

Consejería de Salud

MANUAL PARA LA PREVENCIÓN
Y CONTROL DE LA

**LEGIONELOSIS,
ASPERGILOSIS Y
TUBERCULOSIS**

EN INSTALACIONES SANITARIAS

MANUAL PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA

LEGIONELOSIS,
ASPERGILOSIS Y
TUBERCULOSIS

EN INSTALACIONES SANITARIAS

CONSEJERIA DE SALUD

DIRECCION GENERAL DE SALUD PUBLICA Y PARTICIPACION

SECTOR DE SALUD AMBIENTAL

Manual para la prevención y control de la legionelosis, aspergilosis y tuberculosis en instalaciones sanitarias / [coordinación] Sector de Salud Ambiental, [Carmen Blancas Cabello, Jacoba López Díaz ; autores, Salvador Albarca Corpas ... et al]. – [Sevilla] : Consejería de Salud, [2002] XX, 278 p. ; 24 cm ISBN 84-8486-047-7

1. Infección hospitalaria-Prevención y control 2. Legionelosis-Prevención y control 3. Aspergilosis-Prevención y control 4. Tuberculosis-Prevención y control 5. Manuales 6. Andalucía I. Blancas Cabello, Carmen II. López Díaz, Jacoba III. Albarca Corpas, Salvador IV. Andalucía. Consejería de Salud. Sector de Salud Ambiental WA 110

Coordinación: Sector de Salud Ambiental

- Carmen Blancas Cabello
- Jacoba López Díaz

Autores:

- Salvador Albarca Corpas
- Andrés Candau Fernández-Mensaque
- José Miguel Cisneros Herreros
- Fernando José López Fernández
- María Tarancón Estrada
- Marina Agnola Torres Ortiz
- Ramón Velázquez Vila

El Anexo A de la Norma UNE 100030:2001 IN se ha reproducido con autorización de AENOR. Este material no puede ser vendido ni distribuido a terceros. Cualquier cesión o reproducción parcial o total de los términos incluidos en la norma, por cualquiera de los medios de difusión existentes, sin el consentimiento expreso por escrito de AENOR, queda absolutamente prohibida.

Edita: Consejería de Salud - Junta de Andalucía

Depósito Legal: SE - 1017 / 2002

ISBN: 84-8486-047-7

Maquetación e Impresión: Tecnographic, S. L.

INDICE

PRESENTACIÓN	X
INTRODUCCIÓN	XII
ALCANCE Y LIMITACIONES DE ESTE DOCUMENTO	XV
I. CONSIDERACIONES PREVIAS	1
1 Consideraciones Previas	5
1.1 Enfermedades transmisibles	5
1.2 Infección nosocomial	5
1.3 Cadena de transmisión	6
1.4 Medidas de Control	8
2 Aspectos Organizativos	11
2.1 Comisión de infecciones y equipo de control de infecciones	11
2.2 Comisión de obras	11
3 Recomendaciones para la prevención y control de infecciones en hospitales en obras ..	13
3.1 Introducción	13
3.2 Las infecciones asociadas a las obras	13
3.3 Actuaciones preventivas generales	14
3.4 Recomendaciones para la vigilancia, prevención y control de infecciones en hospitales en obras	15
3.4.1 Comisión de obras	16
3.4.2 Clasificación de las áreas y de las obras	18
3.4.3 Medidas durante la ejecución de obras	20
3.4.4 Barreras de aislamiento y compartimentación	24
3.5 Hojas de verificación	25
Anexo 3.1 Previa a la ejecución de la obra: Hoja de verificación de recomendaciones para la prevención y control de infecciones en zonas en obras	27
Anexo 3.2 Durante la ejecución de la obra: Hoja de verificación de recomendaciones para la prevención y control de infecciones en zonas en obras	29

Anexo 3.3 A la finalización de la obra: Hoja de verificación de recomendaciones para la prevención y control de infecciones en zonas en obras	30
---	----

