia para *Legionella spp* está basado en la norma UNE-EN ISO 11731 el cual tiene una baja sensibilidad, en parte de la naturaleza de la bacteria, que es difícil de cultivar en un ambiente selectivo, su capacidad para lograr un cultivo viable no cultivable (VBNC) en condiciones estresantes (tratamiento térmico o con desinfectantes) y dificultades para aislar bacterias de muestras que contienen grandes cantidades de microbiota asociada. En el estado VBNC, *Legionella* no puede crecer en medios sintéticos, pero sigue siendo viable y, por lo tanto, infecciosa. Los resultados observados confirman el hecho de que los avances en los métodos de detección molecular y especialmente la llegada de la PCR cuantitativa en tiempo real (qPCR) mejoraron considerablemente la detección de *Legionella*, ya que es mucho más sensible que el cultivo. Esta tecnología facilita la detección más rápida sin necesidad de cultivo, reduciendo así el tiempo de prueba a aproximadamente 5 minutos.

Para la PCR en tiempo real con el fin de detectar y cuantificar *Legionella* se usan sondas SYBR Green y TaqMan. Sin embargo, aunque la qPCR permite reducir el tiempo de análisis posee un gran inconveniente, la imposibilidad de diferenciar entre el ADN de

células viables y por tanto infectivas, y el ADN procedente de células muertas o no viables. Para poder identificar mediante qPCR únicamente ADN de células viables presentes en la muestra y no sobreestimar la presencia de las mismas, esta técnica se combina con agentes intercalantes de ADN como la monoazida de propidio (PMA), que es un tinte fotorreactivo con una alta afinidad para unirse al ADN, principalmente ADN de doble cadena. La membrana celular es impermeable al PMA, por lo que el PMA se une selectivamente al ADN de las células que tienen las membranas dañadas. El PMA se une al ADN a través de un enlace covalente nitrógeno-carbono estable. Esta modificación del ADN inhibe la actividad de la polimerasa, por lo que el ADN de las células unidas no viables no se amplifica en la qPCR. Este método es sensible y preciso en la evaluación de la presencia de *Legionella*.

La técnica de PCR en nuestro estudio fue muy sensible en la detección de la bacteria incluso en sitios en donde no se había detectado previamente utilizando técnicas de cultivo correspondiendo las áreas críticas contaminadas por *Legionella* de acuerdo con la prueba de PCR con las áreas en donde la temperatura alcanzada a los 5 min con el grifo abierto es <50°C, a excepción de un punto (área administrativa de vestuario izquierda) en que la temperatura alcanzada a los 5 min fue de 56°C. No hubo una relación significativa entre las pruebas de PCR y los valores de cloro alcanzados al minuto.

Los resultados indican que la temperatura es un factor contribuyente al crecimiento de la *Legionella* y que la bacteria podría ser resistente a la concentración de cloro. Conocer el mapa de riesgos identificando las zonas más críticas permitió adoptar medidas organizativas internas con los servicios médicos y quirúrgicos para la ubicación de los

pacientes con mayor perfil de riesgo (especialmente inmunodeficiencia) en las zonas de hospitalización con menor riesgos.

Sin embargo, falta información de las áreas correspondientes a los pabellones quirúrgicos y de los servicios clínicos, pues el objetivo principal de la actuación de urgencia era el área de hospitalización, que correspondía a la zona más crítica por el tiempo de permanencia de los pacientes y que podían influir directamente en pacientes y que era donde teníamos los datos de desviaciones analíticas disponibles. Aunque con posibilidad de complementar este estudio nos ha aportado una información más precisa de donde se debe actuar con rapidez en la instalación: Modificación de ramales y puntos muertos, evitando los mismos, modificación de frecuencias de uso, hábitos, etc. para evitar la propagación de la bacteria entre otras medidas (como temperatura, cloro) y en que verticales actuar con prioridad en la limpieza

No se ha podido establecer una equivalencia exacta de los resultados analíticos obtenidos por el método de cultivo, que se expresan en número de unidades formadora de colonias por litro de muestra (u.f.c./L) y los resultados obtenidos por técnicas por métodos de biología molecular, los cuales expresan los resultados en unidades genómica (U.G.) (Marín Enériz, 2020). Los resultados dependen del método utilizado y de la composición de la muestra. Como dificultad añadida en los resultados obtenidos con las técnicas moleculares, encontramos la posible aparición de inhibidores de PCR en las muestras de agua ambiental que pueden afectar a las lecturas de qPCR dando resultados falsos negativos (Cuenca, 2006). Para obviar este último punto, existen sistemas como diluciones de extracto de ADN o el uso de kits específicos donde están presentes eliminadores de inhibidores (Escobar Villalobos, 2021).

La técnica PCR puede detectar las formas viables, pero no cultivables (VBNC) porque detecta el ADN bacteriano (Broch & Rodríguez, 2013). Esta característica también juega en contra de la qPCR porque muchas veces los resultados se tienden a sobreestimar (identificando tanto bacterias vivas como muertas) respecto al cultivo (donde solo se identifican las células vivas) (Soriano Ponce et al., 2013). Cabe mencionar una técnica reciente que se ha desarrollado para intentar resolver el problema de las PCR visto anteriormente, es decir, que no distinguen las células vivas de las muertas. La Viability-qPCR utiliza el criterio de la integridad de la membrana celular para diferenciar una célula viva de una muerta. Una célula con membrana dañada se considera muerta, pero no necesariamente vale lo contrario (Vega Castaño, 2015).

Para diferenciar las células con la membrana dañada de las que no la tienen se utilizan colorantes (PMA - monoazida de propidio- o EMA -bromuro de monoazida de etidio-) que penetran en las células con la membrana no íntegra, reaccionan con el ADN bacteriano de manera que se inactiva y no es posible amplificarlo en la reacción PCR. También esta técnica tiene sus limitaciones, como falsos positivos debido a la presencia de niveles altos de suspensión de sólidos en la muestra de agua o que el colorante no pueda penetrar en las células sobrestimando el número de células vivas (Cardenas Jimenez, 2013).

Desde el punto de vista diagnóstico, el cultivo, primer método utilizado para la detección de *Legionella* y considerado actualmente el método de referencia, tiene tiempos de respuesta muy largos llegando a tardar hasta 8-10 días. Además, hay que tener en cuenta, como se ha explicado en detalle anteriormente, las limitaciones de este

método como la infraestimación del nivel de *Legionella* en presencia de flora interferente o por la presencia de formas viables, pero no cultivables, aparte de ser un método que requiere precauciones especiales dado el material potencialmente infeccioso que se manipula. Esta lentitud en obtener los resultados por la técnica de cultivo hace muy difícil poder detectar variaciones en la carga de *Legionella* en la red de distribución del agua sanitaria que se producen en pocos días, siendo este un problema para la salud de los usuarios. Las instalaciones de muchos hospitales son viejas, y este factor hace que el material fruto de la corrosión tenga el efecto de inactivar ciertos biocidas y servir como nutriente para la *Legionella*. Esto hace que haya un aumento del riesgo de legionelosis por aumento del número de bacterias en la tubería, junto a una pérdida de detectabilidad de la *Legionella* a causa del efecto enmascarador de la microbiota interferente (Knobelsdorf & Mujeriego, 1997). Por ello la prueba diagnóstica de la *Legionella* juega un papel esencial en la evaluación del riesgo y en el control del agua en un centro sanitario, y el cultivo imposibilita una gestión eficaz del riesgo por todo lo anteriormente expuesto.

6.3. Tráferencia de resultados

Este estudio tiene implicaciones prácticas directas sobre la gestión del control de *Legionella* en las instalaciones de un centro sanitario, especialmente un hospital de gran volumen, debiendo tener en cuenta la importante de mantener y monitorizar los correctos valores de parámetros de temperatura y cloro en toda la red de agua sanitaria, correcta homogenización de ambos parámetros en dicha red y adecuado funcionamiento de los

retornos, implicando el control de las reformas y nuevas instalaciones, o necesidad de reformas de las actuales.

Estas conclusiones son prácticas y de inmediata aplicación a un centro hospitalario y al HCVUVA, las cuales han sido puesta en marcha en los posteriores programas de mantenimiento y gestión del control de la *Legionella* en el hospital, cuya aplicación han ayudado a minimizar el riesgo de colonización por *Legionella*.

Destacar que, de la necesidad de monitorizar y conocer los parámetros del agua del hospital, así como a reestructurar la instalación, posteriormente a este estudio, se ha ido adoptando varias medidas ya implantadas en las fases previas, y que se indican como propuestas en el siguiente punto de líneas de investigación y actuación.

6.4. Líneas de investigación y actuación

De la experiencia adquirida en los procedimientos realizados en el año 2019 y del análisis de los datos obtenidos se plantean varias líneas de actuación e investigación que están en avanzado estado de desarrollo e implantación en el HCUVA, y que se pueden resumir en los siguientes seis epígrafes:

- 1) Actuaciones en el sistema de producción central de ACS, con un redimensionamiento de la capacidad de producción, almacenamiento y de control de parámetros.
- 2) Renovación total de toda la red de AS (AFCH y ACS) y sistema de producción local de ACS, en el edificio pabellón HG.

- 3) Implementar sistemas de sensores para la monitorización en continuo (presión, temperatura, pH, redox, caudal, biofilm, etc.) en todas las redes de AS del HCUVA, con explotación de datos en BMS, BIM, GMAO y asociado a algoritmos de predicción.
- 4) Incorporar de medidas de control en continuo de resultados de *Legionella* por técnicas qPCR en línea.
- 5) Evaluar el comportamiento de redes de AS según materiales instalados y biofilm producido asociado a cada una de estas redes.
- 6) Realizar la tipificación molecular según tipo de material de redes existentes, con conocimiento de patrones genéticos, para adaptación de medidas de control específicas, tipo *ad doc*.

CONCLUSIONES

7. Conclusiones

Primera

Los hospitales de tercer nivel con instalaciones complejas con muchos años de uso, que durante su ciclo de vida han sido objeto de múltiples reformas, ampliaciones, cambios de uso, una vez que se han colonizado por *Legionella* no se consigue su erradicación aunque se haga correctamente el mantenimiento técnico legal descrito por la normativa vigente.

Segunda

Los hospitales de tercer nivel, con un alto grado de antigüedad, complejidad y deterioro, presentan situaciones de elevado desequilibrio hidráulico que hace que los tratamientos químicos y térmicos tradicionales no sean medidas eficaces, necesitando intervenciones de reformas, reparaciones y sustituciones de elementos de la instalación, así como tratamientos fisicoquímicos más severos para poder volver a recuperar condiciones donde los tratamientos frente a la *Legionella* sean más eficaces.

Tercera

La medición y control de parámetros en el agua, como temperatura, nivel de cloro, tiempos de consecución de ambos parámetros y niveles de ATP en puntos terminales son herramientas esenciales de cara al control del crecimiento de *Legionella*.

Cuarta

La inclusión de técnicas muy sensibles, como el análisis de *Legionella* por PCR y PCRq, como complemento a la técnica de cultivo del microorganismo aportan información de gran interés para poder obtener un mapa de riesgo y como indicadores de alerta temprana para una actuación proactiva en la prevención de la legionelosis.

Quinta

Según los resultados obtenidos de la correlación de las variables medidas en las instalaciones de agua sanitaria del hospital en nuestro estudio las medidas más eficaces para controlar el crecimiento y proliferación de *Legionella* en las instalaciones son mantener unos niveles adecuados de temperatura y cloro.

BIBLIOGRAFIA

8. Bibliografía

- Aaron J. Colangelo, G. T. M. I. D. W. R. (2005). Waterborne Nosocomial Outbreak of Legionnaires Disease: Lessons From a New Paradigm in Public Health Law. *Journal of Environmental Health*.
- Abu Khweek, A., & Amer, A. O. (2018a). Factors mediating environmental biofilm formation by *Legionella pneumophila*. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 8, 1-10. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2018.00038>
- Ács, N., Gambino, M., & Brøndsted, L. (2020). Bacteriophage Enumeration and Detection Methods. En *Frontiers in Microbiology* (Vol. 11). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.594868>
- Al-Bana, B. H., Haddad, M. T., & Garduño, R. A. (2014). Stationary phase and mature infectious forms of *Legionella pneumophila* produce distinct viable but non-culturable cells. *Environmental Microbiology*, 16(2), 382-395. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12219>
- Alva, R. Á., & Morales, P. K. (2017). *Salud pública y Medicina Preventiva*. Editorial El Manual Moderno.
- Ángel Villasís-Keever, M., Guadalupe Miranda-Novales, M., & Dra María Guadalupe Miranda Novales, C. (2016). metodología de la investigación. *Rev Alerg Méx*, 63(1), 80-90. www.nietoeditores.com.mx
- Angela Magnet Dávila. (2015). Epidemiología y diagnóstico de amebas de vida libre implicadas en salud humana.
- Appelt, S., & Heuner, K. (2017). The flagellar regulon of *Legionella*-A review. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 7, 1-13. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2017.00454>

- Astier, P., Gost, J., Redín, J. M., Manrique, A., Lameiro, F. J., & Echeverría, J. M. (2000a). Programa de minimización de riesgos biológicos asociados a la infraestructura hospitalaria: funciones, actividades y responsabilidades. En ANALES Sis San Navarra (Vol. 23, Número 2).
- Autodesk. (2024). AutoCAD.
- Autodesk. (2024). Revit 2024.2.
- Balczun, C., & Scheid, P. L. (2017). Free-living amoebae as hosts for and vectors of intracellular microorganisms with public health significance. *Viruses*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/v9040065>
- Bartley, P. B., Ben Zakour, N. L., Stanton-Cook, M., Muguli, R., Prado, L., Garnys, V., Taylor, K., Barnett, T. C., Pinna, G., Robson, J., Paterson, D. L., Walker, M. J., Schembri, M. A., & Beatson, S. A. (2016). Hospital-wide eradication of a nosocomial *Legionella pneumophila* serogroup 1 outbreak. *Clinical Infectious Diseases*, 62(3), 273-279. <https://doi.org/10.1093/cid/civ870>
- Bartram, J., Chartier, Y., Lee, J. V., Pond, K., & Surman-Lee, S. (Eds.). (2007). *Legionella and the Prevention of Legionellosis*. World Health Organization.
- Beauté, J. (2017). Legionnaires' disease in Europe, 2011 to 2015. *Eurosurveillance*, 22(27), 1-8. <https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2017.22.27.30566>
- Beauté, J., Zucs, P., & de Jong, B. (2012). Risk for travel-associated Legionnaires' disease, Europe, 2009. *Emerging Infectious Diseases*, 18(11), 1811-1816. <https://doi.org/10.3201/eid1811.120496>
- Bédard, E., Paranjape, K., Lalancette, C., Villion, M., Quach, C., Laferrière, C., Faucher, S. P., & Prévost, M. (2019). *Legionella pneumophila* levels and sequence-type distribution in hospital hot water samples from faucets to connecting pipes. *Water Research*, 156, 277-286. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.03.019>

- Bengtsson, L., Lu, X., Thorson, A., Garfield, R., & von Schreeb, J. (2011). Improved response to disasters and outbreaks by tracking population movements with mobile phone network data: A post-earthquake geospatial study in haiti. *PLoS Medicine*, 8(8), 1-9. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001083>
- Blatt, S. P., Parkinson, M. D., Pace, E., Hoffman, P., Dolan, D., Lauderdale, P., Zajac, R. A., & Melcher, G. P. (1993). Nosocomial legionnaires' disease: Aspiration as a primary mode of disease acquisition. *The American Journal of Medicine*, 95(1), 16-22. [https://doi.org/10.1016/0002-9343\(93\)90227-G](https://doi.org/10.1016/0002-9343(93)90227-G)
- BOE-A-2003-3501 Orden SCO/317/2003, de 7 de febrero, por la que se regula el procedimiento para la homologación de los cursos de formación del personal que realiza las operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario de las instalaciones objeto del Real Decreto 909/2001, de 27 de julio. (s. f.). Recuperado 19 de febrero de 2024, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-3501>
- BOE-A-2003-3596 Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. (s. f.). Recuperado 19 de febrero de 2024, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-3596>
- BOE-A-2003-14408 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. (s. f.). Recuperado 19 de febrero de 2024, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2003-14408>
- BOE-A-2022-10297-consolidado.
- Bonet Ivars, V. (2011). Estudio sobre la presencia de *Legionella*. <http://www.pdf4free.com>

- Boudarel, H., Mathias, J. D., Blaysat, B., & Grédiac, M. (2018). Towards standardized mechanical characterization of microbial biofilms: analysis and critical review. *npj Biofilms and Microbiomes*, 4(1). <https://doi.org/10.1038/s41522-018-0062-5>
- Brenner, D. O. N. J., STEIGERWALT, A. G., & McDADE, J. E. (1979). Classification of the Legionnaires' Disease Bacterium: *Legionella pneumophila*, genus novum, species nova, of the Family *Legionellaceae*, familia nova. *Annals of Internal Medicine*, 90(4), 656-658. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-90-4-656>
- Broch, B. B., & Rodríguez, G. (2013). Nuevo alcance de un test rápido para determinación de *Legionella sp* viable en aguas.
- Bull, M., Hall, I. M., Leach, S., & Robesyn, E. (2012). The application of geographic information systems and spatial data during Legionnaires' disease outbreak responses. *Eurosurveillance*, 17(49). <https://doi.org/10.2807/ese.17.49.20331-en>
- Caminati Briceño, A., & Caqui Febre, R. C.. Análisis y diseño de sistemas de tratamiento de agua para consumo humano y su distribución en la Universidad de Piura. Recuperado 19 de marzo de 2024, de <https://hdl.handle.net/11042/1738>
- Cardenas Jimenz, M. (2013). Validación de un nuevo método molecular para el estudio de la viabilidad celular en *Legionella pneumophila* en muestras ambientales.
- Cooley, L. A., Pondo, T., Francois Watkins, L. K., Shah, P., & Schrag, S. (2020). Population-based assessment of clinical risk factors for legionnaires' disease. *Clinical Infectious Diseases*, 70(11), 2428-2431. <https://doi.org/10.1093/cid/ciz771>
- Cordes, L. G., Wiesenthal, A. M., Gorman, G. W., Phair, J. P., Sommers, H. M., Brown, A., Yu, V. L., Magnussen, M. H., Meyer, R. D., Wolf, J. S., Shands, K. N., & Fraser, D. W. (1981). Isolation of *Legionella pneumophila* from hospital shower heads. *Annals of Internal Medicine*, 94(2), 195-197. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-94-2-195>

- Croize, J. (s. f.). The Philly Killer: Emergence of *Legionella pneumophila*, a ubiquitous environmental bacterium. Encyclopedia of the Environment.
- Cuenca, V. C. (2006). La técnica de PCR: ¿En qué fase de desarrollo técnico se encuentra? <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/301>
- David, S., Sánchez-Busó, L., Harris, S. R., Marttinen, P., Rusniok, C., Buchrieser, C., Harrison, T. G., & Parkhill, J. (2017a). Dynamics and impact of homologous recombination on the evolution of *Legionella pneumophila*. PLoS Genetics, 13(6), 1-21. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1006855>
- De Giglio, O., Diella, G., Lopuzzo, M., Triggiano, F., Calia, C., Pousis, C., Fasano, F., Caggiano, G., Calabrese, G., Rafaschieri, V., Carpagnano, F., Carlucci, M., Gesualdo, L., Ricci, M. L., Scaturro, M., Rota, M. C., Bonadonna, L., Lucentini, L., & Montagna, M. T. (2020). Impact of lockdown on the microbiological status of the hospital water network during COVID-19 pandemic. Environmental Research, 191. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110231>
- Dey, A. (2021). Legionnaires' disease Annual Epidemiological Report for 2021 Key facts.
- Directive 98/8/CE, European Council Biocidal Products.
- Ditommaso, S., Giacomuzzi, M., Gentile, M., & Zotti, C. M. (2008). Antibody detection and cross-reactivity among species and serogroups of *Legionella* by indirect immunofluorescence test. Journal of Microbiological Methods, 75(2), 350-353. <https://doi.org/10.1016/J.MIMET.2008.06.002>
- Donohue, M. J., O'Connell, K., Vesper, S. J., Mistry, J. H., King, D., Kostich, M., & Pfaller, S. (2014). Widespread molecular detection of *Legionella pneumophila* serogroup 1 in cold water taps across the United States. Environmental Science and Technology, 48(6), 3145-3152. <https://doi.org/10.1021/es4055115>

- Dorrnsoro Dorronsoro, M., & Vicente Pardo, J. M. (2014). La legionelosis como enfermedad profesional: metodología de valoración. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 60(235), 358-369. <https://doi.org/10.4321/S0465-546X2014000200008>
- Ecdc. (s. f.). Legionnaires' disease. Enfermedad-Legionario-ECDC-2017.
- Escobar Villalobos, C. A. (2021). Principales aspectos patogénicos, clínicos y de diagnóstico del género de *Legionella*. <http://dspace.otalca.cl/handle/1950/13148>
- España, M. de S. de. (2021). H.C.U. Virgen de la Arrixaca. Estadística sobre el Suministro y Saneamiento del Agua-Año 2020.
- Fajardo-Gutiérrez, A. (2017). Medición en epidemiología: prevalencia, incidencia, riesgo, medidas de impacto. *Revista Alergia México*, 64(1), 109-120. <https://doi.org/10.29262/ram.v64i1.252>
- Farnham, A., Alleyne, L., Cimini, D., & Balter, S. (2014). Legionnaires' disease incidence and risk factors, New York, New York, USA, 2002-2011. *Emerging Infectious Diseases*, 20(11), 1795-1802. <https://doi.org/10.3201/eid2011.131872>
- Fields, Barry. Robert, Benson. Besser, R. (2002a). *Legionella* and Legionnaires' Disease: 25 Years of Investigation - Comparative study of selective media for isolation of *Legionella pneumophila* from potable water. *Journal of Clinical Microbiology*, 15(3), 697-699. <https://doi.org/10.1128/CMR.15.3.506>
- File, T. M. (2003). Community-acquired pneumonia. *Lancet*, 362(9400), 1991-2001. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(03\)15021-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(03)15021-0)
- Flemming, H. C., & Wingender, J. (2010). The biofilm matrix. *Nature Reviews Microbiology*, 8(9), 623-633. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2415>
- Fliermans, C. B., Cherry, W. B., Orrison, L. H., Smith, S. J., Tison, D. L., & Pope, D. H. (1981). Ecological distribution of *Legionella pneumophila*. *Applied and*

- Environmental Microbiology, 41(1), 9-16. <https://doi.org/10.1128/aem.41.1.9-16.1981>
- Flores-Ruiz, E., Guadalupe Miranda-Navales, M., Ángel Villasís-Keever, M., & Ángel Villasís-Keever miguel, M. (2017). Metodología de la investigación. Rev Alerg Mex, 64(3), 364-370. <http://www.revistaalergia.mx>
- Forján Lozano, E., García Ordiales, M. M. ^a, Piñero Maza, Á., Forján Delgado, M., & Carrasco Zalvide, R. (2016a). Aspectos a considerar en una actualización de la normativa nacional en materia de legionelosis. Ars Pharmaceutica (Internet), 57(1), 11-22. <https://doi.org/10.30827/ars.v57i1.4381>
- Franz Faul, Edgar Erdfelder, Albert-Georg Lang, & Axel Buchner. (2007). G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences.
- Franzin, L., & Scramuzza, F. (1995). Prevalence of *Legionella pneumophila* serogroup 1 antibodies in blood donors. European Journal of Epidemiology, 11(4), 475-478. <https://doi.org/10.1007/BF01721236>.
- Fraser, D. W., Tsai, T. R., Orenstein, W., Parkin, W. E., Beecham, H. J., Sharrar, R. G., Harris, J., Mallison, G. F., Martin, S. M., McDade, J. E., Shepard, C. C., & Brachman, P. S. (1977). Legionnaires' disease: description of an epidemic of pneumonia. The New England journal of medicine, 297(22), 1189-1197. <https://doi.org/10.1056/NEJM197712012972201>
- Gavaldà Mestre, L., Sabriá-Leal, M. (Miquel), & Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Medicina. (2016). Efectividad a largo término de la temperatura como método de control de *Legionella* en agua caliente sanitaria. En TDX (Tesis Doctorals en Xarxa). Universitat Autònoma de Barcelona. <https://www.tdx.cat/handle/10803/400608>

Gea-Izquierdo & Loza-Murguía.