II. LEGIONELOSIS 31

4 Legionelosis nosocomial: epidemiología y prevención	35
4.1 Introducción	35
4.2 Agente etiológico	35
4.2.1 Características microbiológicas	35
4.2.2 Patogenia	36
4.3 Epidemiología	37
4.3.1 Reservorio	37
4.3.2 Mecanismo de transmisión	37
4.3.3 Población susceptible	38
4.3.4 Características clínicas	39
4.3.5 Diagnóstico microbiológico	41
4.4 Definición de caso	43
4.4.1 Definición clínica de caso	43
4.5 Pronóstico	44
4.6 Tratamiento	44
4.7 Prevención	44
4.7.1 Prevención primaria	44
4.7.2 Actuaciones ante la aparición de casos	46
Anexo 4.1: Encuesta epidemiológica de legionelosis	51
Anexo 4.2: Muestras clínicas	53
Anexo 4.3: Muestras ambientales	55
Bibliografía	57
5 Prevención y control de <i>Legionella</i> en instalaciones	61
5.1 Su incidencia en instalaciones	61
5.2 Acciones preventivas en el diseño y montaje	66
5.3 Red de agua sanitaria. Diseño y montaje	68
5.3.1 Generalidades sobre instalaciones centralizadas de producción de agua caliente sanitaria	68
5.3.2 Criterios básicos de diseño aplicables a la red de agua	83
5.3.3 Red de agua fría	84
5.3.4 Red de agua caliente sanitaria	86

5.4	Red de agua sanitaria. Uso y mantenimiento	89
5.4.1	Criterios básicos de mantenimiento aplicables a la red de agua	89
5.4.2	Red de agua fría	91
5.4.3	Red de agua caliente sanitaria	92
5.4.4	Control de la calidad del agua	94
5.5	Torres de refrigeración y condensadores evaporativos (aparatos de transferencia de masa de agua en corriente de aire). Diseño y montaje	100
5.5.1	Generalidades sobre estas instalaciones	100
5.5.2	Criterios básicos de diseño	107
5.6	Torres de refrigeración y condensadores evaporativos. Uso y mantenimiento	111
5.6.1	Multiplicación de <i>Legionella</i> en estas instalaciones	111
5.6.2	Criterios de mantenimiento y desinfección	112
5.6.3	Mantenimiento y desinfección preventiva	115
5.6.4	Registros de mantenimiento y desinfección	118
5.6.5	Productos químicos en el mantenimiento de instalaciones	119
5.6.6	Prevención de riesgos laborales	127
5.7	Otros aparatos y dispositivos. Diseño, montaje y mantenimiento	129
5.7.1	Aparatos de enfriamiento evaporativo y humidificación	129
5.7.2	Conductos de aire acondicionado	130
5.7.3	Unidades de tratamiento de aire	130
5.7.4	Unidades terminales con baterías (inductores, fan-coil y consolas)	131
5.7.5	Unidades terminales sin baterías	131
5.7.6	Piscinas de agua templada	131
5.7.7	Aparatos de tratamientos químicos de agua (ablandadores, desmineralizadores, etc.)	132
5.7.8	Fuentes ornamentales	132
5.8	Zonificación de riesgos: puntos críticos	133
Anexo 5.1	Tratamiento de las instalaciones de agua sanitaria en caso de brote de legionelosis	135
Anexo 5.2	Tratamiento de torres de refrigeración y dispositivos análogos en caso de brote de legionelosis	137
Anexo 5.3	Distancia entre torres y condensadores evaporativos, y tomas de aire acondicionado, ventanas y puertas	139
Anexo 5.4	Modelo de recogida de datos para el libro de mantenimiento de la red de agua	143
Anexo 5.5	Modelo de recogida de datos para el libro de mantenimiento de torres de refrigeración y dispositivos análogos	147
	Bibliografía	151

III. TUBERCULOSIS Y ASPERGILOSIS 155

6 Tuberculosis nosocomial: epidemiología y prevención.....	159
6.1 Concepto	159
6.2 Importancia en Salud Pública	159
6.3 Recuerdo microbiológico, epidemiológico y clínico	161
6.3.1 Etiología.....	161
6.3.2 Transmisión	161
6.3.3 Patogenia	163
6.4 Tuberculosis nosocomial.....	167
6.5 Control de la tuberculosis	169
6.5.1 Medidas administrativas	169
6.5.2 Medidas de control ambiental	170
6.5.3 Medidas de protección respiratoria	172
6.6 Recomendaciones específicas de aislamiento y control en el hospital	173
6.6.1 Aislamiento respiratorio	173
6.6.2 Otras recomendaciones	174
6.7 Vigilancia de la tuberculosis en personal sanitario	176
Lecturas recomendadas.....	178
Bibliografía	178
7 Aspergilosis nosocomial: epidemiología y prevención.....	183
7.1 Características microbiológicas.....	183
7.2 Características clínicas	184
7.2.1 Formas clínicas	184
7.2.2 Diagnóstico de la aspergilosis invasora	187
7.2.3 Pronóstico de la aspergilosis invasora	188
7.3 Características epidemiológicas de la aspergilosis invasora.....	189
7.3.1 Fuentes de infección	189
7.3.2 Mecanismos de transmisión	189
7.3.3 Pacientes y áreas de riesgo	190
7.3.4 Prevención	192
Bibliografía	197
8 Protección frente a patógenos de transmisión aérea.....	201
8.1 El ambiente interior	201
8.1.1 Introducción	201
8.1.2 Contaminantes materiales potenciales	201