Gea-Izquierdo, E. (2007). Influencia del mantenimiento higiénico-preventivo de las instalaciones con riesgo de desarrollo de *Legionella pneumophila* en la provincia de Málaga. <http://hdl.handle.net/10630/2578>

Gea-Izquierdo, E. (2012). Gea-Izquierdo 64 Multiple regression as a preventive tool for determining the risk of *Legionella spp* (Vol. 17). www.javeriana.edu.co/universitas_scientiarum

Gea-Izquierdo, E. (2014). Legionellosis Legionnaires' disease. En Revista Cubana de Medicina General Integral (Vol. 30, Número 4). <http://scielo.sld.cu>

George, J. R., Pine, L., Reeves, M. W., & Harrell, W. K. (1980). Amino acid requirements of *Legionella pneumophila*. *Journal of Clinical Microbiology*, 11(3), 286-291. <https://doi.org/10.1128/jcm.11.3.286-291.1980>

Giesecke, J. (2016). *Modern Infectious Disease Epidemiology; Third Edition*.

Ginevra, C., Duclos, A., Vanhems, P., Campèse, C., Forey, F., Lina, G., Che, D., Etienne, J., & Jarraud, S. (2009). Host-related risk factors and clinical features of community-acquired legionnaires disease due to the Paris and Lorraine endemic strains, 1998-2007, France. *Clinical infectious diseases : an official publication of the Infectious Diseases Society of America*, 49(2), 184-191. <https://doi.org/10.1086/599825>

Gómez-Gutiérrez, A., Miralles, M. J., Corbella, I., García, S., Navarro, S., & Llebaria, X. (2016). La calidad sanitaria del agua de consumo. En *Gaceta Sanitaria* (Vol. 30, pp. 63-68). Ediciones Doyma, S.L. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2016.04.012>

Graham, F. F., Hales, S., White, P. S., & Baker, M. G. (2020). Review Global seroprevalence of legionellosis - a systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 10(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63740-y>

GraphPad Software, L. (2023). *GraphPad Prism 9.5.1*.

- Gratacós, M., Costa, M., Zorraquino, M., Vicente, J., Tarodo, R., & Antonio, J. (s. f.).
Colaboradores Técnicos de Sanidad Ambiental de las Comunidades Autónomas.
- Gruas, C., Álvarez, I., Lara, C., García, C. B., Savva, D., & Arruga, M. V. (2013).
Identification of *Legionella spp.* in Environmental Water Samples by ScanVIT-
*Legionella*TM Method in Spain. *Indian Journal of Microbiology*, 53(2), 142-148.
<https://doi.org/10.1007/s12088-013-0363-6>
- Guidance for reopening buildings after prolonged shutdown or reduced operation. (s. f.).
- Han, B.-S., Lee, M.-J., Kwon, Y.-H., & Lee, W.-C. (2017). A Comparative Study of the
Epidemiological Aspects of Legionnaires' Disease: Outbreaks in Korea and Japan,
2010 - 2014. *Journal of Clinical Medicine Research*, 9(1), 67-70.
<https://doi.org/10.14740/jocmr2811e>
- Handbook Editor, A. 1791., & Robert A. Parsons. (Eds.). (1966). *The ASHARE
Handbook Systems and Equipment* (novena).
- Helbig, J. H., Uldum, S. A., Bernander, S., Lück, P. C., Wewalka, G., Abraham, B., Gaia,
V., & Harrison, T. G. (2003). Clinical utility of urinary antigen detection for
diagnosis of community-acquired, travel-associated, and nosocomial Legionnaires'
disease. *Journal of Clinical Microbiology*, 41(2), 838-840.
<https://doi.org/10.1128/JCM.41.2.838-840.2003>
- Hernández González, E. (2021a). Importancia en salud pública de la presencia de
Legionella spp en sistemas de agua de consumo humano.
<http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/24058>
- Herrera López, P. J. (2019). Detección de *Legionella pneumophila* y su impacto en salud
pública en el agua potable de un hospital municipal. Escuela Colombiana de
Ingeniería Julio Garavito.

- Hindré, T., Brüggemann, H., Buchrieser, C., & Héchard, Y. (2008). Transcriptional profiling of *Legionella pneumophila* biofilm cells and the influence of iron on biofilm formation. *Microbiology*, 154(1), 30-41. <https://doi.org/10.1099/mic.0.2007/008698-0>
- <https://www.gov.uk/government/organisations/public-health-england>. (s. f.).
- IBM Corporation. (2023). IBM SPSS Statistics Versión 25.
- Isberg, R. R., O'Connor, T. J., & Heidtman, M. (2009). The *Legionella pneumophila* replication vacuole: Making a cosy niche inside host cells. *Nature Reviews Microbiology*, 7(1), 13-24. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1967>
- ISO 11731:2017 - Water quality — Enumeration of *Legionella*. (s. f.). Recuperado 21 de marzo de 2024, de <https://www.iso.org/standard/61782.html>
- Knobelsdorf, J., & Mujeriego, R. (1997a). Crecimiento bacteriano en las redes de distribución de agua potable: una revisión bibliográfica (Vol. 4). <https://doi.org/https://doi.org/10.4995/ia.1997.2719>
- Konishi, T., Yamashiro, T., Koide, M., & Nishizono, A. (2006). Influence of temperature on growth of *Legionella pneumophila* biofilm determined by precise temperature gradient incubator. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 101(6), 478-484. <https://doi.org/10.1263/jbb.101.478>
- Lin, Y. E., Stout, J. E., & Yu, V. L. (2011). Controlling *Legionella* in Hospital Drinking Water: An Evidence-Based Review of Disinfection Methods . *Infection Control & Hospital Epidemiology*, 32(2), 166-173. <https://doi.org/10.1086/657934>
- Liu, X., & Shin, S. (2019). Viewing *Legionella pneumophila* Pathogenesis through an Immunological Lens. *Journal of Molecular Biology*, 431(21), 4321-4344. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2019.07.028>

- López-Cerero, L. (2014). Papel del ambiente hospitalario y los equipamientos en la transmisión de las infecciones nosocomiales. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 32(7), 459-464. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2013.10.004>
- Lu, J., Struewing, I., Yelton, S., & Ashbolt, N. (2015). Molecular survey of occurrence and quantity of *Legionella spp.*, *Mycobacterium spp.*, *Pseudomonas aeruginosa* and amoeba hosts in municipal drinking water storage tank sediments. *Journal of Applied Microbiology*, 119(1), 278-288. <https://doi.org/10.1111/jam.12831>
- Luis González Sosa, N., Gómez Hernández, R., Susana Pérez Bartutis, G., & Otaño, G. R. (2022). Estudio de la presencia de Legionella e instalaciones.
- Macías, M., Broche, C., García, B., & Ignacio, M. (2020). Effect of the change of the water supply pipes of the Juan Ramón Jiménez Hospital in the proliferation of *Legionella*.
- Macias Macias, J. (2006). Tratamientos y diseños alternativos de las instalaciones de riesgo de proliferación de *Legionella pneumophila*. *Revista de Salud Ambiental*, 6(1-2), 30-42. <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/292>
- Malagón-Londoño, G., Morera, R. G., & Laverde, G. P. (2000). Administración hospitalaria. Editorial Médica Panamericana. <https://books.google.es/books?id=4DqVNAAACAAJ>
- Management of *Legionella* in Water Systems. (2019). National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25474>
- Marín Enériz, M. S. (2020). Optimización de una técnica de PCR a tiempo real para la detección de *Legionella spp.* y especies non-*pneumophilas* viables. <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/157887>

- "Martin Galvin, R. (2003). RD 140/2003: A new Spanish law about drinking waters; La nueva normativa española sobre aguas de consumo humano. 236. <https://doi.org/https://doi.org/>
- Mba Medie, F., Ben Salah, I., Henrissat, B., Raoult, D., & Drancourt, M. (2011). Mycobacterium tuberculosis complex mycobacteria as amoeba-resistant organisms. PLoS ONE, 6(6), 1-7. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020499>
- Mercante, J. W., & Winchell, J. M. (2015a). Current and emerging *Legionella* diagnostics for laboratory and outbreak investigations. Clinical Microbiology Reviews, 28(1), 95-133. <https://doi.org/10.1128/CMR.00029-14>
- Metlay, J. P., Waterer, G. W., Long, A. C., Anzueto, A., Brozek, J., Crothers, K., Cooley, L. A., Dean, N. C., Fine, M. J., Flanders, S. A., Griffin, M. R., Metersky, M. L., Musher, D. M., Restrepo, M. I., & Whitney, C. G. (2017). AMERICAN THORACIC SOCIETY DOCUMENTS Diagnosis and Treatment of Adults with Community-acquired Pneumonia. <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1581ST>
- Ministerio de Industria y Turismo - Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus ITCs aprobado por RD 552/2019. (s. f.). Recuperado 19 de febrero de 2024, de <https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/instalaciones-frigorificas/Paginas/reglamento-seguridad-rd-5522019.aspx>
- Ministerio de Sanidad - Áreas - Salud ambiental y laboral - Calidad de las aguas - Agua de consumo humano. (s. f.). Recuperado 19 de febrero de 2024, de <https://www.sanidad.gob.es/profesionales/saludPublica/saludAmbLaboral/calidadAguas/consumoHumano.htm>
- Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social - Profesionales - Salud ambiental y laboral - Calidad de las aguas - Agua de consumo humano. (s. f.). Recuperado 20 de

febrero de 2021, de
<https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/saludAmbLaboral/calidadAguas/consumoHumano.htm>

Ministerio de Sanidad y Consumo. (2003). RD 865/2003, de 4 de julio de 2003. Boletín Oficial del Estado, 28055-28069.
<https://www.boe.es/boe/dias/2003/07/18/pdfs/A28055-28069.pdf>

Minitab, Inc. (2013). Minitab 17.3.1.

Monroe, D. (2007). Looking for chinks in the armor of bacterial biofilms. PLoS Biology, 5(11), 2458-2461. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050307>

Moritz, M. M., Flemming, H. C., & Wingender, J. (2010). Integration of *Pseudomonas aeruginosa* and *Legionella pneumophila* in drinking water biofilms grown on domestic plumbing materials. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 213(3), 190-197. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2010.05.003>

Mouchtouri, V. A., & Rudge, J. W. (2015). Legionnaires' Disease in Hotels and Passenger Ships: A Systematic Review of Evidence, Sources, and Contributing Factors. Journal of Travel Medicine, 22(5), 325-337.
<https://doi.org/10.1111/jtm.12225>

Muder, R. R., Yu, V. L., & Woo, A. H. (1986). Mode of transmission of *Legionella pneumophila*.pdf. En Arch Intern Med (Vol. 146, pp. 1607-1612).

Nygård, K., Werner-Johansen, Ø., Rønsen, S., Caugant, D. A., Simonsen, Ø., Kanestrøm, A., Ask, E., Ringstad, J., Ødegård, R., Jensen, T., Krogh, T., Høiby, E. A., Ragnhildstveit, E., Aaberge, I. S., & Aavitsland, P. (2008). An outbreak of legionnaires disease caused by long-distance spread from an industrial air scrubber in Sarpsborg, Norway. Clinical Infectious Diseases, 46(1), 61-69.
<https://doi.org/10.1086/524016>

- Olmo Mora, M. S. (2023). Administración pública sanitaria española: abordaje y proyección jurídico-sanitaria sobre agentes biológicos [Universidad de Salamanca]. <https://doi.org/10.14201/gredos.152943>
- Pastor, S., Luis Tutor, J., Sanjuan, M., & Teresa, M. (2022). Rediseño y gestión de las redes de agua de consumo en las instalaciones de un hospital de más de 100.000 m² para la prevención de *Legionella*.
- Pérez Rodríguez, G. (2023). Optimización y validación en entorno de laboratorio de biomarcadores para la detección temprana de bacterias viables en la red de distribución de agua potable. <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/198338>
- Phares, C. R., Wangroongsarb, P., Chantra, S., Paveenkitiporn, W., Tondella, M. L., Benson, R. F., Thacker, W. L., Fields, B. S., Moore, M. R., Fischer, J., Dowell, S. F., & Olsen, S. J. (2007). Epidemiology of severe pneumonia caused by *Legionella longbeachae*, *Mycoplasma pneumoniae*, and *Chlamydia pneumoniae*: 1-Year, population-based surveillance for severe pneumonia in Thailand. *Clinical Infectious Diseases*, 45(12), 147-155. <https://doi.org/10.1086/523003>
- Phin, N., Parry-Ford, F., Harrison, T., Stagg, H. R., Zhang, N., Kumar, K., Lortholary, O., Zumla, A., & Abubakar, I. (2014). Epidemiology and clinical management of Legionnaires' disease. *The Lancet Infectious Diseases*, 14(10), 1011-1021. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(14\)70713-3](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(14)70713-3)
- Plouffe, J. F., File Jr., T. M., Breiman, R. F., Hackman, B. A., Salstrom, S. J., Marston, B. J., Fields, B. S., & Group, C. B. P. I. S. (1995). Reevaluation of the Definition of Legionnaires' Disease: Use of the Urinary Antigen Assay. *Clinical Infectious Diseases*, 20(5), 1286-1291. <https://doi.org/10.1093/clinids/20.5.1286>

- Portero, R. C., & Mesonero, C. M. (2006). Vigilancia epidemiológica de legionelosis. *Revista de Salud Ambiental*, 6(1-2), 7-10. <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/287>
- Prevención y control de la proliferación y diseminación de *Legionella* en instalaciones. (2017). www.une.org
- Prevención y control de legionelosis.
- Ren, Y., Wang, C., Chen, Z., Allan, E., van der Mei, H. C., & Busscher, H. J. (2018). Emergent heterogeneous microenvironments in biofilms: Substratum surface heterogeneity and bacterial adhesion force-sensing. *FEMS Microbiology Reviews*, 42(3), 259-272. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuy001>
- Rhoads, W. J., Bradley, T. N., Mantha, A., Buttling, L., Keane, T., Pruden, A., & Edwards, M. A. (2020). Residential water heater cleaning and occurrence of *Legionella* in Flint, MI. *Water Research*, 171, 115439. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115439>
- Rhoads, W. J., Pruden, A., & Edwards, M. A. (2016). Convective mixing in distal pipes exacerbates *Legionella pneumophila* growth in hot water plumbing. *Pathogens*, 5(1). <https://doi.org/10.3390/pathogens5010029>
- Richards, A. M., Von Dwingelo, J. E., Price, C. T., & Kwaik, Y. A. (2013a). Cellular microbiology and molecular ecology of *Legionella*-amoeba interaction. *Virulence*, 4(4), 307-314. <https://doi.org/10.4161/viru.24290>
- Ricketts, K. D., Yadav, R., Rota, M. C., & Joseph, C. A. (2003). Europe with clusters of Legionnaires' disease. *En Euro Surveill* (Número 40). www.eurosurveillance.org3. www.ewgli.org:pii=19680. Available online: <http://www.eurosurveillance.org/ViewArticle.aspx?ArticleId=19680>

- RITE - Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. (s. f.). Recuperado 19 de febrero de 2024, de <https://www.miteco.gob.es/es/energia/eficiencia/rite.html>
- Rogers, J., Dowsett, A. B., Dennis, P. J., Lee, J. V., & Keevil, C. W. (1994). Influence of plumbing materials on biofilm formation and growth of *Legionella pneumophila* in potable water systems. *Applied and Environmental Microbiology*, 60(6), 1842-1851. <https://doi.org/10.1128/aem.60.6.1842-1851.1994>
- Rota M. C. and Cano-Portero, R. and C. D. and C. M. G. and H. V. and C. C. (s. f.). Clusters of travel-associated Legionnaires' disease in Italy, Spain and France, July 2002-June 2006. *Eurosurveillance*, 12(11), 744.
- Rowbotham, T. J. (1980a). Preliminary report on the pathogenicity of *Legionella pneumophila* for freshwater and soil amoebae. *Journal of Clinical Pathology*, 33(12), 1179-1183. <https://doi.org/10.1136/jcp.33.12.1179>
- Rudbeck, M., Jepsen, M. R., Sonne, I. B., Uldum, S. A., Viskum, S., & Mølbak, K. (2010). Geographical variation of sporadic Legionnaires' disease analysed in a grid model. *Epidemiology and Infection*, 138(1), 9-14. <https://doi.org/10.1017/S0950268809990185>
- Sabria, M., & Yu, V. L. (2002). Hospital-acquired legionellosis: solutions for a preventable infection. *The Lancet Infectious Diseases*, 2(6), 368-373. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(02\)00291-8](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(02)00291-8)
- Salvador García, C. (2013). *Legionella* en redes de distribución de agua potable y torres de refrigeración en España. Proyecto de investigación: <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/35507>
- Santomartino, J. M. (2018). Quantitative PCR for the detection and enumeration of bacteriophage particles. *Virological Methods*.

- Schrammel, B., Petzold, M., Cervero-Aragó, S., Sommer, R., Lück, C., & Kirschner, A. (2018). Persistent presence of outer membrane epitopes during short- and long-term starvation of five *Legionella pneumophila* strains. *BMC Microbiology*, 18(1), 1-13. <https://doi.org/10.1186/s12866-018-1220-x>
- Schwake, D. O., Alum, A., & Abbaszadegan, M. (2015). Automobile windshield washer fluid: A potential source of transmission for *Legionella*. *Science of the Total Environment*, 526, 271-277. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.122>
- Shimada, T. & F. S. (2009). Systematic review and metaanalysis: urinary antigen tests for Legionellosis. *136*(6), 1576-1585.
- Silk, B. J., Moore, M. R., Bergtholdt, M., Gorwitz, R. J., Kozak, N. A., Tha, M. M., Brown, E. W., Winchester, J. L., Labus, B. J., Rowley, P., Middaugh, J. P., Fields, B. S., & Hicks, L. A. (2012). Eight years of Legionnaires' disease transmission in travellers to a condominium complex in Las Vegas, Nevada. *Epidemiology and Infection*, 140(11), 1993-2002. <https://doi.org/10.1017/S0950268811002779>
- SK, F. (2005). Active bacterial core surveillance program of the emerging infections program network. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* disease in three communities. *N Engl J Med*, 352, 1436-1444.
- Skerrett, S. J. (2018). Prevention of Health Care-Associated Legionnaires Disease. *JAMA network open*, 1(2), e180232. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2018.0232>
- Sonder, G. J., van den Hoek, J. A., Bovée, L. P., Aanhane, F. E., Worp, J., Du Ry van Beest Holle, M., van Steenberghe, J. E., den Boer, J. W., Ijzerman, E. P., & Coutinho, R. A. (2008). Changes in prevention and outbreak management of Legionnaires disease in the Netherlands between two large outbreaks in 1999 and 2006. *Euro surveillance : bulletin européen sur les maladies transmissibles =*

European communicable disease bulletin, 13(38), 1-6.
<https://doi.org/10.2807/ese.13.38.18983-en>

Soriano Ponce, A., Sastre Salas, G., Alonso Molina, J. L., & Moreno Trigos, M. Y. (2013). Determinación de *Legionella spp* viable mediante qPCR utilizando la concentración óptima. En Tecnoaqua (Número 2). Infoedita.
<https://riunet.upv.es:443/handle/10251/98276>

Sosa, N. L. G., Hernández, R. G., Bartutis, G. S. P., & Otaño, G. R. Estudio de la presencia de *Legionella* en instalaciones

Tai, J., Benchekroun, M. N., & Mekhour, M. (2012). Investigation of *Legionella Pneumophila* in Hot Water Systems in Morocco. 1(10), 524-530.

Talavera, J. O., & Rivas-ruiz, R. (2013). Pertinencia de la prueba estadística. Rev Med Inst Mex Seguro Soc, 49(3), 289-294.

Taylor, M., Mediannikov, O., Raoult, D., & Greub, G. (2012). Endosymbiotic bacteria associated with nematodes, ticks and amoebae. FEMS Immunology and Medical Microbiology, 64(1), 21-31. <https://doi.org/10.1111/j.1574-695X.2011.00916.x>

The 2000 ASHRAE Handbook. <http://www.ashrae.org>.

Van der Kooij, D., Bakker, G. L., Italiaander, R., Veenendaal, H. R., & Wullings, B. A. (2017). Biofilm composition and threshold concentration for growth of *Legionella pneumophila* on surfaces exposed to flowing warm tap water without disinfectant. Applied and Environmental Microbiology, 83(5).
<https://doi.org/10.1128/AEM.02737-16>

Van Heijnsbergen, E., Van Deursen, A., Bouwknecht, M., Bruin, J. P., de Roda Husman, A. M., & Schalk, J. A. C. (2016). Presence and persistence of viable, clinically relevant *Legionella pneumophila* bacteria in garden soil in the Netherlands. Applied

and Environmental Microbiology, 82(17), 5125-5131.

<https://doi.org/10.1128/AEM.00595-16>

Vega Castaño, S. (2015). Utilización de la Espectrometría de Masas MALDI-TOF en epidemiología bacteriana. Estudio comparativo con técnicas de epidemiología molecular en *Acinetobacter baumannii*, *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina y *Legionella pneumophila* [Universidad de Salamanca].
<https://doi.org/10.14201/gredos.128850>

Vigilancia epidemiológica de legionelosis | Revista de Salud Ambiental. Recuperado 25 de marzo de 2024, de <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/287>

Weiss, D., Boyd, C., Rakeman, J. L., Greene, S. K., Fitzhenry, R., McProud, T., Musser, K., Huang, L., Kornblum, J., Nazarian, E. J., Fine, A. D., Braunstein, S. L., Kass, D., Landman, K., Lapierre, P., Hughes, S., Tran, A., Taylor, J., Baker, D., ... Varma, J. K. (2017). A large community outbreak of Legionnaires' disease associated with a cooling tower in New York City, 2015. *Public Health Reports*, 132(2), 241-250.
<https://doi.org/10.1177/0033354916689620>

Whiley, H., & Taylor, M. (2016). *Legionella* detection by culture and qPCR: Comparing apples and oranges. *Critical Reviews in Microbiology*, 42(1), 65-74.
<https://doi.org/10.3109/1040841X.2014.885930>

ANEXOS

9.- Anexos

9.1. Anexo I. Situación actual del hospital y área de influencia

9.2. Anexo II. Descripción de procedimientos

9.3. Anexo III. Detalle puntos suministro verticales

9.4. Anexo IV. Estudio de correlaciones

9.1. Anexo I

Índice Figuras

Figura 65A. Distribución de mapa sanitario de la Región de Murcia y hospitales de referencia por área de salud.

Figura 66A. Población adscrita al área N° I (Murcia-Oeste). SMS.

Figura 67A. Edificios que conforman la infraestructura de este complejo hospitalario.

Índice Tablas

Tabla 42A. Servicios, Secciones y Unidades Funcionales del HCUVA.

Tabla 43A. Distribución de las camas por área de atención.

Tabla 44A. Cálculo diario de pacientes/usuarios acuden al HCUVA.

Tabla 45 A. Distribución de flujo de profesionales diarios en el HCUVA.

9.1. Anexo I. Situación actual del hospital y área de influencia

El Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca tiene una amplia área de influencia. Atendiendo pacientes de diferentes localidades siendo un hospital de referencia nacional y regional y en particular para la zona sanitaria de Murcia Oeste. (Figura 65A). El hospital presta servicio a la zona oeste de Murcia y a los municipios colindantes. Con una población asignada de aproximadamente 270.000 habitantes pertenecientes a los municipios y pedanías de Alcantarilla, Sangonera la Verde, Sangonera la Seca, Alhama de Murcia, Mula, La Alberca, Algezares, Murcia-Barrio del Carmen, Espinardo, Nonduermas, Murcia-San Andrés, La Ñora, Santo Ángel, y El Palmar de acuerdo con el mapa sanitario. Siendo este valor mayor una vez teniendo en cuenta que en dicho centro sanitario también está catalogado con centro CESUR (Centros, Servicios y Unidades de Referencia Nacional de Salud) para diversas especialidades médicas.

Figura 65A. Distribución de mapa sanitario de la Región de Murcia y hospitales de referencia por área de salud.



Destacar que el resto de los hospitales de la red del SMS son de una magnitud tipo comarcal, a excepto del complejo hospitalario de Cartagena, el cual está conformado por dos hospitales (Santa Lucia y Virgen del Rossell). Siendo el primero de un tamaño intermedio, pero de una antigüedad reciente.

En la Figura 64A se muestra la distribución de la población adscrita al Área de Salud N° I Murcia- Oeste de Murcia, correspondiéndole a este hospital una población potencial a atender de 265.123 personas.

Figura 66A. Población adscrita al área N° I (Murcia-Oeste). SMS.

Servicio Murciano de Salud	Mujeres 747.125	Hombres 751.151	Total 1.498.276
Área I de Salud Murcia-Oeste Total	133.281 17,84%	131.842 17,55%	265.123 17,70%
Área I Menores de 14 años	Mujeres 20.763	Hombres 22.151	Total 42.914

Destacar que, aunque la población adscrita el Area I corresponde a 265.123 personas, el HCUVA es referencia regional de diversas especialidades, y por lo tanto su cobertura incluye al resto de la población de la región, que asciende a 1.498.276 personas, siendo referencia nacional CESUR de diversas especialidades indicadas en párrafos anteriores y que atiende a pacientes de otras Comunidades Autónomas. Se debe considerar que constituye el único hospital público que cuenta con servicio Materno-Infantil en todo el municipio de Murcia. Es en el complejo hospitalario más importante en términos de servicios, instalaciones y personal atendido en toda la región de Murcia y uno de los grandes hospitales de España, siendo hospital de referencia para intervenciones quirúrgicas complejas, pacientes graves patologías, etc., que son trasladados desde los hospitales comarcales o intermedios de la región. (España, 2021).

El Hospital comprende un total de 41 servicios clínicos, con sus respectivas secciones y unidades internas(España, 2021) distribuidos según la Tabla 42A.

Tabla 42A. Servicios, Secciones y Unidades Funcionales del HCUVA.

- Servicio de Alergología
- Servicio de Análisis Clínicos
 - Sección de Bioquímica
 - Sección de Hormonas
 - Sección de Inmunología
- Servicio de Anatomía Patológica
 - Sección de Necropsias
- Servicio de Anestesia y Reanimación
 - Unidad del Dolor
- Servicio de Aparato Digestivo
 - Sección de Consultas Externas: Continuidad asistencial con Atención Primaria y Consultas especializadas
 - Sección de Exploraciones Digestivas: Unidad de Endoscopia Digestiva, ecografía digestiva y biopsia hepática, pruebas funcionales y tratamientos especiales
- Servicio de Bioquímica y Genética Clínica
 - Unidad de Metabolopatías
 - Unidad de Citogenética
 - Unidad de Genética Molecular
- Servicio de Cardiología
 - Sección de Cardiología Clínica
 - Sección de Hemodinámica
 - Sección de Arritmias
 - Sección de Registros Externos
- Servicio de Cirugía Cardiovascular
 - Sección de Cirugía Cardiovascular Adultos
 - Sección de Cirugía Cardiovascular Infantil
- Servicio de Cirugía General
 - Sección de Cirugía de Esófago
 - Sección de Cirugía Gastroduodenal y Bariátrica
 - Sección de Cirugía de Intestino Delgado
 - Sección de Cirugía Coloproctológica
 - Sección de Cirugía Hepática
 - Sección de Cirugía Biliar
 - Sección de Cirugía de Páncreas y Bazo
 - Sección de Cirugía del Cuello
 - Sección de Cirugía de Tiroides y Paratiroides
 - Sección de Cirugía Endocrinológica
 - Sección de Cirugía de la Pared Abdominal
 - Sección de Cirugía Menor Ambulatoria (CMA)
 - Sección de Cirugía de la Mama
 - Sección de Cirugía del Trasplante: Extracción multiorgánica, hígado y páncreas
- Servicio de Cirugía Maxilofacial
- Servicio de Cirugía Pediátrica
 - Sección de Digestivo
 - Sección de Urología
 - Unidad de Cirugía Oncológica
 - Unidad de Tórax

- Unidad de Malformaciones Vasculares
- Servicio de Cirugía Plástica y Reconstructiva
 - Unidad de Grandes Quemados
 - Sección de Cirugía Plástica
 - Sección de Cirugía Pediátrica
 - Sección de Cirugía Plástica Básica
 - Sección de Cirugía Plástica de Cabeza y Cuello
- Servicio de Cirugía Torácica
- Servicio de Dermatología
- Servicio de Endocrinología
 - Sección de Endocrinología
 - Sección de Nutrición
- Servicio de Farmacia
 - Área de Gestión
 - Área Asistencial
 - Área Asesora
 - Área de Docencia y Formación Continuada
 - Área de Investigación
 - Área de Colaboración en programas de protección a la salud
- Servicio de Geriatria
- Servicio de Ginecología y Obstetricia
 - Consultas Externas - Centro de Especialidades
 - Sección de Histeroscopia
 - Sección Ecografía Obstétrica
 - Sección Ecografía Ginecológica
 - Unidad de Día Obstétrica
 - Unidad de Consulta Prenatal
 - Consultas Externas de Oncología Ginecológica
 - Consultas Externas de Ginecología
 - Unidad de Reproducción Asistida y Esterilidad
 - Sección de Urgencias y Paritorio
- Servicio de Hematología
 - Sección de Coagulación
 - Sección de Banco de Sangre
 - Sección de Citoquímica y Eritropatología
 - Sección de Hematimetría y Criobiología
 - Sección de Atención Clínica
- Servicio de Inmunología Clínica
 - Sección de Autoinmunidad
 - Sección de Inmunoquímica e Inmunoalérgica
 - Sección de Citometría y Tumoral
 - Sección de Histocompatibilidad y trasplante
 - Sección de Inmunodeficiencias
- Servicio de Medicina Intensiva
- Servicio de Medicina Interna
- Servicio de Medicina Interna-Infeciosas
- Servicio de Medicina Nuclear
- Servicio de Microbiología
- Servicio de Nefrología
 - Sección de Nefrología Clínica

- Unidad de Hemodiálisis y Diálisis Peritoneal
- Unidad de Trasplante Renal
- Servicio de Neumología
- Servicio de Neurocirugía
- Servicio de Neurofisiología
- Servicio de Neurología
 - Sección de Neurología Clínica
 - Unidad de Esclerosis Múltiple
 - Unidad de Parkinson
 - Unidad de Demencias
- Servicio de Oftalmología
 - Sección de Oftalmología Infantil
 - Sección de Retina
 - Sección de Polo Anterior
- Servicio de Oncología Médica
- Servicio de Oncología Radioterápica
- Servicio de Otorrinolaringología
 - Sección de Otología
 - Sección de Rinología
 - Sección de Faringe
 - Sección de Laringe
 - Sección de Cuello
- Servicio de Pediatría
 - Sección de Alergología
 - Unidad de Cuidados Intensivos Neonatales
 - Unidad de Cuidados Intensivos Pediátricos
 - Sección de Enfermedades Infecciosas
 - Sección de Escolares
 - Sección de Gastroenterología
 - Sección de Genética
 - Sección de Hemato-Oncología
 - Sección de Lactantes
 - Unidad de Medicina Medioambiental
 - Sección de Metabolopatías
 - Sección de Nefrología
 - Sección de Neumología
 - Unidad Multidisciplinar de Fibrosis Quística
 - Sección de Neurología
- Servicio de Psiquiatría
- Servicio de Radiología
 - Sección de Radiología Simple
 - Sección de Mama
 - Sección de Radiología Convencional con contraste
 - Sección de Radiología Pediátrica
 - Sección de Ultrasonidos
 - Sección de TC Helicoidal
 - Sección de Resonancia Magnética
 - Sección de Radiología Neurovascular e Intervencionista
 - Sección de Radiología Vasculare Intervencionista
 - Sección de Varios y Otros Procedimientos

- Servicio de Rehabilitación
 - Sección de Rehabilitación
 - Sección de Fisioterapia
 - Servicio de Reumatología
 - Servicio de Traumatología
 - Servicio de Urgencias
 - Servicio de Urología
-

El complejo hospitalario tiene la distribución indicada en la Figura 67A.

Figura 67A. Edificios que conforman la infraestructura de este complejo hospitalario.



La distribución de los edificios corresponde a: 01 Hospital General. (El edificio objeto de estudio en el año 2091 y de mayor magnitud constructiva), 02 Edificio Policlínico, 03 Pabellón de Docencia y Dirección, 04 Hospital Materno-Infantil, 05 Hospital de Día, 06. Anatomía Patológica, 07. Almacén General, 08 Talleres y Mantenimiento, 09. Central Térmica y Frigorífica, 10S salón de Actos y Capilla, 11. Lavandería, 12. Residuos Hospitalarios, 13. Pabellón Docente, 14 Galería Interconexión, 15 Helipuerto y 16. Aparcamiento.

El HCUVA posee una dotación de 863 camas, 32 quirófanos, 16 paritorios, 123 salas de consulta externa, 32 puestos e hemodiálisis, 32 puestos ambulatorios hemato-oncológicos, 5 puestos especiales para pacientes con SIDA y 2 servicios médicos. Un total de 298 camas están asignadas a los servicios de hospitalización clínica, 356 a las especialidades quirúrgicas, 120 a pediatría, 64 a neonatología ,108 a obstétrica y 98 camas a cuidados intensivos (España, 2021). La distribución por camas se puede observar en la Tabla 43A.

Tabla 43A. Distribución de las camas por área de atención.

BLOQUE TÉCNICO		
PLANTA	Servicio o unidad	Camas
0	Neonatología	60
2	UCI Neonatal	20
2	UCI Pediátrica	13
		93
BLOQUE MATERNAL		
PLANTA	Servicio o unidad	Camas
4	Puérperas	48
3	Puérperas	48
2	Gestantes	26
1	GIN/HEM	48
		170
BLOQUE PEDIÁTRICO		
PLANTA	Servicio o unidad	Camas
1	Cir. Pediátrica	22
2	Oncohematología	19
3	Preescolar	22
3	Lactantes	26
4	Escolares	22
4	Psiquiatría	8
		119
HG		
PLANTA	Servicio o unidad	Camas
S2 HG	Prehospitalización	20
1 HG	REA	9
4 BP	Adolescentes	10
1 BT	Rea Inf.	14

HG		
PLANTA	Servicio o unidad	Camas
7D	NML/CTO	24
7C	ORL/CMF/REU/OFT	26
7I	DIG	29
6D	CAR	28
6C	CAR	20
6I	CCV	30
5D	MI	28
5C	ONC	25
5I	MI	30
4D	PSQ	27
4C	NRC	27
4I	NRL	31
3D	CGD	28
3C	TRASP	21
3I	CGD	28
2D	URO	28
2C	UCE	18
2C	U. acceso restringido	7
2I	TRA	30
1	C.Plastica y Quemados	12
1	UCI HG	39
1	Unidad reanimación	14
S2	ONR/MNU	5
		555

Se puede observar que la mayor capacidad hotelera, así como de producción asistencial corresponde al pabellón HG, siendo este uno de los más antiguos del complejo hospitalario y con mayor presión asistencial habitualmente.

En la Tabla 44A y 45A se analiza el movimiento diario en el hospital. Se puede observar que el flujo diario de pacientes y acompañantes que pueden, bien estar hospitalizados, o acudir al hospital a diversos tipos de pruebas, tratamientos, etc., puede oscilar entorno a las 10.000 personas, a las que se deben sumar el análisis de movimiento de los profesionales que desarrollan de una forma u otra su labor en el hospital, cuya cifra puede ascender a la cantidad de 8.000 personas aproximadamente.

Por lo tanto, se estima aproximadamente una rotación de usuarios y profesionales que pueden pasar por las instalaciones del HCUVA de aproximadamente en días laborales que podría ascender a 18.000 personas /día. (Estos datos responden a informes del departamento de seguridad privada del Área y del servicio de evaluación.)

Tabla 44A. Cálculo diario de pacientes/usuarios acuden al HCUVA.

Pacientes que ingresan + acompañantes + visitas.	2100
Pacientes intervenidos quirúrgicos + acompañantes.	300
Consultas externas + acompañantes.	5000
Partos + acompañantes + visitas.	68
Atendidos en urgencias + acompañantes.	1142
Extracciones para pruebas analíticas	100
Pruebas de radiológicas y similares.	1162
Tratamientos de diálisis	34
Pacientes pruebas especiales	180
Pacientes en fisioterapia	372
Pacientes en procedimientos ambulatorios: Hospital de día y similar.	100
Trasplantes	1
Total diario	10.000 Usuarios/día.

Tabla 45A. Distribución de flujo de profesionales diarios en el HCUVA.

Profesionales del SMS en HCUVA (Tres turnos)	5000
Trabajadores empresas externas (Presencia continua y esporádica).	2000
Estudiantes y profesionales en docencia. (Pre y Post, prácticas, MIR y demás categorías, etc.)	1000
Total aproximado	8.000 profesionales/día.

Fuente: Elaboración propia.
Servicio de Ingeniería. Servicios Generales. Servicio de Admisión. Servicio de Evaluación. Departamento de Seguridad Privada del Area I.

El cálculo o estimación se ha hecho con valores obtenidos de los diversos servicios del HCUVA, con una hipótesis conservadora. Si se consideran mayor número de

acompañantes u otras consideraciones similares, el número total de personas que rotan por el HCUVA superaría las 20.000 personas / día.

Debido a la amplitud de los servicios y al gran volumen de pacientes que se atienden a diario en el hospital es importante considerar que el riesgo de la existencia de *Legionella* en las instalaciones del HCUVA y riesgo de producir legionelosis, es un riesgo que puede afectar a un considerable número de usuarios y pacientes.

Destacando al mismo tiempo, que, analizado internamente, a los profesionales del SMS, esta enfermedad constituye un riesgo laboral, el cual es responsabilidad de prevenir y minimizar del representante titular de la instalación y de todo el equipo directivo del centro de trabajo, debiendo mantener las Condiciones Mínimas de Seguridad y Salud en el Trabajo, y evitar que afecte a sus trabajadores. Extendiendo este riesgo también en materia de coordinación de actividades empresariales a todos los trabajadores de empresas externas, que desarrollan su labor en el centro de trabajo del HCUVA, bien sea con presencia continua o esporádica / puntual.

9.2. Anexo II. Descripción de Procedimientos de actuación

Índice Procedimientos

Procedimiento 1. Limpieza y desinfección de la red de tuberías con equipo AIR BUBBLES.

Procedimiento 2. Limpieza y desinfección del depósito.

Procedimiento 3. Limpieza y desinfección de la red de AFCH y ACS.

Procedimiento 4. Limpieza y desinfección de la red mediante hipercloración. Red parcial.

Procedimiento 5. Procedimiento de limpieza y desinfección de los elementos desmontables (grifos y duchas).

Procedimiento 6. Limpieza y desinfección térmica de la red de ACS.

Procedimiento 7. Actuaciones que seguir y procedimientos de limpieza y desinfección de la red en caso de brote.

Procedimiento 8. Determinación de temperatura in situ.

Procedimiento 9. Determinación de biocida in situ.

Procedimiento 1. Limpieza y desinfección de la red de tuberías con equipo AIR BUBBLES.

Procedimiento que seguir:

1. Antes de la limpieza, se comprobaron que todos los puntos de agua eran accesibles para los miembros del personal del equipo de actuación.
2. El coordinador de seguridad del equipo de limpieza de la empresa de servicios se encargó de que todos los presentes en la instalación estén informados de las actividades a realizar por la empresa de servicios durante el proceso de limpieza.
3. Se conectó el equipo Air bubbles a toma collarín de fontanería en las acometidas con objeto de tratar las redes de AFCH y ACS, se elevó la temperatura del agua hasta 70 °C y se mantuvieron esas condiciones y se abrieron por sectores todos los grifos y duchas, durante 5 minutos, de forma secuencial. Se confirmó que la temperatura para que en todos los puntos terminales de la red alcancen un valor mínimo de 60 °C. Simultáneamente se hizo llegar burbujas de aire por pulsos a lo largo del agua calentada con un intervalo de unos segundos con objeto de eliminar las incrustaciones y el biofilm.
4. Adición biocida, autorizado por el DGSP en la instalación. El biocida es peróxido de hidrógeno, el tiempo de contacto fue de una hora a niveles superiores a 50 ppm. Simultáneamente se hizo llegar burbujas de aire por pulsos con un intervalo de unos segundos con objeto de eliminar las incrustaciones y el biofilm.
5. Durante el tiempo de actuación cada media hora se comprobó si todavía había suficiente biocida presente en el interior de las redes de tuberías.
6. Se enjuagó con agua fría hasta que el biocida fue retirado del sistema. En todas las salidas se comprobó la ausencia del biocida usado.
7. Los elementos desmontables, como grifos y duchas, se limpiaron a fondo con los medios adecuados para la eliminación de incrustaciones y adherencias y se desinfectaron según protocolo.
8. El responsable del tratamiento de Labaqua dio su autorización para usar libremente el sistema de agua potable.
9. Puesta en funcionamiento de la instalación en las condiciones habituales de uso.

Procedimiento 2. Limpieza y desinfección del depósito.

Procedimiento que seguir:

1. 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 y, en caso necesario, recurriendo a desincrustantes químicos.
2. Aclarar, en su caso.
3. Inspeccionar el estado del depósito y realizar, si es necesario, las reparaciones pertinentes con el fin de eliminar grietas, fugas, desconchados del revestimiento.
4. Aclarar perfectamente el depósito con agua antes de iniciar la desinfección. Purgar los restos del aclarado.
5. Aclarar con agua de consumo, neutralizar y eliminar el efluente.
6. Volver a llenar con agua de consumo restableciendo el servicio una vez ajustado el nivel de desinfectante.

Productos:

- Desincrustante químico (si es necesario).

Materiales:

- Bomba eléctrica.
- Hidro limpiadora.

Precauciones a tener en cuenta:

- Se avisará con antelación al personal del centro que se vea afectado por el tratamiento para que tomen las precauciones necesarias para evitar accidentes (quemaduras)
- No realizar los trabajos en solitario. Aunque las tareas sean llevadas a cabo por un solo trabajador debe haber en las inmediaciones otra persona con los equipos de protección individual y los medios apropiados para que en caso de accidente pueda socorrer al afectado.
- Informar a los trabajadores sobre los riesgos a los que pueden verse expuestos y sobre los medios y medidas preventivas establecidas, también se les adiestrará en la ejecución segura de sus tareas y medidas de protección.
- Los productos químicos deberán guardarse en un almacén específico, estando los botes de producto bien cerrados y protegidos de la luz.