8.1.3	Calidad del ambiente interior	201
8.1.4	El porcentaje de persona insatisfechas	202
8.1.5	El binomio concentración-tiempo de permanencia	203
8.1.6	El síndrome del edificio enfermo	203
8.1.7	Determinación de la calidad del ambiente interior	203
8.1.8	Contaminantes más frecuentes	203
8.1.9	Metodología genérica para la reducción de la contaminación interior	203
8.2	El sistema de climatización	212
8.2.1	Introducción	212
8.2.2	Normativa aplicable	213
8.2.3	Características diferenciales de las instalaciones hospitalarias de climatización	213
8.2.4	Condiciones termohigrométricas interiores: consideraciones generales	214
8.2.5	Condiciones específicas de diseño	215
8.2.6	Sistemas de climatización	215
8.3	Confinamiento de zonas y espacios	222
8.3.1	Introducción	222
8.3.2	Nomenclatura de los flujos de aire en una instalación de climatización	222
8.3.3	Número de circulaciones y renovaciones	225
8.3.4	Confinamiento de zonas mediante ventilación localizada	226
8.3.5	Confinamiento de zonas mediante presurización	227
8.4	Dilución de contaminantes	236
8.4.1	Concepto general	236
8.4.2	Eficacia de ventilación	237
8.4.3	Caudal de aire de impulsión necesario	238
8.4.4	Influencia de la eficacia de la ventilación en el valor del caudal de aire a impulsar	239
8.4.5	Problemática en la aplicación de la ecuación para la obtención del caudal de aire de dilución	240
8.5	Limpieza de aire	242
8.5.1	Contaminantes potenciales del aire	242
8.5.2	Metodología de tratamiento	242
8.5.3	Tecnología para limpieza de aire	242
8.5.4	Tamaño de la materia particulada	243
8.5.5	Concentración de la materia particulada	243
8.5.6	Comportamiento de la materia particulada en el aire interior	244
8.5.7	Parámetros para evaluar la eficacia de un filtro	244
8.5.8	Interpretación de la eficacia y de sus magnitudes asociadas	245

8.5.9	Eficacia frente a tamaño de partícula . . . . .	.246
8.5.10	Clasificación de filtros según une-en 779 y eurovent . . . . .	.247
8.5.11	Filtros absolutos . . . . .	.248
8.5.12	Comparación de filtros en función de la eficiencia-tamaño de partículas . . . . .	.248
8.5.13	Variación de la eficiencia de los filtros y del caudal de aire con la colmatación . . . . .	.249
8.5.14	Elección e instalación de filtros de fibra . . . . .	.250
8.5.15	Algunas indicaciones adicionales sobre empleo de los filtros . . . . .	.251
8.5.16	Otros tipos de filtros . . . . .	.251
8.5.17	Filtración de gases y vapores . . . . .	.251
8.6	Recomendaciones específicas para los sistemas de climatización . . . . .	.254
8.6.1	Recomendaciones de carácter general . . . . .	.254
8.6.2	Recomendaciones para áreas especiales . . . . .	.256
8.7	Apéndice I: Criterios de diseño específicos . . . . .	.261
8.7.1	Cirugía y cuidados especiales . . . . .	.261
8.7.2	Unidades de asistencia . . . . .	.260
8.7.3	Servicios auxiliares . . . . .	.267
8.7.4	Administración . . . . .	.270
8.7.5	Diagnóstico y tratamiento . . . . .	.270
8.7.6	Esterilización y suministro . . . . .	.272
8.7.7	Servicios . . . . .	.272
8.8	Apéndice II: Niveles de presión y de ventilación para distintas áreas del hospital . . . . .	.275
	Bibliografía . . . . .	.278

PRESENTACION

MARIA ANTIGUA ESCALERA URKIAGA

Directora General de Salud Pública y Participación

En el marco de las competencias de la Junta de Andalucía, corresponde a la Consejería de Salud, entre otras, las siguientes competencias englobadas en la Ley de Salud de Andalucía:

- Ejecución de criterios y directrices para la protección de la salud.
- Garantizar actuaciones en materia de protección de la salud y prevención de la enfermedad.
- Adopción de medidas preventivas de protección de la salud cuando exista o se sospeche la existencia de un riesgo extraordinario para la salud.
- Autorización de modificaciones, si procede, de los centros, servicios y establecimientos sanitarios.
- Control, inspección y evaluación de los servicios, centros y establecimientos sanitarios.
- Formar y reciclar a los profesionales sanitarios y no sanitarios del campo de la salud.