- Evítese el contacto con los ojos, mucosas y zonas sensibles o enfermas de la piel. En caso de contacto lavar inmediatamente con abundante agua.
- En caso de ingestión acuda inmediatamente al médico y muéstrole la etiqueta del envase.
- Se suministra a los trabajadores traje completo resistente a los agentes químicos, con protección de cabeza, guantes, botas, gafas y mascarilla.
- En caso de vertido accidental emplear material absorbente para recoger y limpiar, transferirlos a un recipiente y lavar con abundante agua la zona del vertido.

Procedimiento 3. Limpieza y desinfección de la red de AFCH) y ACS.

Procedimiento que seguir:

1. En el caso de ACS, desconectar el sistema de calentamiento del agua con antelación suficiente que permita iniciar el tratamiento con el agua a temperatura ambiente y siempre inferior a 30°C, con las precauciones adecuadas, evitando un enfriamiento brusco que pueda dañar los materiales que componen la instalación.
2. Una vez realizada la limpieza del depósito se procederá a desinfectar los puntos terminales de la instalación. Para ello, se llenará el depósito con la cantidad de agua estimada para realizar la desinfección de la red.
3. Calcular la dosis del desinfectante necesaria en función del volumen de agua a tratar.
4. Realizar el tratamiento de desinfección, asegurándose de que el biocida llegue a todos los puntos terminales. Si se precisa se pueden adicionar productos anticorrosivos autorizados para agua de consumo, compatibles con el desinfectante.
5. Controlar el nivel de pH (si la efectividad del biocida depende del pH) y desinfectante al menos cada hora. Este control se realiza en el depósito y en los puntos terminales más alejados de la red.
6. Finalizado el tiempo de contacto, neutralizar la cantidad de biocida.

Productos y dosis:

- Hipoclorito sódico de 150 g/litro.
- Dosis: Se añadirán 0.133 ml de hipoclorito por cada litro de agua para conseguir una concentración de 20 ppm.

Materiales:

- Analizador de campo de cloro, pH y temperatura.

Precauciones a tener en cuenta:

- Se avisará con antelación al personal del centro que se vea afectado por el tratamiento para que tomen las precauciones necesarias para evitar accidentes (quemaduras)
- No realizar los trabajos en solitario. Aunque las tareas sean llevadas a cabo por un solo trabajador debe de haber en las inmediaciones otra persona con los equipos de protección individual y los medios apropiados para que en caso de accidente pueda socorrer al afectado.
- Informar a los trabajadores sobre los riesgos a los que pueden verse expuestos y sobre los medios y medidas preventivas establecidas, también se les adiestrará en la ejecución segura de sus tareas y medidas de protección.

- Los productos químicos deberán guardarse en un almacén específico, estando los botes de producto bien cerrados y protegidos de la luz.
- Evítese el contacto con los ojos, mucosas y zonas sensibles o enfermas de la piel. En caso de contacto lavar inmediatamente con abundante agua.
- En caso de ingestión acuda inmediatamente al médico y muéstrela la etiqueta del envase.
- Se suministra a los trabajadores traje completo resistente a los agentes químicos, con protección de cabeza, guantes, botas, gafas y mascarilla.
- En caso de vertido accidental emplear material absorbente para recoger y limpiar, transferirlos a un recipiente y lavar con abundante agua la zona del vertido.

Procedimiento 4. Limpieza y desinfección de la red mediante hipercloración. Red parcial.

Procedimiento que seguir:

1. Aislar el tramo parcial de tubería a tratar.
2. Preparar la maquinaria, (bomba dosificadora, bomba recirculadora, etc.) según sea el punto a tratar.
3. Dosificar cloro mediante el dispositivo apropiado a la instalación, con aproximadamente 20-30 mg/litro de cloro residual libre, a una temperatura no superior a 30 °C y un pH de 7-8, haciendo llegar a todos los puntos terminales de la red parcial 1-2 mg/litro y mantener esta situación durante 3 o 2 horas respectivamente. Como alternativa se puede utilizar 4-5 mg/litro en el acumulador durante 12 horas.
4. Enjuagar la instalación y restablecer las condiciones de uso normales, tanto de concentración de cloro como de temperatura.

Productos:

- Hipoclorito sódico.

Materiales:

- Bomba dosificadora.
- Analizador de campo de cloro, pH y temperatura.

Precauciones a tener en cuenta:

- Se avisará con antelación al personal del centro que se vea afectado por el tratamiento para que tomen las precauciones necesarias para evitar accidentes (quemaduras)
- No realizar los trabajos en solitario. Aunque las tareas sean llevadas a cabo por un solo trabajador debe de haber en las inmediaciones otra persona con los equipos de protección individual y los medios apropiados para que en caso de accidente pueda socorrer al afectado.
- Informar a los trabajadores sobre los riesgos a los que pueden verse expuestos y sobre los medios y medidas preventivas establecidas, también se les formará en la ejecución segura de sus tareas y medidas de protección.
- Los productos químicos deberán guardarse en un almacén específico, estando los botes de producto bien cerrados y protegidos de la luz.
- Evítese el contacto con los ojos, mucosas y zonas sensibles o enfermas de la piel. En caso de contacto lavar inmediatamente con abundante agua.

- En caso de ingestión acuda inmediatamente al médico y muéstrela la etiqueta del envase.
- Se suministra a los trabajadores traje completo resistente a los agentes químicos, con protección de cabeza, guantes, botas, gafas y mascarilla.
- En caso de vertido accidental emplear material absorbente para recoger y limpiar, transferirlos a un recipiente y lavar con abundante agua la zona del vertido.
- En caso de tratamientos térmicos emplear guantes de protección térmica.

Procedimiento 5. Limpieza y desinfección de los elementos desmontables (grifos y duchas).

Procedimiento que seguir:

1. Sumergir o tapar con un paño (si son difíciles de desmontar), el terminal en una solución de hipoclorito sódico con 20 ppm de cloro residual libre durante 30 minutos.
2. Aclarar con agua limpia.
3. Colocar el elemento en su posición original.
4. Si el elemento se encuentra en un estado deficiente para su utilización, con síntomas de corrosión, incrustaciones u otros defectos que impidan su correcto funcionamiento, se notificará al responsable de la instalación.

Productos y dosis:

- Desincrustante homologado de uso alimentario (si fuese necesario).
- Hipoclorito sódico de 150 g/litro.
- Dosis: Se añadirán 0.133 ml de hipoclorito por cada litro de agua para conseguir una concentración de 20 ppm.

Materiales:

- Cepillos duros.
- Recipiente para introducir los elementos.

Precauciones a tener en cuenta:

- Se avisará con antelación al personal del centro que se vea afectado por el tratamiento para que tomen las precauciones necesarias para evitar accidentes (quemaduras)
- No realizar los trabajos en solitario. Aunque las tareas sean llevadas a cabo por un solo trabajador debe haber en las inmediaciones otra persona con los equipos de protección individual y los medios apropiados para que en caso de accidente pueda socorrer al afectado.
- Informar a los trabajadores sobre los riesgos a los que pueden verse expuestos y sobre los medios y medidas preventivas establecidas, también se les adiestrará en la ejecución segura de sus tareas y medidas de protección.
- Los productos químicos deberán guardarse en un almacén específico, estando los botes de producto bien cerrados y protegidos de la luz.
- Evítese el contacto con los ojos, mucosas y zonas sensibles o enfermas de la piel. En caso de contacto lavar inmediatamente con abundante agua.
- En caso de ingestión acudir inmediatamente al médico y muéstrela la etiqueta del envase.

- Se suministra a los trabajadores traje completo resistente a los agentes químicos, con protección de cabeza, guantes, botas, gafas y mascarilla.
- En caso de vertido accidental emplear material absorbente para recoger y limpiar, transferirlos a un recipiente y lavar con abundante agua la zona del vertido.

Procedimiento 6. Limpieza y desinfección térmica de la red de ACS.

Procedimiento a seguir:

1. Elevar la temperatura hasta 70°C y mantenerlo al menos durante 2 horas.
2. Abrir por completo los puntos terminales y mantenerlos de forma secuencial por sectores todos los grifos y duchas hasta alcanzar 60°C en todos los puntos terminales, manteniéndolos abiertos durante al menos 5 minutos.
3. El depósito debería mantenerse a 70°C durante 2 horas. La red, una vez alcanzados los 60°C se deja enfriar de forma natural durante un período mínimo de 2 horas.

Si la producción de calor es insuficiente para llevar a cabo la desinfección térmica o no puede llegar a temperaturas de 70°C, o las tuberías no tengan un buen aislamiento, puede transmitirse calor y comprometer la temperatura del agua fría en alguna parte del sistema, se realizará la desinfección con biocidas.

Productos y dosis:

- Agua a 70°C

Materiales:

- Termómetro
- Reloj / cronómetro
- Guantes de protección térmica

Precauciones a tener en cuenta:

- Se avisará con antelación al personal del centro que se vea afectado por el tratamiento para que tomen las precauciones necesarias para evitar accidentes (quemaduras)
- No realizar los trabajos en solitario. Aunque las tareas sean llevadas a cabo por un solo trabajador debe haber en las inmediaciones otra persona con los equipos de protección individual y los medios apropiados para que en caso de accidente pueda socorrer al afectado.
- Informar a los trabajadores sobre los riesgos a los que pueden verse expuestos y sobre los medios y medidas preventivas establecidas, también se les adiestrará en la ejecución segura de sus tareas y medidas de protección.
- En caso de tratamientos térmicos emplear guantes de protección térmica.

Procedimiento 7. Actuaciones que seguir y procedimientos de limpieza y desinfección de la red en caso de brote.

En caso de que se produzcan casos o brotes de legionelosis deben realizarse las actuaciones que determine la autoridad sanitaria.

La limpieza y desinfección de choque ante casos o brote tendrán como finalidad eliminar la contaminación por la bacteria y su fuente. La limpieza se realizará teniendo en cuenta el principio básico de limpieza exhaustiva antes de desinfectar. La desinfección se abordará aun en ausencia de resultados microbiológicos, pero no antes de realizar una toma de muestras. El tratamiento elegido no deberá interferir en la medida de lo posible con el funcionamiento habitual del edificio o instalación en el que se ubique la instalación afectada.

Sistema de agua sanitaria:

1. Depósito: se realizará del mismo modo que la limpieza y desinfección establecida en el programa de limpieza y desinfección de este PPCL.
2. Red de agua fría y agua caliente: la limpieza y desinfección se realizará del mismo modo que la limpieza y desinfección establecida en el programa de limpieza y desinfección de este PPCL.
3. Una vez limpio, desinfectado y vaciado el depósito, se llena con un volumen de agua de consumo suficiente y se desinfecta nuevamente.
4. Abrir por sectores todos los grifos y duchas de forma secuencial hasta que se alcance en los puntos terminales de la red 1-2 mg/litro de cloro libre residual.
5. Se mantiene 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 (en función del biocida utilizado).
6. Neutralizar el biocida del agua en el depósito y vaciar.
7. Llenar el depósito de agua para que vuelva a su funcionamiento habitual.
8. Abrir los grifos de los puntos terminales hasta que el nivel de biocida alcance un valor adecuado.
9. La limpieza y desinfección de todas las partes desmontables y difíciles de

desmontar se realizará como se establece en el procedimiento de limpieza y desinfección de grifos y difusores de duchas. Se deben renovar todos aquellos elementos de la red en los que se observe alguna anomalía, en especial aquellos que estén afectados por la corrosión o la incrustación.

Productos:

- Hipoclorito sódico.

Materiales:

- Analizador de campo de cloro, pH y temperatura.

Precauciones a tener en cuenta:

- Se avisará con antelación al personal del centro que se vea afectado por el tratamiento para que tomen las precauciones necesarias para evitar accidentes (quemaduras)
- No realizar los trabajos en solitario. Aunque las tareas sean llevadas a cabo por un solo trabajador debe haber en las inmediaciones otra persona con los equipos de protección individual y los medios apropiados para que en caso de accidente pueda socorrer al afectado.
- Informar a los trabajadores sobre los riesgos a los que pueden verse expuestos y sobre los medios y medidas preventivas establecidas, también se les adiestrará en la ejecución segura de sus tareas y medidas de protección.
- Los productos químicos deberán guardarse en un almacén específico, estando los botes de producto bien cerrados y protegidos de la luz.
- Evítese el contacto con los ojos, mucosas y zonas sensibles o enfermas de la piel. En caso de contacto lavar inmediatamente con abundante agua.
- En caso de ingestión acudir inmediatamente al médico y mostrar la etiqueta del envase.
- Se suministra a los trabajadores traje completo resistente a los agentes químicos, con protección de cabeza, guantes, botas, gafas y mascarilla.
- En caso de vertido accidental emplear material absorbente para recoger y limpiar, transferirlos a un recipiente y lavar con abundante agua la zona del vertido.

Registro:

Estas actividades quedarán reflejadas en el registro de mantenimiento. Archivar toda la documentación relativa a la limpieza y desinfección (procedimiento seguido, hojas de control, parámetros analíticos realizados y certificados de los trabajos realizados). Se debe intentar proceder al tratamiento continuado del agua durante tres meses de forma

que, en los puntos terminales de la red, se detecte 1-2 mg/litro de cloro residual libre en agua fría. La temperatura de servicio en dichos puntos para el agua caliente sanitaria debe situarse entre 55 y 60°C. Posteriormente se continuará con las medidas de mantenimiento habituales.

Procedimiento 8. Determinación de temperatura in situ.

Preparación de la muestra:

Tomar muestra del punto deseado evitando zonas de estancamiento, en el caso de ser una corriente de agua. Trasvasar el volumen adecuado a un vaso de precipitados, pudiendo tomar la muestra directamente con dicho vaso.

Procedimiento:

1. Enjuagar el sensor con agua destilada y secarlo.
2. Abrir el grifo y esperar 2 minutos (en caso de AFCH) o 1 minuto (en caso de ACS).
3. Medir la temperatura del agua.
4. Se tomará el resultado de la medida cuando el valor de la pantalla se haya estabilizado, anotándolo en la hoja de registro correspondiente.
5. Una vez terminada la medición limpiar cuidadosamente el electrodo, enjuagando con agua destilada y secado.

Materiales:

Analizador de campo de temperatura.

Procedimiento 9. Determinación de biocida in situ.

En el proceso de potabilización de aguas, la cloración es un paso ampliamente utilizado. Mediante ésta, el cloro, un oxidante fuerte, oxida la materia orgánica presente en el agua, de manera que el nitrógeno orgánico reacciona con el cloro formando cloraminas. Una vez consumida toda la materia orgánica del agua quedará cloro residual libre sin reaccionar. El cloro total de un agua potable es la suma del cloro combinado, esto es, las cloraminas, más el cloro residual libre.

En ausencia de yoduros, el cloro libre reacciona con la N,N-dietil-p-fenilendiamina (DPD) produciendo un color rojo. En presencia de ion ioduro, también las cloraminas reaccionan con la DPD, produciendo color rojo, lo que permite la determinación del cloro total.

Procedimiento a seguir:

1. Dejar correr el agua unos minutos.
2. Recoger una muestra en un envase.
3. Determinar el nivel de cloro libre residual en función del equipo de medición empleado (método DPD).
4. Anotar los valores en la hoja de registros.

Materiales:

Analizador de campo de cloro.

9.3. Anexo III. Detalle puntos suministro verticales pabellón HG.

Índice de Figuras

Figura 68A. Detalle de vertical 1^a ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

Figura 69A. Detalle de vertical 2^a ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

Figura 70A. Detalle de vertical 3^a ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

Figura 71A. Detalle de vertical 4^a ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

Figura 72A. Detalle de vertical 5^a ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

Figura 73A. Detalle de vertical 1^a ala centro y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

Figura 74A. Detalle de vertical 2^a ala centro y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

Figura 75A. Detalle de vertical 3^a ala centro y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

Figura 76A. Detalle de vertical 4^a ala centro y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

Figura 77A. Detalle de vertical 5^a ala centro y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

Figura 78A. Detalle de vertical 1ª ala izquierda y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

Figura 79A. Detalle de vertical 1ª ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

Figura 80A. Detalle de vertical 1ª ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

Figura 81A. Detalle de vertical 1ª ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

Figura 82A. Detalle de vertical 1ª ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

Figura 83A. Estudio de verticales por número de habitación en pabellón Hospital General. 2ª, 3ª y 4ª planta hospitalización.

Figura 84A. Estudio de verticales por número de habitación en pabellón Hospital General. 5ª, 6ª y 7ª planta hospitalización.

Figura 85A. Estudio de verticales por planta 2ª, 3ª y 4ª de pabellón Hospital General.

Figura 86A. Estudio de verticales por planta 5ª, 6ª y 7ª de pabellón Hospital General.

Figura 68A. Detalle de vertical 1ª ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	2	derecha	1d	I	209
hg	2	derecha	1d	I	210
hg	2	derecha	1d	R	211
hg	2	derecha	1d	R	212
hg	3	derecha	1d	I	309
hg	3	derecha	1d	I	310
hg	3	derecha	1d	R	311
hg	3	derecha	1d	R	312
hg	4	derecha	1d	I	409
hg	4	derecha	1d	I	410
hg	4	derecha	1d	R	411
hg	4	derecha	1d	R	412
hg	5	derecha	1d	I	509
hg	5	derecha	1d	I	510
hg	5	derecha	1d	R	511
hg	5	derecha	1d	R	512
hg	6	derecha	1d	I	609
hg	6	derecha	1d	I	610
hg	6	derecha	1d	R	611
hg	6	derecha	1d	R	612
hg	7	derecha	1d	I	UCRI 4 p7
hg	7	derecha	1d	I	UCRI 5 p7
hg	7	derecha	1d	R	UCRI 6 p7
hg	7	derecha	1d	R	UCRI 7 p7

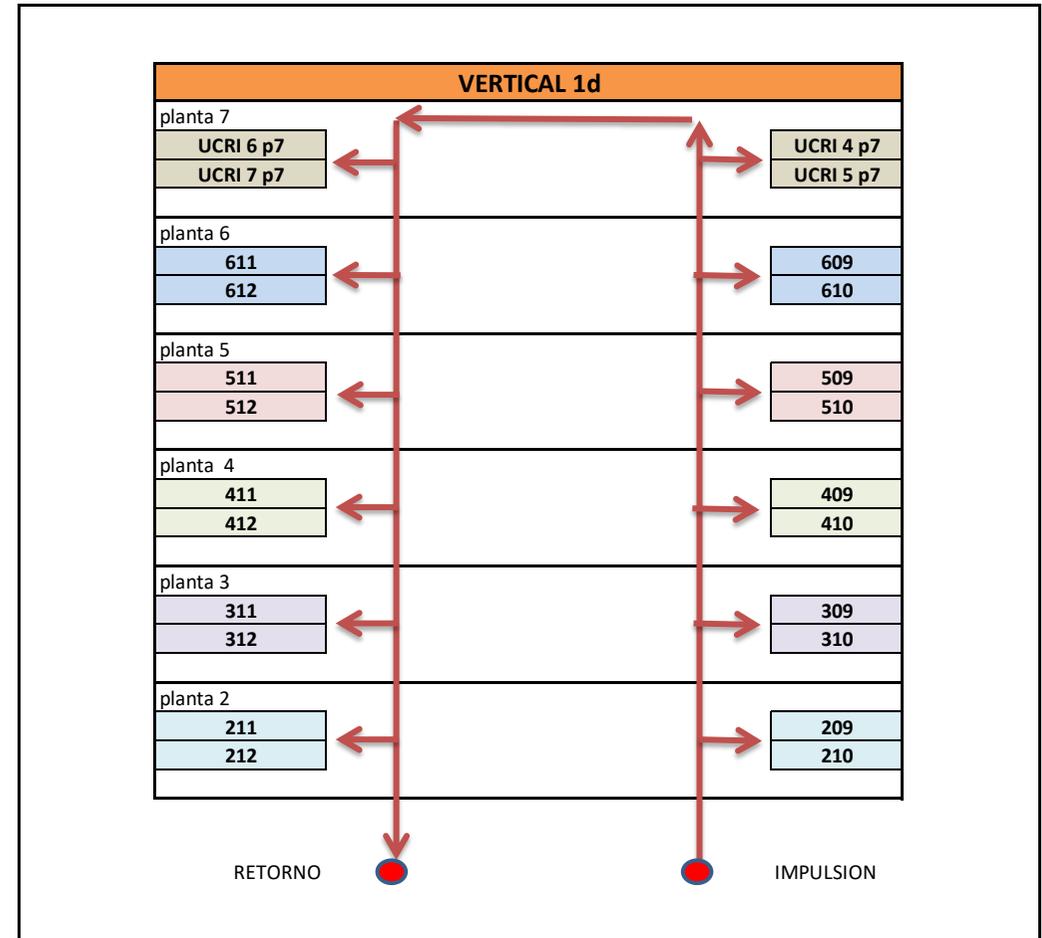


Figura 69A. Detalle de vertical 2ª ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	2	derecha	2d	I	207
hg	2	derecha	2d	I	208
hg	2	derecha	2d	R	214
hg	3	derecha	2d	I	307
hg	3	derecha	2d	I	308
hg	3	derecha	2d	R	314
hg	4	derecha	2d	I	407
hg	4	derecha	2d	I	408
hg	4	derecha	2d	R	414
hg	5	derecha	2d	I	507
hg	5	derecha	2d	I	508
hg	5	derecha	2d	R	514
hg	6	derecha	2d	I	607
hg	6	derecha	2d	I	608
hg	6	derecha	2d	R	614
hg	7	derecha	2d	I	UCRI 2 p7
hg	7	derecha	2d	I	UCRI 3 p7
hg	7	derecha	2d	R	UCRI 8 P7