Así mismo y en cuanto a las actuaciones en materia de salud pública, la citada Ley dicta que la Administración Sanitaria Pública de Andalucía promoverá el desarrollo de actuaciones relacionadas con la atención al medio en cuanto a su repercusión sobre la salud humana individual y colectiva, incluyendo medidas de control y promoción de mejoras sobre todas aquellas actividades con posibles repercusiones sobre la salud.

Con el ánimo de disponer de una herramienta que en parte facilite la ejecución de las competencias anteriormente citadas y que a la vez sea guía informativa para los profesionales que tienen que diseñar y aplicar medidas de prevención y control en los centros sanitarios, nace la actual publicación, cuya presentación constituye una satisfacción personal.

En ella, distintos profesionales del ámbito industrial, académico y sanitario han abordado aquellos aspectos ambientales, microbiológicos, epidemiológicos y de ingeniería a considerar en instalaciones sanitarias para la prevención de la Legionelosis, Tuberculosis y Aspergilosis.

Mi agradecimiento a todos ellos por su especial dedicación y entrega, así como mi felicitación por los resultados obtenidos que contribuirán a la consecución de un sistema sanitario de mayor calidad.

INTRODUCCION

CARMEN BLANCAS CABELLO

Jefe Sección de Saneamiento Ambiental

Consejería de Salud

Los servicios sanitarios son organizaciones grandes y complejas cuya gestión y evaluación no es fácil y en los que el componente personal, como los profesionales y usuarios, son el eje central de la calidad. Los modelos para la valoración deben tener en consideración, entre otros conceptos, intereses de gestión centrados en la efectividad y eficiencia, como los del resto de los protagonistas.

Los centros hospitalarios son empresas de servicios que tienen como particularidad añadida, la de trabajar con seres humanos. En estos centros sanitarios inciden y confluyen ciertos riesgos y peligros, incrementados en las últimas décadas por diversos factores, tales como la aplicación de nuevas tecnologías, grandes avances en los procedimientos diagnósticos y terapéuticos que son cada vez más agresivos, así como por las propias características de los pacientes atendidos, muchas veces en estado de patente inmunodepresión.

Estas circunstancias requieren esfuerzos constantes para garantizar la máxima calidad y control en todos los ámbitos hospitalarios, disminuyendo los propios riesgos inherentes a la actividad sanitaria, y respondiendo en cualquier momento a las evidencias científicas más contrastadas.

Algunos de los actuales problemas de salud relacionados con los centros sanitarios, tienen su origen en el entorno físico en el que se desarrolla la actividad, caracterizado principalmente por las condiciones e instalaciones específicas de cada centro.

Hoy en día la aparición de enfermedades infecciosas asociadas a las instalaciones de los centros sanitarios, es uno de los problemas de salud pública más frecuente en los países desarrollados y como todo proceso patológico tiene consecuencias derivadas del mismo. Tal situación conlleva unas repercusiones de diferente índole asociadas, tales como:

- Las meramente sanitarias, con el incremento de la mortalidad y morbilidad sumada a las distintas patologías que presenten los pacientes ingresados en centros sanitarios.

- Las de carácter social, por el estado de alarma que los brotes plantean entre la población en general, potenciada a veces por la falta de información.
- Incremento del coste asistencial condicionado por alargamiento de las estancias hospitalarias, reingresos de pacientes y costes derivados de procesos diagnósticos y terapéuticos.

Se define la infección hospitalaria o nosocomial, como la infección padecida por el paciente durante el ingreso en el centro hospitalario, que no estuviese presente ni en periodo de incubación en el momento de ingreso, siendo pues consecuencia de la asistencia en él recibida e independientemente de que aparezcan los síntomas tras su alta (Center for Disease Control and Prevention, OPS, OMS). Igualmente se considera enfermedad nosocomial aquella adquirida por el personal hospitalario en su trabajo.