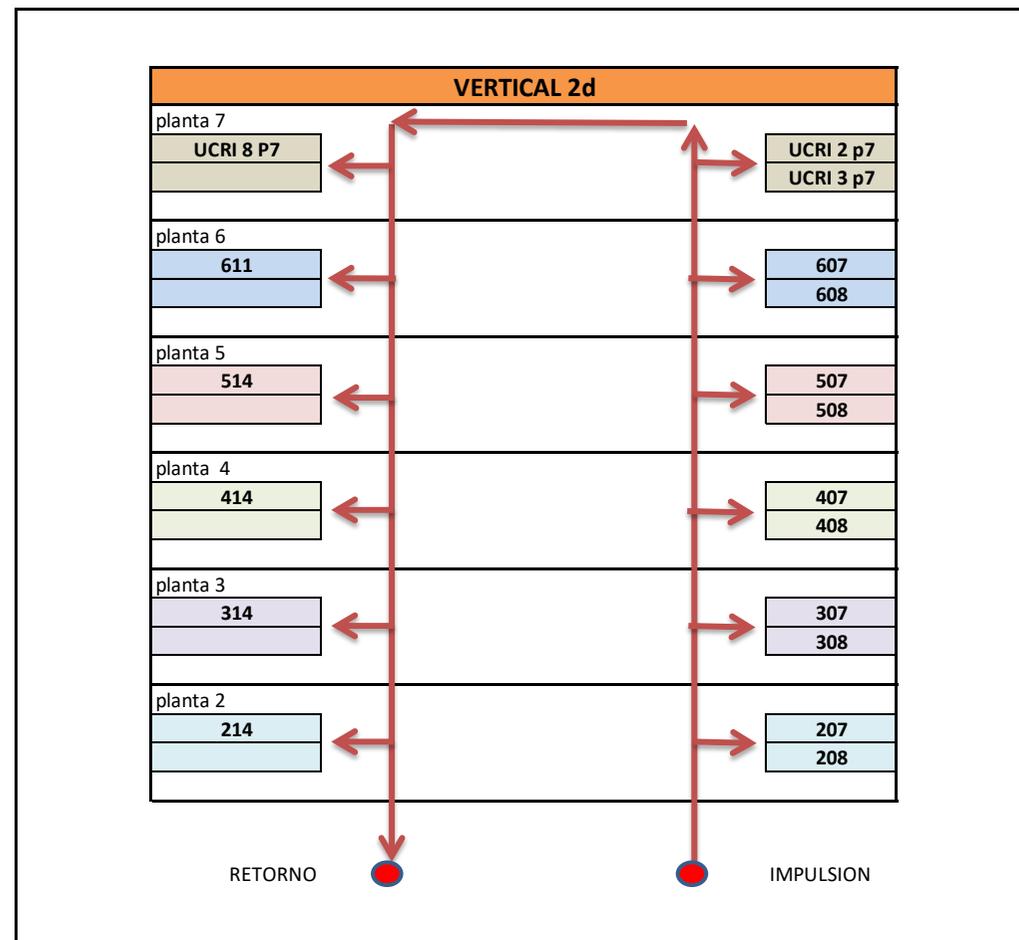


Figura 70A. Detalle de vertical 3ª ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	2	derecha	3d	I	205
hg	2	derecha	3d	I	206
hg	2	derecha	3d	R	office p2 dcha
hg	3	derecha	3d	I	305
hg	3	derecha	3d	I	306
hg	3	derecha	3d	R	office p3 der
hg	4	derecha	3d	I	405
hg	4	derecha	3d	I	406
hg	4	derecha	3d	R	office p4 der
hg	5	derecha	3d	I	505
hg	5	derecha	3d	I	506
hg	5	derecha	3d	R	office p5 der
hg	6	derecha	3d	I	605
hg	6	derecha	3d	I	606
hg	6	derecha	3d	R	office p6 der
hg	7	derecha	3d	I	705
hg	7	derecha	3d	I	UCRI 1 p7
hg	7	derecha	3d	R	office p7 der

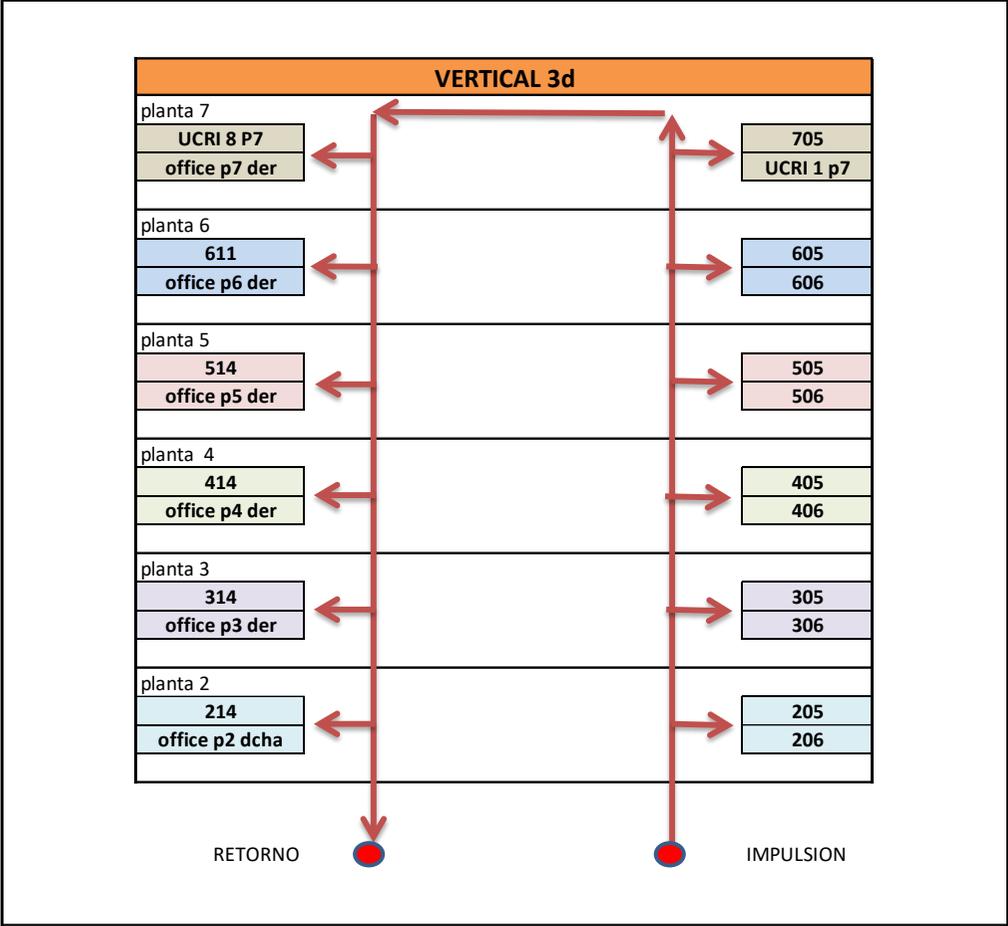


Figura 71A. Detalle de vertical 4ª ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	2	derecha	4d	I	203
hg	2	derecha	4d	I	204
hg	2	derecha	4d	R	215
hg	2	derecha	4d	R	aseo p2 dcha
hg	3	derecha	4d	I	303
hg	3	derecha	4d	I	304
hg	3	derecha	4d	R	315
hg	3	derecha	4d	R	aseo p3 dcha
hg	4	derecha	4d	I	403
hg	4	derecha	4d	I	404
hg	4	derecha	4d	R	415
hg	4	derecha	4d	R	aseo p4 dcha
hg	5	derecha	4d	I	503
hg	5	derecha	4d	I	504
hg	5	derecha	4d	R	515
hg	5	derecha	4d	R	aseo p5 dcha
hg	6	derecha	4d	I	603
hg	6	derecha	4d	I	604
hg	6	derecha	4d	R	615
hg	6	derecha	4d	R	aseo p7 dcha
hg	7	derecha	4d	I	703
hg	7	derecha	4d	I	704
hg	7	derecha	4d	R	715
hg	7	derecha	4d	R	aseo p7 dcha

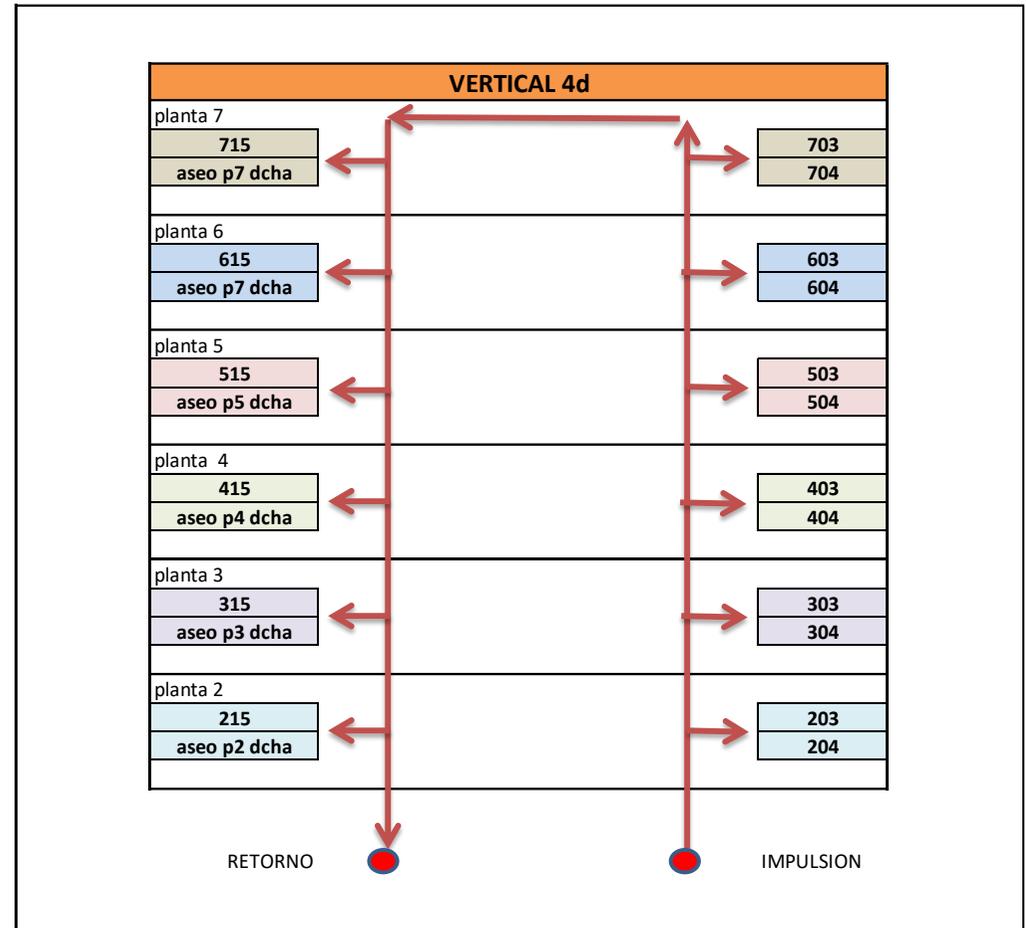


Figura 72A. Detalle de vertical 5ª ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	2	derecha	5d	I	201
hg	2	derecha	5d	I	202
hg	2	derecha	5d	R	administracion p2
hg	3	derecha	5d	I	301
hg	3	derecha	5d	I	302
hg	3	derecha	5d	R	administracion p3
hg	4	derecha	5d	I	401
hg	4	derecha	5d	I	402
hg	4	derecha	5d	R	administracion p4
hg	5	derecha	5d	I	501
hg	5	derecha	5d	I	502
hg	5	derecha	5d	R	administracion p5
hg	6	derecha	5d	I	601
hg	6	derecha	5d	I	602
hg	6	derecha	5d	R	administracion p6
hg	7	derecha	5d	I	701
hg	7	derecha	5d	I	702
hg	7	derecha	5d	R	administracion p7

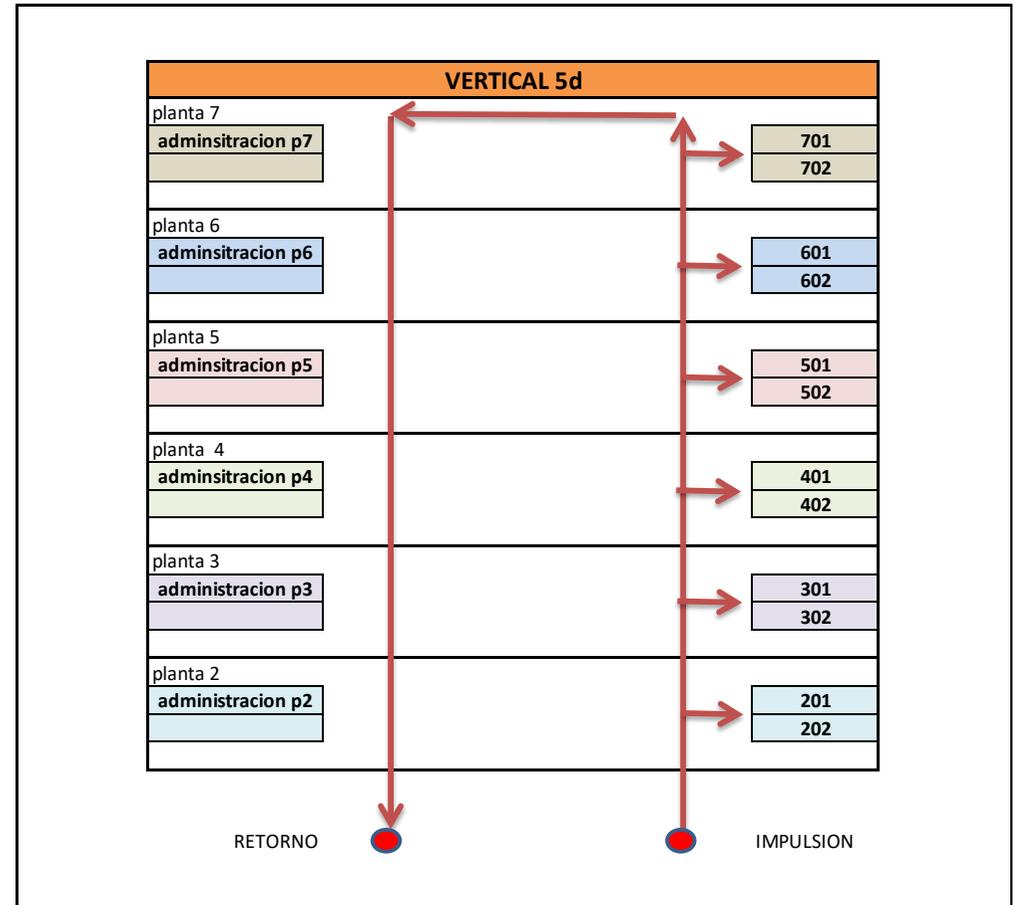


Figura 73A. Detalle de vertical 1ª ala centro y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	2	centro	1c	I	227
hg	2	centro	1c	I	228
hg	2	centro	1c	R	229
hg	3	centro	1c	I	325
hg	3	centro	1c	I	326
hg	3	centro	1c	R	327
hg	3	centro	1c	R	328
hg	4	centro	1c	I	425
hg	4	centro	1c	I	426
hg	4	centro	1c	R	427
hg	4	centro	1c	R	428
hg	5	centro	1c	I	525
hg	5	centro	1c	I	526
hg	5	centro	1c	R	527
hg	5	centro	1c	R	528
hg	6	centro	1c	I	625
hg	6	centro	1c	I	626
hg	6	centro	1c	R	627
hg	6	centro	1c	R	628
hg	7	centro	1c	I	725
hg	7	centro	1c	I	726
hg	7	centro	1c	R	727
hg	7	centro	1c	R	728

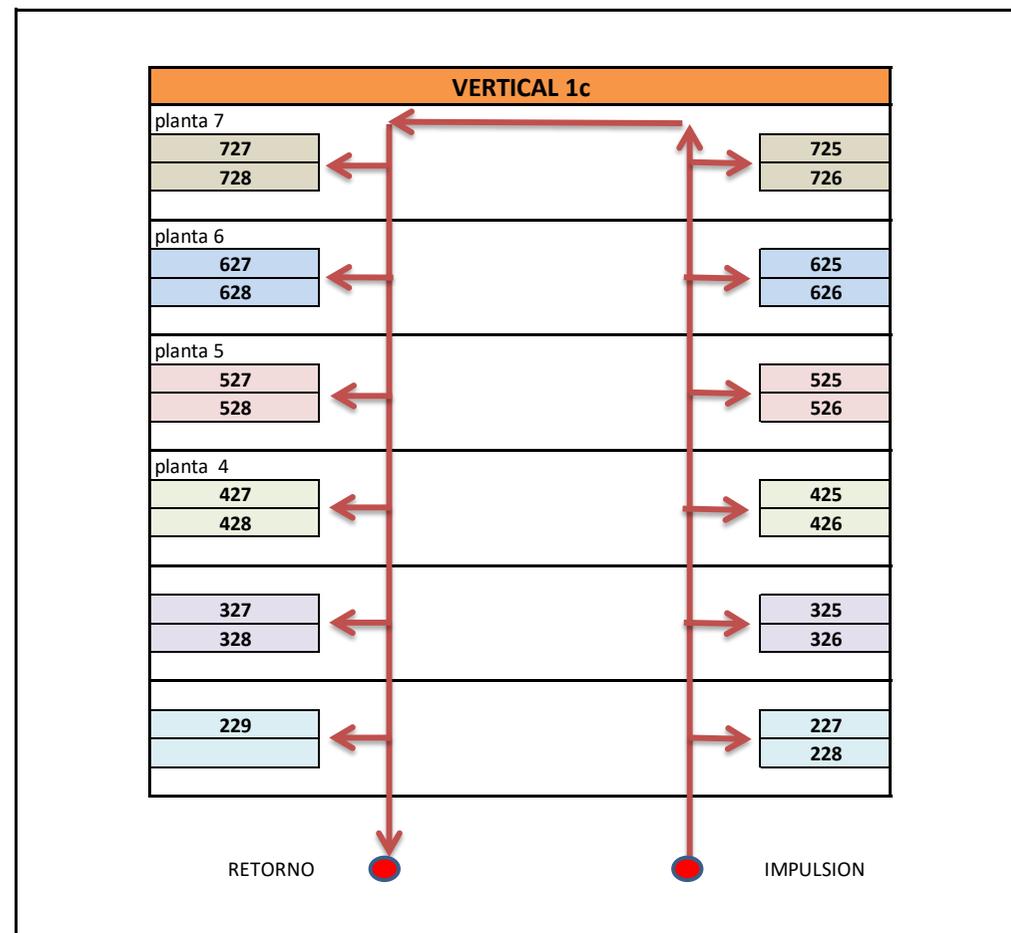


Figura 74A. Detalle de vertical 2ª ala centro y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	2	centro	2c	I	vestuario cnp
hg	2	centro	2c	I	223
hg	3	centro	2c	I	323
hg	3	centro	2c	I	324
hg	3	centro	2c	R	329
hg	4	centro	2c	I	423
hg	4	centro	2c	I	424
hg	4	centro	2c	R	429
hg	5	centro	2c	I	523
hg	5	centro	2c	I	524
hg	5	centro	2c	R	529
hg	6	centro	2c	I	623
hg	6	centro	2c	I	624
hg	6	centro	2c	R	629
hg	7	centro	2c	I	723
hg	7	centro	2c	I	724
hg	7	centro	2c	R	729

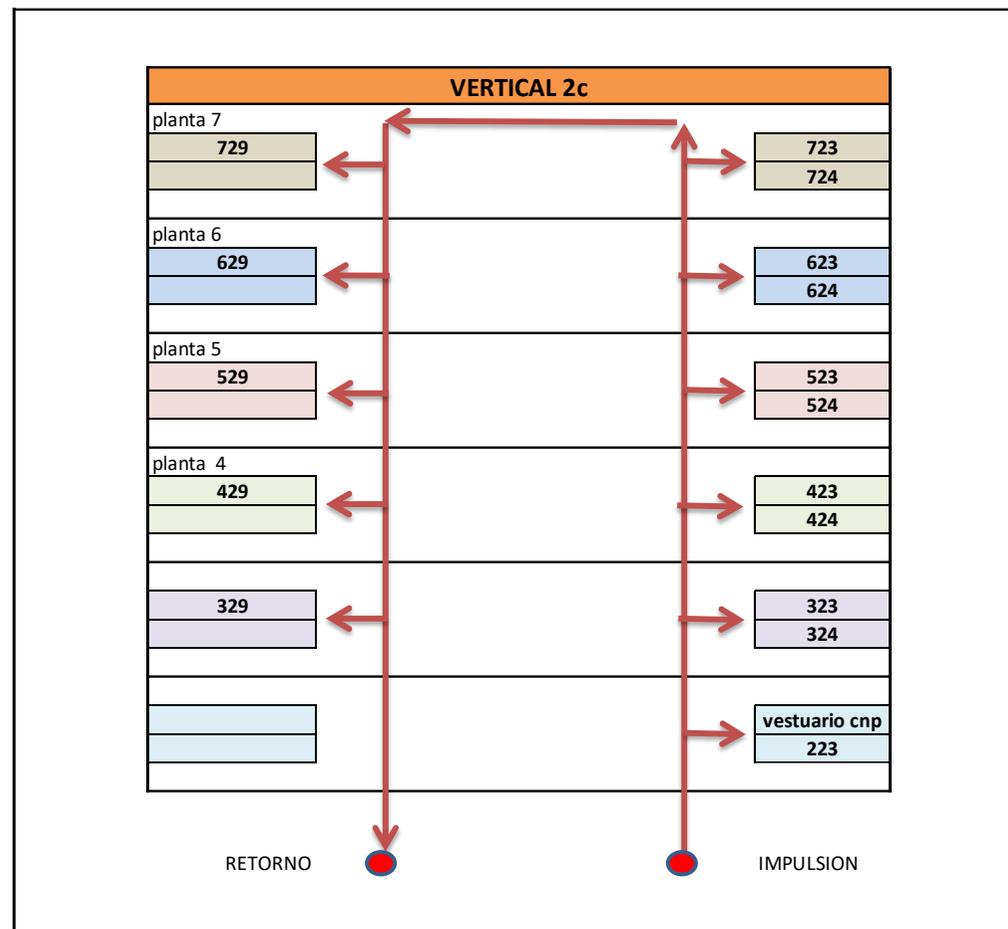


Figura 75A. Detalle de vertical 3ª ala centro y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

T

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	2	centro	3c	I	221
hg	2	centro	3c	I	222
hg	2	centro	3c	R	office p2 cen
hg	3	centro	3c	I	321
hg	3	centro	3c	I	322
hg	3	centro	3c	R	office p3 cen
hg	4	centro	3c	I	421
hg	4	centro	3c	I	422
hg	4	centro	3c	R	office p4 cen
hg	5	centro	3c	I	521
hg	5	centro	3c	I	522
hg	5	centro	3c	R	office p5 cen
hg	6	centro	3c	I	Uni cuid cardiologia p6
hg	6	centro	3c	R	office p6 cen
hg	7	centro	3c	I	721
hg	7	centro	3c	I	722
hg	7	centro	3c	R	office p7 cen

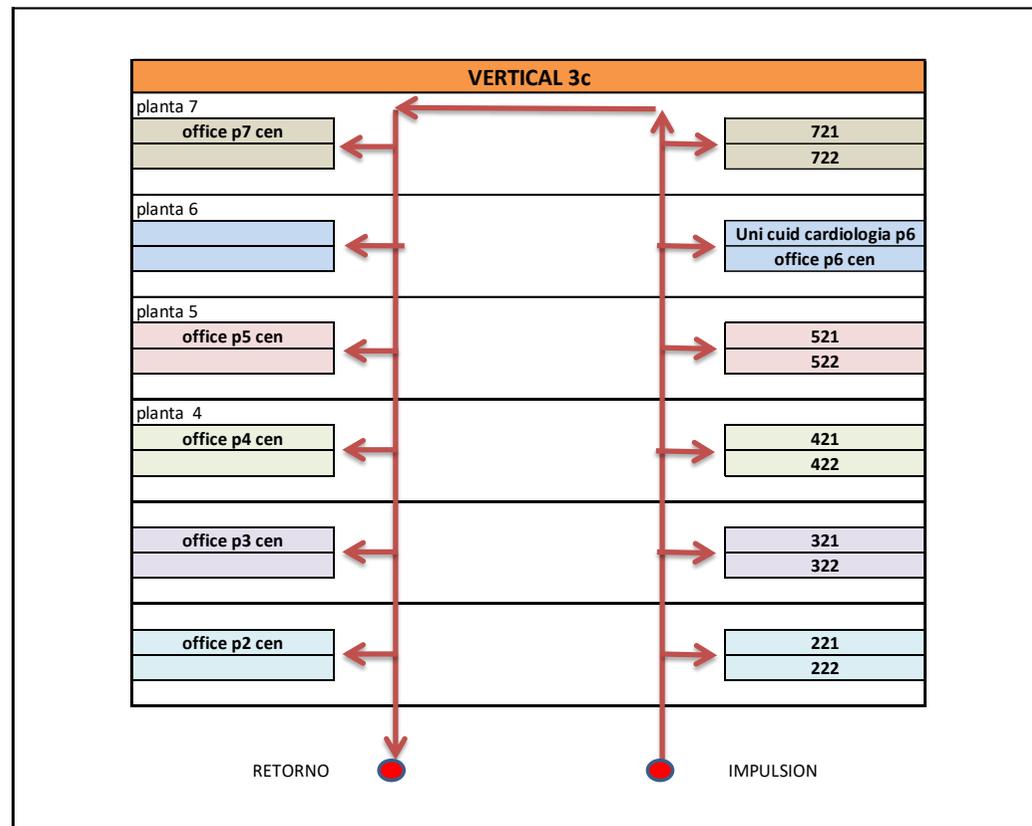


Figura 76A. Detalle de vertical 4ª ala centro y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	2	centro	4c	I	219
hg	2	centro	4c	I	220
hg	2	centro	4c	R	aseo p2 cen
hg	2	centro	4c	R	224
hg	3	centro	4c	I	319
hg	3	centro	4c	I	320
hg	3	centro	4c	R	aseo p3 cen
hg	4	centro	4c	I	419
hg	4	centro	4c	I	420
hg	4	centro	4c	R	aseo p4 izq
hg	5	centro	4c	I	519
hg	5	centro	4c	I	520
hg	5	centro	4c	R	aseo p5 cen
hg	6	centro	4c	I	eco3 p6
hg	6	centro	4c	I	Uni cuid cardiologia p6
hg	6	centro	4c	R	aseo p6 cen
hg	7	centro	4c	I	719
hg	7	centro	4c	I	720
hg	7	centro	4c	R	aseo p7 izq

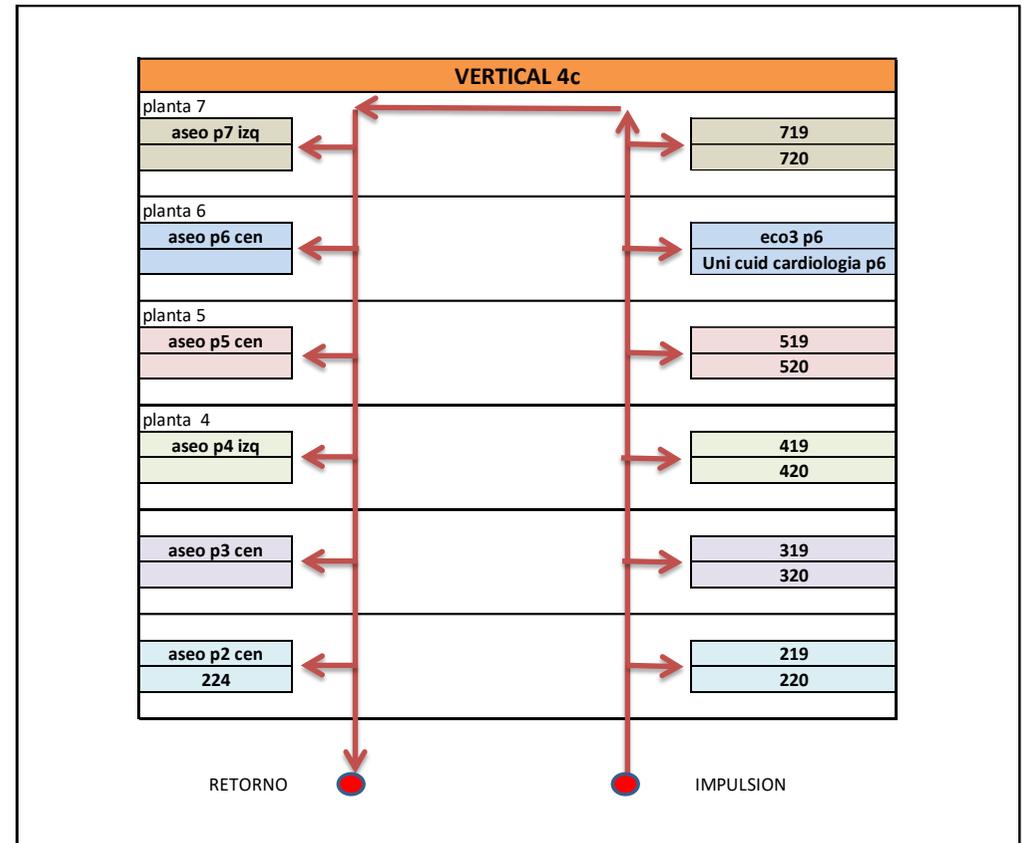


Figura 77A. Detalle de vertical 5ª ala centro y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	2	centro	5c	I	217
hg	2	centro	5c	I	218
hg	2	centro	5c	R	225
hg	3	centro	5c	I	317
hg	3	centro	5c	I	318
hg	4	centro	5c	I	417
hg	4	centro	5c	I	418
hg	5	centro	5c	I	517
hg	5	centro	5c	I	518
hg	6	centro	5c	I	eco2 p6
hg	7	centro	5c	I	717
hg	7	centro	5c	I	718

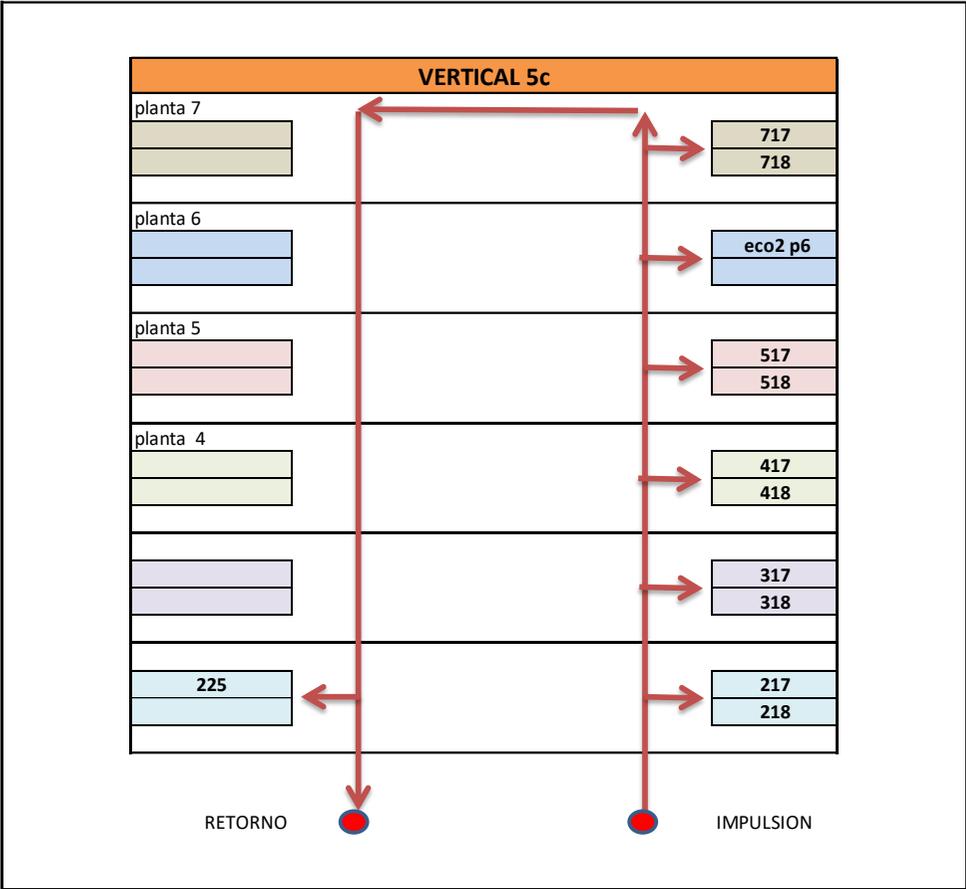


Figura 78A. Detalle de vertical 1ª ala izquierda y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	2	izquierda	1i	I	239
hg	2	izquierda	1i	I	240
hg	2	izquierda	1i	R	241
hg	2	izquierda	1i	R	242
hg	3	izquierda	1i	I	339
hg	3	izquierda	1i	I	340
hg	3	izquierda	1i	R	341
hg	3	izquierda	1i	R	342
hg	4	izquierda	1i	I	ictus
hg	4	izquierda	1i	NE	ictus
hg	4	izquierda	1i	R	441
hg	4	izquierda	1i	R	442
hg	5	izquierda	1i	I	539
hg	5	izquierda	1i	I	540
hg	5	izquierda	1i	R	541
hg	5	izquierda	1i	R	542
hg	6	izquierda	1i	I	639
hg	6	izquierda	1i	I	640
hg	6	izquierda	1i	R	641
hg	6	izquierda	1i	R	642
hg	7	izquierda	1i	I	739
hg	7	izquierda	1i	I	740
hg	7	izquierda	1i	R	741
hg	7	izquierda	1i	R	742

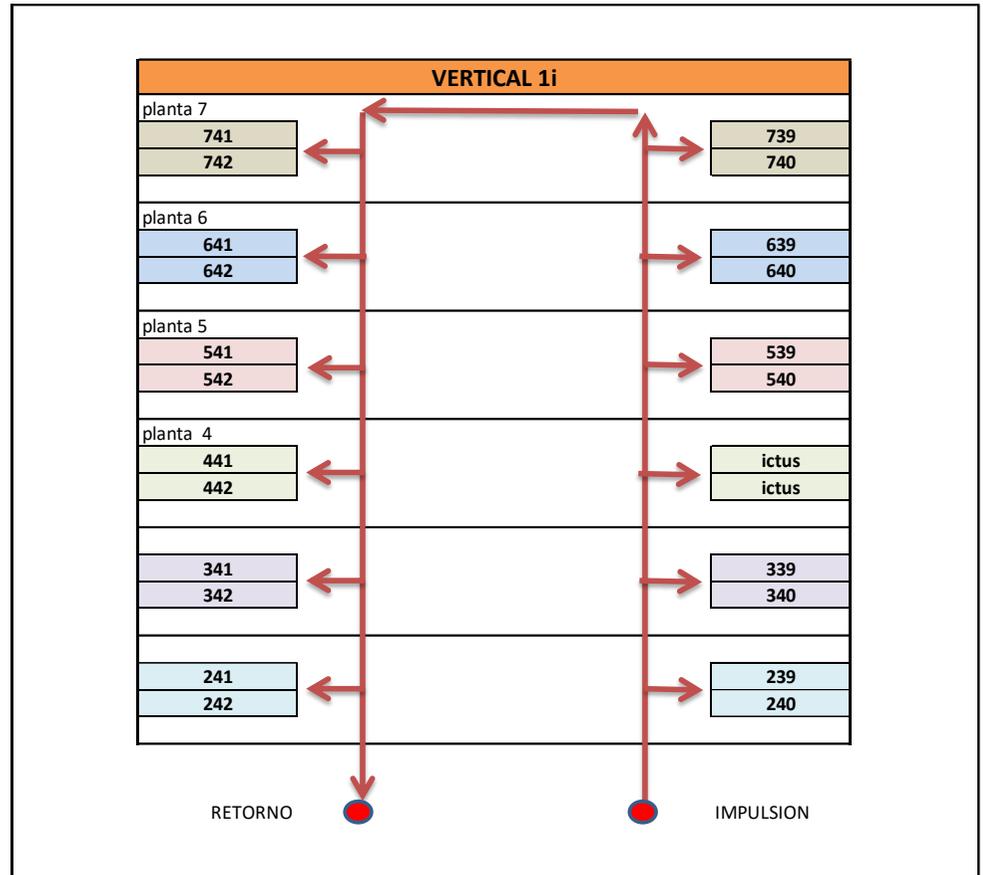


Figura 79A. Detalle de vertical 1ª ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	2	izquierda	2i	I	237
hg	2	izquierda	2i	I	238
hg	2	izquierda	2i	R	243
hg	3	izquierda	2i	I	337
hg	3	izquierda	2i	I	338
hg	3	izquierda	2i	R	343
hg	4	izquierda	2i	I	437
hg	4	izquierda	2i	I	ictus
hg	4	izquierda	2i	R	443
hg	5	izquierda	2i	I	537
hg	5	izquierda	2i	I	538
hg	5	izquierda	2i	R	543
hg	6	izquierda	2i	I	637
hg	6	izquierda	2i	I	638
hg	6	izquierda	2i	R	643
hg	7	izquierda	2i	I	737
hg	7	izquierda	2i	I	738
hg	7	izquierda	2i	R	743

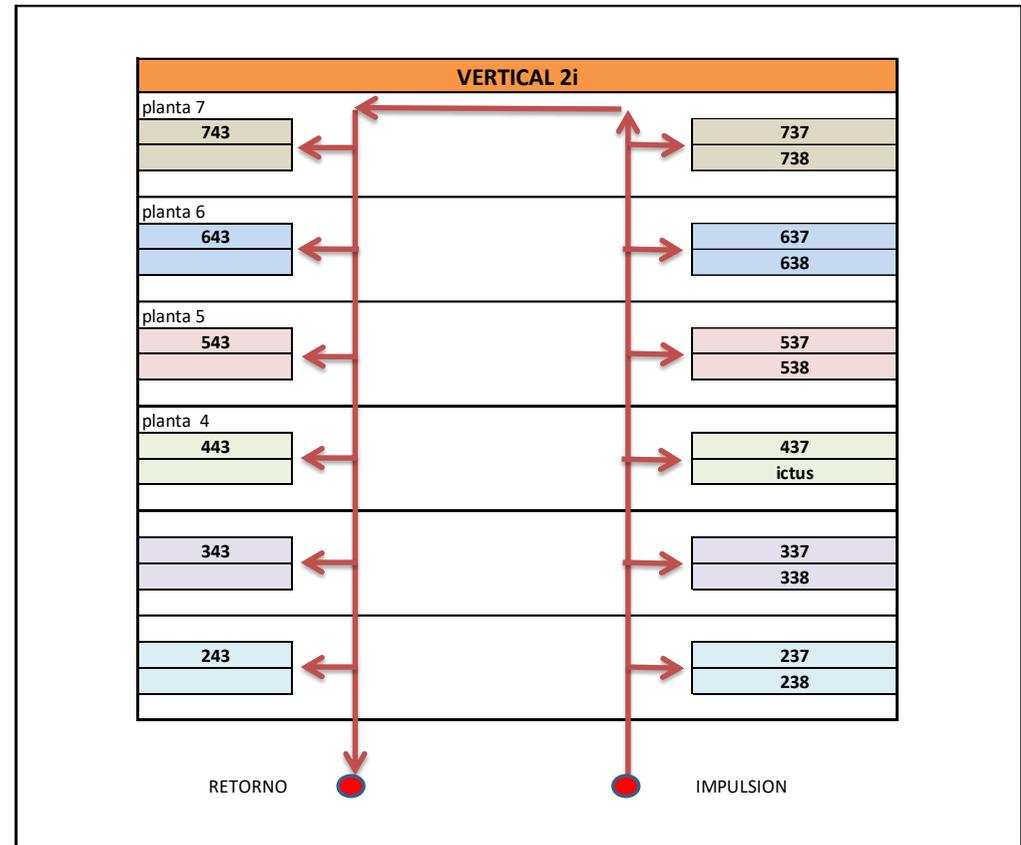


Figura 80A. Detalle de vertical 1ª ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	2	izquierda	3i	I	235
hg	2	izquierda	3i	I	236
hg	2	izquierda	3i	R	office p2 izq
hg	3	izquierda	3i	I	335
hg	3	izquierda	3i	I	336
hg	3	izquierda	3i	R	office p3 izq
hg	4	izquierda	3i	I	435
hg	4	izquierda	3i	I	436
hg	4	izquierda	3i	R	office p4 izq
hg	5	izquierda	3i	I	535
hg	5	izquierda	3i	I	536
hg	5	izquierda	3i	R	office p5 izq
hg	6	izquierda	3i	I	635
hg	6	izquierda	3i	I	636
hg	6	izquierda	3i	R	office p6 izq
hg	7	izquierda	3i	I	735
hg	7	izquierda	3i	I	736
hg	7	izquierda	3i	R	office p7 izq

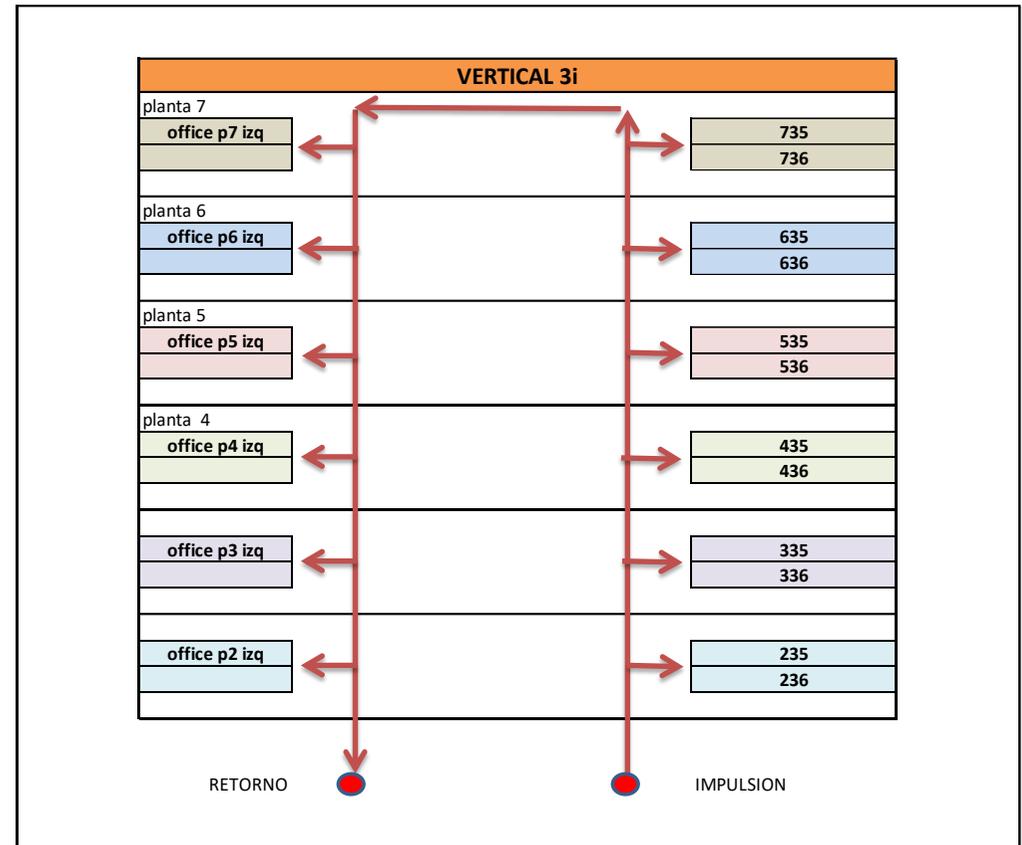


Figura 81A. Detalle de vertical 1ª ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG.

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	2	izquierda	4i	I	233
hg	2	izquierda	4i	I	234
hg	2	izquierda	4i	R	aseo p2 izq
hg	2	izquierda	4i	R	244
hg	3	izquierda	4i	I	333
hg	3	izquierda	4i	I	334
hg	3	izquierda	4i	R	aseo p3 izq
hg	3	izquierda	4i	R	344
hg	4	izquierda	4i	I	433
hg	4	izquierda	4i	I	434
hg	4	izquierda	4i	R	aseo p4 cen
hg	4	izquierda	4i	R	444
hg	5	izquierda	4i	I	533
hg	5	izquierda	4i	I	534
hg	5	izquierda	4i	R	aseo p5 izq
hg	5	izquierda	4i	R	544
hg	6	izquierda	4i	I	633
hg	6	izquierda	4i	I	634
hg	6	izquierda	4i	R	aseo p6 izq
hg	6	izquierda	4i	R	644
hg	7	izquierda	4i	I	733
hg	7	izquierda	4i	I	734
hg	7	izquierda	4i	R	aseo p7 cen
hg	7	izquierda	4i	R	744

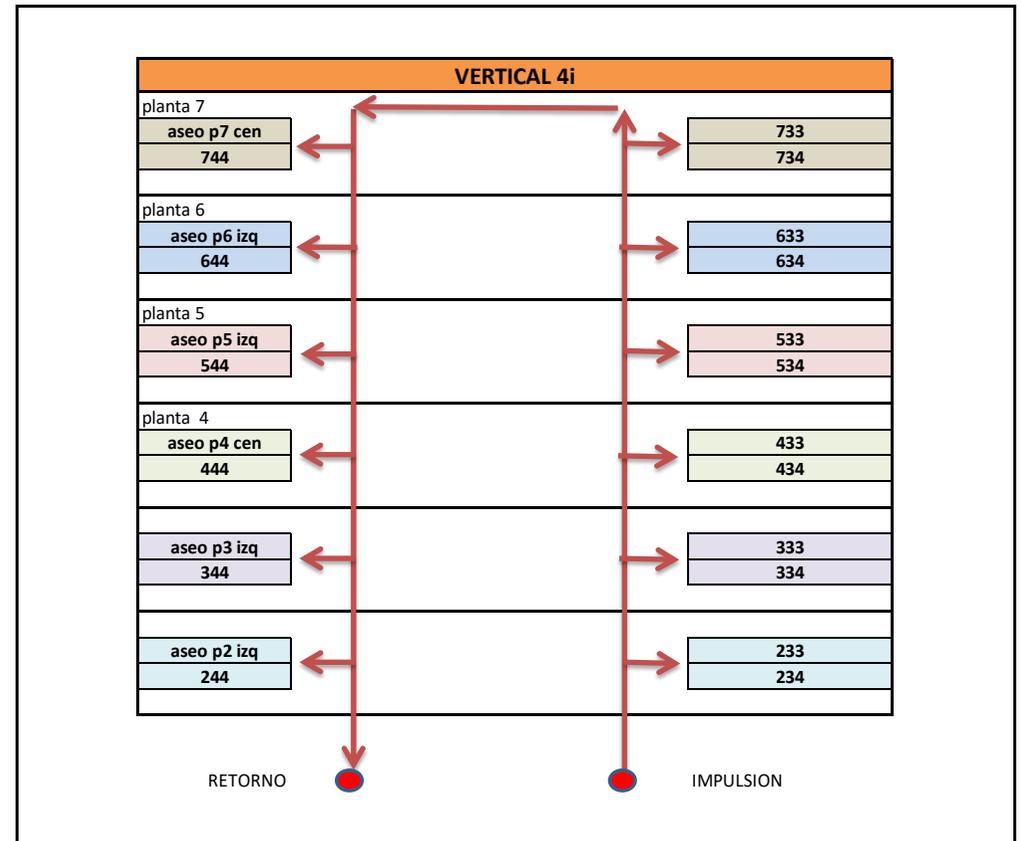


Figura 82A. Detalle de vertical 1ª ala derecha y habitaciones a las que da servicio de ACS. Pabellón HG..

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	2	izquierda	5i	I	231
hg	2	izquierda	5i	I	232
hg	2	izquierda	5i	R	245
hg	3	izquierda	5i	I	332
hg	3	izquierda	5i	R	345
hg	4	izquierda	5i	I	431
hg	4	izquierda	5i	I	432
hg	4	izquierda	5i	R	445
hg	5	izquierda	5i	I	531
hg	5	izquierda	5i	I	532
hg	5	izquierda	5i	R	545
hg	6	izquierda	5i	I	631
hg	6	izquierda	5i	I	632
hg	6	izquierda	5i	R	645
hg	7	izquierda	5i	I	731
hg	7	izquierda	5i	I	732
hg	7	izquierda	5i	R	745

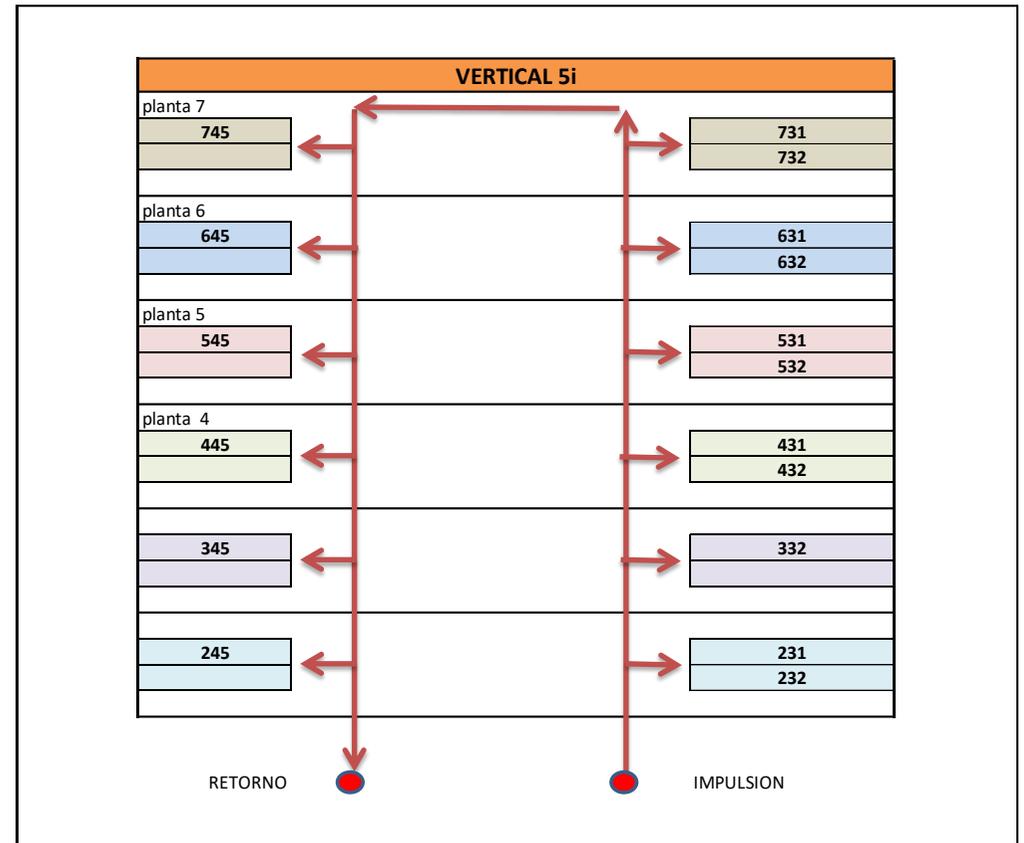


Figura 83A. Estudio de verticales por número de habitación en pabellón Hospital General. 2ª, 3ª y 4ª planta de hospitalización.

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion	edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion	edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	2	derecha	5d	I	201	hg	3	derecha	5d	I	301	hg	4	derecha	5d	I	401
hg	2	derecha	5d	I	202	hg	3	derecha	5d	I	302	hg	4	derecha	5d	I	402
hg	2	derecha	4d	I	203	hg	3	derecha	4d	I	303	hg	4	derecha	4d	I	403
hg	2	derecha	4d	I	204	hg	3	derecha	4d	I	304	hg	4	derecha	4d	I	404
hg	2	derecha	3d	I	205	hg	3	derecha	3d	I	305	hg	4	derecha	3d	I	405
hg	2	derecha	3d	I	206	hg	3	derecha	3d	I	306	hg	4	derecha	3d	I	406
hg	2	derecha	2d	I	207	hg	3	derecha	2d	I	307	hg	4	derecha	2d	I	407
hg	2	derecha	2d	I	208	hg	3	derecha	2d	I	308	hg	4	derecha	2d	I	408
hg	2	derecha	1d	I	209	hg	3	derecha	1d	I	309	hg	4	derecha	1d	I	409
hg	2	derecha	1d	I	210	hg	3	derecha	1d	I	310	hg	4	derecha	1d	I	410
hg	2	derecha	1d	R	211	hg	3	derecha	1d	R	311	hg	4	derecha	1d	R	411
hg	2	derecha	1d	R	212	hg	3	derecha	1d	R	312	hg	4	derecha	1d	R	412
hg	2	derecha	2d	R	214	hg	3	derecha	2d	R	314	hg	4	derecha	2d	R	414
hg	2	derecha	4d	R	215	hg	3	derecha	4d	R	315	hg	4	derecha	4d	R	415
hg	2	centro	5e	I	217	hg	3	centro	6e	I	316	hg	4	centro	6c	I	416
hg	2	centro	5e	I	218	hg	3	centro	5e	I	317	hg	4	centro	5c	I	417
hg	2	centro	4e	I	219	hg	3	centro	5c	I	318	hg	4	centro	5c	I	418
hg	2	centro	4e	I	220	hg	3	centro	4c	I	319	hg	4	centro	4c	I	419
hg	2	centro	3e	I	221	hg	3	centro	4c	I	320	hg	4	centro	4c	I	420
hg	2	centro	3e	I	222	hg	3	centro	3c	I	321	hg	4	centro	3c	I	421
hg	2	centro	2e	I	223	hg	3	centro	3c	I	322	hg	4	centro	3c	I	422
hg	2	centro	4e	R	224	hg	3	centro	2e	I	323	hg	4	centro	2e	I	423
hg	2	centro	5e	R	225	hg	3	centro	2c	I	324	hg	4	centro	2c	I	424
hg	2	centro	1e	I	227	hg	3	centro	1c	I	325	hg	4	centro	1c	I	425
hg	2	centro	1e	I	228	hg	3	centro	1c	I	326	hg	4	centro	1c	I	426
hg	2	centro	1e	R	229	hg	3	centro	1c	R	327	hg	4	centro	1c	R	427
hg	2	izquierda	5i	I	231	hg	3	centro	1c	R	328	hg	4	centro	1c	R	428
hg	2	izquierda	5i	I	232	hg	3	centro	2e	R	329	hg	4	centro	2e	R	429
hg	2	izquierda	4i	I	233	hg	3	izquierda	5i	I	332	hg	4	izquierda	5i	I	431
hg	2	izquierda	4i	I	234	hg	3	izquierda	4i	I	333	hg	4	izquierda	5i	I	432
hg	2	izquierda	3i	I	235	hg	3	izquierda	4i	I	334	hg	4	izquierda	4i	I	433
hg	2	izquierda	3i	I	236	hg	3	izquierda	3i	I	335	hg	4	izquierda	4i	I	434
hg	2	izquierda	2i	I	237	hg	3	izquierda	3i	I	336	hg	4	izquierda	3i	I	435
hg	2	izquierda	2i	I	238	hg	3	izquierda	2i	I	337	hg	4	izquierda	3i	I	436
hg	2	izquierda	1i	I	239	hg	3	izquierda	2i	I	338	hg	4	izquierda	2i	I	437
hg	2	izquierda	1i	I	240	hg	3	izquierda	1i	I	339	hg	4	izquierda	1i	R	441
hg	2	izquierda	1i	R	241	hg	3	izquierda	1i	I	340	hg	4	izquierda	1i	R	442
hg	2	izquierda	1i	R	242	hg	3	izquierda	1i	R	341	hg	4	izquierda	2i	R	443
hg	2	izquierda	2i	R	243	hg	3	izquierda	1i	R	342	hg	4	izquierda	4i	R	444
hg	2	izquierda	4i	R	244	hg	3	izquierda	2i	R	343	hg	4	izquierda	5i	R	445
hg	2	izquierda	5i	R	245	hg	3	izquierda	4i	R	344	hg	4	izquierda	4i	I	aseo p4 cen
hg	2	centro	4e	R	aseo p2 cen	hg	3	izquierda	5i	R	345	hg	4	derecha	4d	R	aseo p4 dcha
hg	2	derecha	4d	R	aseo p2 dcha	hg	3	centro	4c	R	aseo p3 cen	hg	4	centro	4c	R	aseo p4 izq
hg	2	izquierda	4i	R	aseo p2 izq	hg	3	derecha	4d	R	aseo p3 dcha	hg	4	izquierda	1i	I	ictus
hg	2	centro	6e	I	hosp domicilio	hg	3	izquierda	4i	R	aseo p3 izq	hg	4	izquierda	1i	NE	ictus
hg	2	centro	3c	R	office p2 cen	hg	3	centro	3c	R	office p3 cen	hg	4	izquierda	2i	I	ictus
hg	2	derecha	3d	R	office p2 dcha	hg	3	derecha	3d	R	office p3 der	hg	4	centro	3c	R	office p4 cen
hg	2	izquierda	3i	R	office p2 izq	hg	3	izquierda	3i	R	office p3 izq	hg	4	derecha	3d	R	office p4 der
hg	2	centro	2c	I	vestuario cnp							hg	4	izquierda	3i	R	office p4 izq

Figura 84A. Estudio de verticales por número de habitación en pabellón Hospital General. 5ª, 6ª y 7ª planta de hospitalización.

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion	edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion	edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	5	derecha	5d	I	501	hg	6	derecha	5d	I	601	hg	7	derecha	5d	I	701
hg	5	derecha	5d	I	502	hg	6	derecha	5d	I	602	hg	7	derecha	5d	I	702
hg	5	derecha	4d	I	503	hg	6	derecha	4d	I	603	hg	7	derecha	4d	I	703
hg	5	derecha	4d	I	504	hg	6	derecha	4d	I	604	hg	7	derecha	4d	I	704
hg	5	derecha	3d	I	505	hg	6	derecha	3d	I	605	hg	7	derecha	3d	I	705
hg	5	derecha	3d	I	506	hg	6	derecha	3d	I	606	hg	7	derecha	4d	R	715
hg	5	derecha	2d	I	507	hg	6	derecha	2d	I	607	hg	7	centro	6c	I	716
hg	5	derecha	2d	I	508	hg	6	derecha	2d	I	608	hg	7	centro	5c	I	717
hg	5	derecha	1d	I	509	hg	6	derecha	1d	I	609	hg	7	centro	5c	I	718
hg	5	derecha	1d	I	510	hg	6	derecha	1d	I	610	hg	7	centro	4c	I	719
hg	5	derecha	1d	R	511	hg	6	derecha	1d	R	611	hg	7	centro	4c	I	720
hg	5	derecha	1d	R	512	hg	6	derecha	1d	R	612	hg	7	centro	3c	I	721
hg	5	derecha	2d	R	514	hg	6	derecha	2d	R	614	hg	7	centro	3c	I	722
hg	5	derecha	4d	R	515	hg	6	derecha	4d	R	615	hg	7	centro	2c	I	723
hg	5	centro	6c	I	516	hg	6	centro	2c	I	623	hg	7	centro	2c	I	724
hg	5	centro	5c	I	517	hg	6	centro	2c	I	624	hg	7	centro	1c	I	725
hg	5	centro	5c	I	518	hg	6	centro	1c	I	625	hg	7	centro	1c	I	726
hg	5	centro	4c	I	519	hg	6	centro	1c	I	626	hg	7	centro	1c	R	727
hg	5	centro	4c	I	520	hg	6	centro	1c	R	627	hg	7	centro	1c	R	728
hg	5	centro	3c	I	521	hg	6	centro	1c	R	628	hg	7	centro	2c	R	729
hg	5	centro	3c	I	522	hg	6	centro	2c	R	629	hg	7	izquierda	5i	I	731
hg	5	centro	2c	I	523	hg	6	izquierda	5i	I	631	hg	7	izquierda	5i	I	732
hg	5	centro	2c	I	524	hg	6	izquierda	5i	I	632	hg	7	izquierda	4i	I	733
hg	5	centro	1c	I	525	hg	6	izquierda	4i	I	633	hg	7	izquierda	4i	I	734
hg	5	centro	1c	I	526	hg	6	izquierda	4i	I	634	hg	7	izquierda	3i	I	735
hg	5	centro	1c	R	527	hg	6	izquierda	3i	I	635	hg	7	izquierda	3i	I	736
hg	5	centro	1c	R	528	hg	6	izquierda	3i	I	636	hg	7	izquierda	2i	I	737
hg	5	centro	2c	R	529	hg	6	izquierda	2i	I	637	hg	7	izquierda	2i	I	738
hg	5	izquierda	5i	I	531	hg	6	izquierda	2i	I	638	hg	7	izquierda	1i	I	739
hg	5	izquierda	5i	I	532	hg	6	izquierda	1i	I	639	hg	7	izquierda	1i	I	740
hg	5	izquierda	4i	I	533	hg	6	izquierda	1i	I	640	hg	7	izquierda	1i	R	741
hg	5	izquierda	4i	I	534	hg	6	izquierda	1i	R	641	hg	7	izquierda	1i	R	742
hg	5	izquierda	3i	I	535	hg	6	izquierda	1i	R	642	hg	7	izquierda	2i	R	743
hg	5	izquierda	3i	I	536	hg	6	izquierda	2i	R	643	hg	7	izquierda	4i	R	744
hg	5	izquierda	2i	I	537	hg	6	izquierda	4i	R	644	hg	7	izquierda	5i	R	745
hg	5	izquierda	2i	I	538	hg	6	izquierda	5i	R	645	hg	7	izquierda	4i	R	aseo p7 cen
hg	5	izquierda	1i	I	539	hg	6	centro	5c	I	eco2 p6	hg	7	derecha	4d	R	aseo p7 dcha
hg	5	izquierda	1i	I	540	hg	6	centro	4c	R	aseo p6 cen	hg	7	centro	4c	R	aseo p7 izq
hg	5	izquierda	1i	R	541	hg	6	izquierda	4i	R	aseo p6 izq	hg	7	centro	3c	R	office p7 cen
hg	5	izquierda	1i	R	542	hg	6	derecha	4d	R	aseo p7 dcha	hg	7	derecha	3d	R	office p7 der
hg	5	izquierda	2i	R	543	hg	6	centro	6c	I	eco1 p6	hg	7	izquierda	3i	R	office p7 izq
hg	5	izquierda	4i	R	544	hg	6	centro	4c	I	eco3 p6	hg	7	derecha	3d	I	UCRI 1 p7
hg	5	izquierda	5i	R	545	hg	6	centro	3c	I	office p6 cen	hg	7	derecha	2d	I	UCRI 2 p7
hg	5	centro	4c	R	aseo p5 cen	hg	6	derecha	3d	R	office p6 der	hg	7	derecha	2d	I	UCRI 3 p7
hg	5	derecha	4d	R	aseo p5 dcha	hg	6	izquierda	3i	R	office p6 izq	hg	7	derecha	1d	I	UCRI 4 p7
hg	5	izquierda	4i	R	aseo p5 izq	hg	6	centro	3c	I	euid cardiologi	hg	7	derecha	1d	I	UCRI 5 p7
hg	5	centro	3c	R	office p5 cen	hg	6	centro	3c	NE	euid cardiologi	hg	7	derecha	1d	R	UCRI 6 p7
hg	5	derecha	3d	R	office p5 der	hg	6	centro	4c	I	euid cardiologi	hg	7	derecha	1d	R	UCRI 7 p7
hg	5	izquierda	3i	R	office p5 izq							hg	7	derecha	2d	R	UCRI 8 P7

Figura 85A. Estudio de verticales por planta 2ª, 3ª y 4ª de pabellón Hospital General.

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion	edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion	edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	2	centro	1c	I	227	hg	3	centro	1c	I	325	hg	4	centro	1c	I	425
hg	2	centro	1c	I	228	hg	3	centro	1c	I	326	hg	4	centro	1c	I	426
hg	2	centro	1c	R	229	hg	3	centro	1c	R	327	hg	4	centro	1c	R	427
hg	2	centro	2c	I	vestuario cnp	hg	3	centro	1c	R	328	hg	4	centro	1c	R	428
hg	2	centro	2c	I	223	hg	3	centro	2c	I	323	hg	4	centro	2c	I	423
hg	2	centro	3c	I	221	hg	3	centro	2c	I	324	hg	4	centro	2c	I	424
hg	2	centro	3c	I	222	hg	3	centro	2c	R	329	hg	4	centro	2c	R	429
hg	2	centro	3c	R	office p2 cen	hg	3	centro	3c	I	321	hg	4	centro	3c	I	421
hg	2	centro	4c	I	219	hg	3	centro	3c	I	322	hg	4	centro	3c	I	422
hg	2	centro	4c	I	220	hg	3	centro	3c	R	office p3 cen	hg	4	centro	3c	R	office p4 cen
hg	2	centro	4c	R	aseo p2 cen	hg	3	centro	4c	I	319	hg	4	centro	4c	I	419
hg	2	centro	4c	R	224	hg	3	centro	4c	I	320	hg	4	centro	4c	I	420
hg	2	centro	5c	I	217	hg	3	centro	4c	R	aseo p3 cen	hg	4	centro	4c	R	aseo p4 izq
hg	2	centro	5c	I	218	hg	3	centro	5c	I	317	hg	4	centro	5c	I	417
hg	2	centro	5c	R	225	hg	3	centro	5c	I	318	hg	4	centro	5c	I	418
hg	2	centro	6c	I	hosp domicilio	hg	3	centro	6c	I	316	hg	4	centro	6c	I	416
hg	2	derecha	1d	I	209	hg	3	derecha	1d	I	309	hg	4	derecha	1d	I	409
hg	2	derecha	1d	I	210	hg	3	derecha	1d	I	310	hg	4	derecha	1d	I	410
hg	2	derecha	1d	R	211	hg	3	derecha	1d	R	311	hg	4	derecha	1d	R	411
hg	2	derecha	1d	R	212	hg	3	derecha	1d	R	312	hg	4	derecha	1d	R	412
hg	2	derecha	2d	I	207	hg	3	derecha	2d	I	307	hg	4	derecha	2d	I	407
hg	2	derecha	2d	I	208	hg	3	derecha	2d	I	308	hg	4	derecha	2d	I	408
hg	2	derecha	2d	R	214	hg	3	derecha	2d	R	314	hg	4	derecha	2d	R	414
hg	2	derecha	3d	I	205	hg	3	derecha	3d	I	305	hg	4	derecha	3d	I	405
hg	2	derecha	3d	I	206	hg	3	derecha	3d	I	306	hg	4	derecha	3d	I	406
hg	2	derecha	3d	R	office p2 dcha	hg	3	derecha	3d	R	office p3 der	hg	4	derecha	3d	R	office p4 der
hg	2	derecha	4d	I	203	hg	3	derecha	4d	I	303	hg	4	derecha	4d	I	403
hg	2	derecha	4d	I	204	hg	3	derecha	4d	I	304	hg	4	derecha	4d	I	404
hg	2	derecha	4d	R	215	hg	3	derecha	4d	R	315	hg	4	derecha	4d	R	415
hg	2	derecha	4d	R	aseo p2 dcha	hg	3	derecha	4d	R	aseo p3 dcha	hg	4	derecha	4d	R	aseo p4 dcha
hg	2	derecha	5d	I	201	hg	3	derecha	5d	I	301	hg	4	derecha	5d	I	401
hg	2	derecha	5d	I	202	hg	3	derecha	5d	I	302	hg	4	derecha	5d	I	402
hg	2	derecha	5d	R	administracion p2	hg	3	derecha	5d	R	administracion p3	hg	4	derecha	5d	R	administracion p4
hg	2	izquierda	1i	I	239	hg	3	izquierda	1i	I	339	hg	4	izquierda	1i	I	ictus
hg	2	izquierda	1i	I	240	hg	3	izquierda	1i	I	340	hg	4	izquierda	1i	NE	ictus
hg	2	izquierda	1i	R	241	hg	3	izquierda	1i	R	341	hg	4	izquierda	1i	R	441
hg	2	izquierda	1i	R	242	hg	3	izquierda	1i	R	342	hg	4	izquierda	1i	R	442
hg	2	izquierda	2i	I	237	hg	3	izquierda	2i	I	337	hg	4	izquierda	2i	I	437
hg	2	izquierda	2i	I	238	hg	3	izquierda	2i	I	338	hg	4	izquierda	2i	I	ictus
hg	2	izquierda	2i	R	243	hg	3	izquierda	2i	R	343	hg	4	izquierda	2i	R	443
hg	2	izquierda	3i	I	235	hg	3	izquierda	3i	I	335	hg	4	izquierda	3i	I	435
hg	2	izquierda	3i	I	236	hg	3	izquierda	3i	I	336	hg	4	izquierda	3i	I	436
hg	2	izquierda	3i	R	office p2 izq	hg	3	izquierda	3i	R	office p3 izq	hg	4	izquierda	3i	R	office p4 izq
hg	2	izquierda	4i	I	233	hg	3	izquierda	4i	I	333	hg	4	izquierda	4i	I	433
hg	2	izquierda	4i	I	234	hg	3	izquierda	4i	I	334	hg	4	izquierda	4i	I	434
hg	2	izquierda	4i	R	aseo p2 izq	hg	3	izquierda	4i	R	aseo p3 izq	hg	4	izquierda	4i	R	aseo p4 cen
hg	2	izquierda	4i	R	244	hg	3	izquierda	4i	R	344	hg	4	izquierda	4i	R	444
hg	2	izquierda	5i	I	231	hg	3	izquierda	5i	I	332	hg	4	izquierda	5i	I	431
hg	2	izquierda	5i	I	232	hg	3	izquierda	5i	R	345	hg	4	izquierda	5i	I	432
hg	2	izquierda	5i	R	245	hg	3	izquierda	5i	R	345	hg	4	izquierda	5i	R	445

Figura 86A. Estudio de verticales por planta 5ª, 6ª y 7ª de pabellón Hospital General.

edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion	edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion	edificio	planta	ala	vertical	imp/ret	habitacion
hg	5	centro	1c	I	525	hg	6	centro	1c	I	625	hg	7	centro	1c	I	725
hg	5	centro	1c	I	526	hg	6	centro	1c	I	626	hg	7	centro	1c	I	726
hg	5	centro	1c	R	527	hg	6	centro	1c	R	627	hg	7	centro	1c	R	727
hg	5	centro	1c	R	528	hg	6	centro	1c	R	628	hg	7	centro	1c	R	728
hg	5	centro	2c	I	523	hg	6	centro	2c	I	623	hg	7	centro	2c	I	723
hg	5	centro	2c	I	524	hg	6	centro	2c	I	624	hg	7	centro	2c	I	724
hg	5	centro	2c	R	529	hg	6	centro	2c	R	629	hg	7	centro	2c	R	729
hg	5	centro	3c	I	521	hg	6	centro	3c	I	cuid cardiologi	hg	7	centro	3c	I	721
hg	5	centro	3c	I	522	hg	6	centro	3c	R	office p6 cen	hg	7	centro	3c	I	722
hg	5	centro	3c	R	office p5 cen	hg	6	centro	4c	I	eco3 p6	hg	7	centro	3c	R	office p7 cen
hg	5	centro	4c	I	519	hg	6	centro	4c	I	cuid cardiologi	hg	7	centro	4c	I	719
hg	5	centro	4c	I	520	hg	6	centro	4c	R	aseo p6 cen	hg	7	centro	4c	I	720
hg	5	centro	4c	R	aseo p5 cen	hg	6	centro	5c	I	eco2 p6	hg	7	centro	4c	R	aseo p7 izq
hg	5	centro	5c	I	517	hg	6	centro	6c	I	eco1 p6	hg	7	centro	5c	I	717
hg	5	centro	5c	I	518	hg	6	derecha	1d	I	609	hg	7	centro	5c	I	718
hg	5	centro	6c	I	516	hg	6	derecha	1d	I	610	hg	7	centro	6c	I	716
hg	5	derecha	1d	I	509	hg	6	derecha	1d	R	611	hg	7	derecha	1d	I	UCRI 4 p7
hg	5	derecha	1d	I	510	hg	6	derecha	1d	R	612	hg	7	derecha	1d	I	UCRI 5 p7
hg	5	derecha	1d	R	511	hg	6	derecha	2d	I	607	hg	7	derecha	1d	R	UCRI 6 p7
hg	5	derecha	1d	R	512	hg	6	derecha	2d	I	608	hg	7	derecha	1d	R	UCRI 7 p7
hg	5	derecha	2d	I	507	hg	6	derecha	2d	R	614	hg	7	derecha	2d	I	UCRI 2 p7
hg	5	derecha	2d	I	508	hg	6	derecha	3d	I	605	hg	7	derecha	2d	I	UCRI 3 p7
hg	5	derecha	2d	R	514	hg	6	derecha	3d	I	606	hg	7	derecha	2d	R	UCRI 8 p7
hg	5	derecha	3d	I	505	hg	6	derecha	3d	R	office p6 der	hg	7	derecha	3d	I	705
hg	5	derecha	3d	I	506	hg	6	derecha	4d	I	603	hg	7	derecha	3d	I	UCRI 1 p7
hg	5	derecha	3d	R	office p5 der	hg	6	derecha	4d	I	604	hg	7	derecha	3d	R	office p7 der
hg	5	derecha	4d	I	503	hg	6	derecha	4d	R	615	hg	7	derecha	4d	I	703
hg	5	derecha	4d	I	504	hg	6	derecha	4d	R	aseo p7 dcha	hg	7	derecha	4d	I	704
hg	5	derecha	4d	R	515	hg	6	derecha	5d	I	601	hg	7	derecha	4d	R	715
hg	5	derecha	4d	R	aseo p5 dcha	hg	6	derecha	5d	I	602	hg	7	derecha	4d	R	aseo p7 dcha
hg	5	derecha	5d	I	501	hg	6	derecha	5d	R	administracion p	hg	7	derecha	5d	I	701
hg	5	derecha	5d	I	502	hg	6	izquierda	1i	I	639	hg	7	derecha	5d	I	702
hg	5	derecha	5d	R	administracion p	hg	6	izquierda	1i	I	640	hg	7	derecha	5d	R	administracion p
hg	5	izquierda	1i	I	539	hg	6	izquierda	1i	R	641	hg	7	izquierda	1i	I	739
hg	5	izquierda	1i	I	540	hg	6	izquierda	1i	R	642	hg	7	izquierda	1i	I	740
hg	5	izquierda	1i	R	541	hg	6	izquierda	2i	I	637	hg	7	izquierda	1i	R	741
hg	5	izquierda	1i	R	542	hg	6	izquierda	2i	I	638	hg	7	izquierda	1i	R	742
hg	5	izquierda	2i	I	537	hg	6	izquierda	2i	R	643	hg	7	izquierda	2i	I	737
hg	5	izquierda	2i	I	538	hg	6	izquierda	3i	I	635	hg	7	izquierda	2i	I	738
hg	5	izquierda	2i	R	543	hg	6	izquierda	3i	I	636	hg	7	izquierda	2i	R	743
hg	5	izquierda	3i	I	535	hg	6	izquierda	3i	R	office p6 izq	hg	7	izquierda	3i	I	735
hg	5	izquierda	3i	I	536	hg	6	izquierda	4i	I	633	hg	7	izquierda	3i	I	736
hg	5	izquierda	3i	R	office p5 izq	hg	6	izquierda	4i	I	634	hg	7	izquierda	3i	R	office p7 izq
hg	5	izquierda	4i	I	533	hg	6	izquierda	4i	R	aseo p6 izq	hg	7	izquierda	4i	I	733
hg	5	izquierda	4i	I	534	hg	6	izquierda	4i	R	644	hg	7	izquierda	4i	I	734
hg	5	izquierda	4i	R	aseo p5 izq	hg	6	izquierda	5i	I	631	hg	7	izquierda	4i	R	aseo p7 cen
hg	5	izquierda	4i	R	544	hg	6	izquierda	5i	I	632	hg	7	izquierda	4i	R	744
hg	5	izquierda	5i	I	531	hg	6	izquierda	5i	R	645	hg	7	izquierda	5i	I	731
hg	5	izquierda	5i	I	532							hg	7	izquierda	5i	I	732
hg	5	izquierda	5i	R	545							hg	7	izquierda	5i	R	745

9.4. Anexo IV. Estudio de correlaciones

Índice Tablas

Tabla 46A. Concentración de material bacteriano medido por la técnica de PCRq y el tiempo en segundos del alcanzar el ACS los 50°C.

Tabla 47A. Valor de PCRq y la temperatura obtenida en grifo abierto de ACS a los 5 minutos.

Tabla 48A. Niveles de cATP y nivel de cloro al minuto de grifo de ACS abierto.

Tabla 49A. Niveles de cATP y el nivel de cloro a los 5 minutos de grifo de ACS abierto.

Tabla 50A. Niveles de ATP y la concentración de material bacteriano medido por PCRq.

Tabla 51A. Nivel de Cl al minuto de ACS en grifo abierto y la concentración de material bacteriano de bacterias medidas por PCRq.

Tabla 52A. Nivel de Cl a los 5 de ACS en grifo abierto y la concentración de material bacteriano de bacterias medidas por PCRq.

Tabla 53A. Resultados positivos de muestras ambientales de ACS por método de *Legionella* y el tiempo necesario para conseguir 50 C° en agua de grifo abierto.

Tabla 54A. Resultados positivos de muestras ambientales de ACS por método de *Legionella* y la temperatura a los 5 minutos en agua de grifo abierto.

Tabla 55A. Presencia de *Legionella* en cultivo y la concentración de cATP.

Tabla 56A. Concentración de *Legionella* en cultivo y nivel de cloro en 1 minuto de agua corriente.

Tabla 57A. Concentración de *Legionella* en cultivo y nivel de cloro a los 5 minutos de agua corriente.

Tabla 58A. Valores de resultados positivos en muestras ambientales por método de cultivo y método de PCRq.

Correlación 1. Concentración de material bacteriano medido por la técnica de PCRq y el tiempo en segundos del alcanzar el ACS los 50°C.

Tabla 46A. Correlación de valores obtenidos en estudio correlación entre valor de PCRq y tiempo conseguir agua a 50 C°.

			PCRq	t seg 50°C
Tau_b de Kendall	-,081	t seg 50oC	Coefficiente de correlación	1,000
	,713		Sig. (bilateral)	.
	14	PCRq	N	14
	1,000		Coefficiente de correlación	-,081
.		Sig. (bilateral)	,713	
	22		N	14
Rho de Spearman	-,086	t seg 50oC	Coefficiente de correlación	1,000
	,771		Sig. (bilateral)	.
	14	PCRq	N	14
	1,000		Coefficiente de correlación	-,086
.		Sig. (bilateral)	,771	
	22		N	14

No hubo correlación.

Correlación 2. Valor de PCRq y la temperatura obtenida en grifo abierto de ACS a los 5 minutos.

Tabla 47A. Correlación de valores obtenidos en estudio correlación entre valor de PCRq y la temperatura obtenida en grifo abierto de ACS a los 5 minutos.

			PCRq	Tª los 5 min
Tau_b de Kendall	PCRq	Coefficiente de correlación	1,000	-,356*
		Sig. (bilateral)	.	,027
		N	22	22
	Ta los 5 min	Coefficiente de correlación	-,356*	1,000
		Sig. (bilateral)	,027	.
		N	22	22
Rho de Spearman	PCRq	Coefficiente de correlación	1,000	-,450*
		Sig. (bilateral)	.	,035
		N	22	22
	Ta los 5 min	Coefficiente de correlación	-,450*	1,000
		Sig. (bilateral)	,035	.
		N	22	22

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Correlación 3. Niveles de cATP y nivel de cloro al minuto de grifo de ACS abierto.

Tabla 48A. Correlación entre los niveles de cATP y nivel de cloro al minuto de grifo de ACS abierto

			cATP	Cl_1min
Tau_b Kendall	de cATP	Coeficiente de correlación	1,000	-,592**
		Sig. (bilateral)		,000
		N	22	20
	Cl_1min	Coeficiente de correlación	-,592**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	
		N	20	20
Rho Spearman	de cATP	Coeficiente de correlación	1,000	-,762**
		Sig. (bilateral)		,000
		N	22	20
	Cl_1min	Coeficiente de correlación	-,762**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	
		N	20	20

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Correlación 4. Niveles de cATP y el nivel de cloro a los 5 minutos de grifo de ACS abierto.

Tabla 49A. Correlación entre los niveles de cATP y el nivel de cloro a los 5 minutos de grifo de ACS abierto.

			cATP	Cl_5min
Tau_b de Kendall	catp	coeficiente de correlación	1,000	-,343*
		sig. (bilateral)		,026
		n	22	22
	cl_5min	coeficiente de correlación	-,343*	1,000
		sig. (bilateral)	,026	
		n	22	22
Rho de Spearman	catp	coeficiente de correlación	1,000	-,435*
		sig. (bilateral)		,043
		n	22	22
	cl_5min	coeficiente de correlación	-,435*	1,000
		sig. (bilateral)	,043	
		n	22	22

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Correlación 5. Niveles de ATP y la concentración de material bacteriano medido por PCRq.

Tabla 50A. Correlación entre niveles de ATP y la concentración de material bacteriano medido por PCRq.

			PCRq	cATP
Tau_b de Kendall	PCR	Coeficiente de correlación	1,000	,292
		Sig. (bilateral)	.	,068
		N	22	22
	cAT	Coeficiente de correlación	,292	1,000
		Sig. (bilateral)	,068	.
		N	22	22
Rho de Spearman	PCR	Coeficiente de correlación	1,000	,405
		Sig. (bilateral)	.	,061
		N	22	22
	cAT	Coeficiente de correlación	,405	1,000
		Sig. (bilateral)	,061	.
		N	22	22

No hubo correlación.

Correlación 6. Nivel de Cl al minuto de ACS en grifo abierto y la concentración de material bacteriano de bacterias medidas por PCRq.

Tabla 51A. Nivel de Cl al minuto de ACS en grifo abierto y la concentración de material bacteriano de bacterias medidas por PCRq

			<i>PCRq</i>	<i>Cloro 1m</i>
<i>Tau_b de Kendall</i>	PCRq	Coefficiente de correlación	1,000	-,181
		Sig. (bilateral)	.	,294
		N	22	20
	Cloro 1m	Coefficiente de correlación	-,181	1,000
		Sig. (bilateral)	,294	.
		N	20	20
<i>Rho de Spearman</i>	PCRq	Coefficiente de correlación	1,000	-,244
		Sig. (bilateral)	.	,301
		N	22	20
	Cloro 1m	Coefficiente de correlación	-,244	1,000
		Sig. (bilateral)	,301	.
		N	20	20

No hubo correlación.

Correlación 7. Nivel de Cl a los 5 de ACS en grifo abierto y la concentración de material bacteriano de bacterias medidas por PCRq.

Tabla 52A. Correlación entre el nivel de Cl a los 5 minutos de ACS en grifo abierto y la concentración de material bacteriano de bacterias medidas por PCRq.

			<i>PCRq</i>	<i>Cloro 5 m</i>
<i>Tau_b de Kendall</i>	PCRq	Coefficiente de correlación	1,000	,117
		Sig. (bilateral)	.	,468
		N	22	22
	Cloro 5 m	Coefficiente de correlación	,117	1,000
		Sig. (bilateral)	,468	.
		N	22	22
<i>Rho de Spearman</i>	PCRq	Coefficiente de correlación	1,000	,162
		Sig. (bilateral)	.	,470
		N	22	22
	Cloro 5 m	Coefficiente de correlación	,162	1,000
		Sig. (bilateral)	,470	.
		N	22	22

No hubo correlación.

Correlación 8. Resultados positivos de muestras ambientales de ACS por método de *Legionella* y el tiempo necesario para conseguir 50 C° en agua de grifo abierto.

Tabla 53A. Correlación entre resultados positivos de muestras ambientales de ACS por método de *Legionella* y el tiempo necesario para conseguir 50 C° en agua de grifo abierto.

		<i>Legionella</i>		T50°C
Tau_b de Kendall	<i>Legionella</i>	Coeficiente de correlación	1,000	-,101
		Sig. (bilateral)	.	,687
		N	21	13
	T50oC	Coeficiente de correlación	-,101	1,000
		Sig. (bilateral)	,687	.
		N	13	14
Rho de Spearman	<i>Legionella</i>	Coeficiente de correlación	1,000	-,116
		Sig. (bilateral)	.	,705
		N	21	13
	T50°C	Coeficiente de correlación	-,116	1,000
		Sig. (bilateral)	,705	.
		N	13	14

No hubo correlación

Correlación 9. Resultados positivos de muestras ambientales de ACS por método de *Legionella* y la temperatura a los 5 minutos en agua de grifo abierto.

Tabla 54A. Correlación entre resultados positivos de muestras ambientales de ACS por método de *Legionella* y la temperatura a los 5 minutos en agua de grifo abierto.

			<i>Legionella</i>	T 5 min
Tau_b de Kendall	<i>Legionella</i>	Coefficiente de correlación	1,000	-,423*
		Sig. (bilateral)	.	,021
		N	21	21
	T 5 min	Coefficiente de correlación	-,423*	1,000
		Sig. (bilateral)	,021	.
		N	21	22
Rho de Spearman	<i>Legionella</i>	Coefficiente de correlación	1,000	-,507*
		Sig. (bilateral)	.	,019
		N	21	21
	T5 min	Coefficiente de correlación	-,507*	1,000
		Sig. (bilateral)	,019	.
		N	21	22

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Correlación 10. Presencia de *Legionella* en cultivo y la concentración de cATP.

Tabla 55A. Correlación entre la presencia de *Legionella* en cultivo y la concentración de cATP.

			<i>Legionella</i>	cATP
Tau_b de Kendall	<i>Legionella</i>	Coefficiente correlación	de 1,000	,229
		Sig. (bilateral)	.	,211
		N	21	21
	cATP	Coefficiente correlación	de ,229	1,000
		Sig. (bilateral)	,211	.
		N	21	22
Rho de Spearman	<i>Legionella</i>	Coefficiente correlación	de 1,000	,289
		Sig. (bilateral)	.	,204
		N	21	21
	cATP	Coefficiente correlación	de ,289	1,000
		Sig. (bilateral)	,204	.
		N	21	22

No hubo correlación.

Correlación 11. Concentración de *Legionella* en cultivo y nivel de cloro en 1 minuto de agua corriente.

Tabla 56A. Correlación entre la *Legionella* en cultivo y nivel de cloro en 1 minuto de agua corriente.

					<i>Legionella</i>	<i>Cloro</i> <i>1 min</i>
<i>Tau_b</i> <i>Kendall</i>	<i>de</i>	<i>Legionella</i>	Coefficiente correlación	de	1,000	.
			Sig. (bilateral)		.	.
	Cloro1 min		N		21	2
			Coefficiente correlación	de		0,1822
			Sig. (bilateral)		0,4171	
			N		2	2
<i>Rho</i> <i>Spearman</i>	<i>de</i>	<i>Legionella</i>	Coefficiente correlación	de	1,000	.
			Sig. (bilateral)		.	.
	Cloro1 min		N		21	2
			Coefficiente correlación	de	0,1936..	0,1936
			Sig. (bilateral)	0,4676.	0,4676	
			N	2	2	

No hubo correlación.

Correlación 12. Concentración de *Legionella* en cultivo y nivel de cloro a los 5 minutos de agua corriente.

Tabla 57A. Correlación entre la *Legionella* en cultivo y nivel de cloro a los 5 minutos de agua corriente.

					<i>Legionella</i>	<i>Cloro</i> <i>5 min</i>
<i>Tau_b</i> <i>Kendall</i>	<i>de</i>	<i>Legionella</i>	Coefficiente	de	1,000	.
			correlación			
				Sig. (bilateral)		.
			N		21	2
	Cloro5 min		Coefficiente	de		-
			correlación			0,1822
		Sig. (bilateral)			0,4171	
		N		2	2	
<i>Rho</i> <i>Spearman</i>	<i>de</i>	<i>Legionella</i>	Coefficiente	de	1,000	.
			correlación			
				Sig. (bilateral)		.
			N		21	2
	Cloro1 min		Coefficiente	de	0,1936..	-
			correlación			0,1956
		Sig. (bilateral)		0,4676.	0,5321	
		N		2	2	

No hubo correlación.

Correlación 13. Valores de resultados positivos en muestras ambientales por método de cultivo y método de PCRq.

Tabla 58A. Correlación entre valores de resultados positivos en muestras ambientales por método de cultivo y método de PCRq.

<i>Tau_b</i> <i>Kendall</i>	<i>de</i>	<i>Legionella</i>	<i>Coficiente</i> <i>correlación</i>	<i>de</i>	<i>1,000</i>	<i>,537**</i>
			Sig. (bilateral)		.	,005
			N		21	21
		PCRq	Coficiente correlación	de	,537**	1,000
			Sig. (bilateral)		,005	.
			N		21	22
<i>Rho</i> <i>Spearman</i>	<i>de</i>	<i>Legionella</i>	<i>Coficiente</i> <i>correlación</i>	<i>de</i>	<i>1,000</i>	<i>,601**</i>
			Sig. (bilateral)		.	,004
			N		21	21
		PCRq	Coficiente correlación	de	,601**	1,000
			Sig. (bilateral)		,004	.
			N		21	22

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).