Conforme el personal sanitario relacionado con la aplicación de metodologías preventivas adquiere una mayor concienciación de su participación en la vigilancia y reducción de procesos infecciosos, las enfermedades nosocomiales adquieren una mayor importancia, y para ello solicitan la información y recursos necesarios para minimizarlas en lo posible.

La trascendencia y repercusión sanitaria de la presencia de estas enfermedades, exige que desde la administración sanitaria se refuercen metodologías de actuación y se potencien las medidas preventivas en aquellas instalaciones de riesgo potencial y susceptibles de favorecer la multiplicación de microorganismos patógenos.

Para ello deben considerarse como mínimo las siguientes actuaciones:

- La formación y concienciación de todo el personal del hospital, incluyendo desde el personal sanitario, directivo y técnicos de mantenimiento, hasta el personal auxiliar.
- Unificación de criterios genéricos en los sistemas de vigilancia de enfermedades nosocomiales.
- Protocolos de actuación por procesos.
- Potenciación de las actuaciones de mantenimiento y dotación de los recursos necesarios para ello.
- Aplicación de las medidas legislativas.
- Medidas genéricas de tipo administrativo, relativas a las fases de proyecto, contratación, ejecución, recepción y mantenimiento de las obras e instalaciones hospitalarias.

El correcto diseño tanto del edificio en general como de instalaciones específicas en particular, el continuo mantenimiento de las instalaciones hospitalarias en óptimas condiciones, la educación sanitaria, y la práctica de hábitos saludables son algunos de los factores esenciales que permiten garantizar la máxima calidad asistencial de las prestaciones sanitarias.

Las recomendaciones que aparecen en este documento sobre medidas de vigilancia, prevención y control, son las dimanadas del "Centers for Disease Control and Prevention (CDC)", sobre evidencia científica, que se han basado en los siguientes análisis:

- 1- Existencia de evidencia científica
- 2- Análisis teórico razonado
- 3- Aplicabilidad
- 4- Impacto económico.

Esquemáticamente se resume:

CALIDAD DE LA EVIDENCIA:

CATEGORIA IA: Totalmente recomendada para todos los hospitales, respaldadas por los resultados de estudios experimentales ó epidemiológicos bien diseñados.

CATEGORIA IB: Totalmente recomendada para todos los hospitales y considerada efectiva por expertos en el campo y por consenso del HICPAC(Hospital Infection Control Practices Advisory Committee). Estas recomendaciones tienen una base sólida y evidencia sugerente, aunque no existan todavía estudios científicos definitivos.

CATEGORIA II: Se sugiere su implantación en muchos hospitales. Se basa en estudios clínicos o epidemiológicos sugerentes, o en una base teórica fuerte. En algunos casos existen estudios definitivos que se pueden aplicar a algunos hospitales determinados.

SIN RECOMENDACION O ASUNTO SIN RESOLVER: Aquellas medidas para las que no existe suficiente evidencia o consenso sobre su eficacia.

ALCANCE Y LIMITACIONES DE ESTE DOCUMENTO

El presente documento tiene como objetivo suministrar información sobre cómo hacer frente a las infecciones nosocomiales producidas por agentes patógenos de transmisión aérea, especialmente las vinculadas a *Aspergillus* y al bacilo de la tuberculosis, así como a las producidas por otros agentes, fundamentalmente *Legionella*, capaces de multiplicarse en instalaciones que requieren agua para su funcionamiento, con generación de aerosoles.

Aún siendo este su objetivo primario, la puesta en práctica de sus recomendaciones repercutirá en una mejora genérica de la Calidad del Aire Interior y de las instalaciones.

Sus recomendaciones tienen aplicación específica a recintos hospitalarios de nueva creación, pero las mismas serán también de utilidad en muchos de los hospitales en servicio y en aquellos que vayan a emprender trabajos de remodelación.

Está dirigido al variado colectivo profesional que presta sus servicios en hospitales y también a aquellos que intervienen en el diseño, especificaciones y proyectos en tales edificios.

Al estar el objetivo del documento incluido en un tema tan amplio como es en definitiva la Calidad de Aire Interior e instalaciones y nacer con la vocación de ser de utilidad a un público igualmente amplio, las limitaciones de la información ofrecida son grandes y el documento no cubre la totalidad de los aspectos que serían necesarios tratar para constituir una especie de Manual de Bioseguridad Ambiental. En consecuencia, las recomendaciones aquí incluidas no son todas las necesarias para la realización de proyectos, ejecución de obras y mantenimiento, precisas para garantizar la máxima efectividad en la prevención frente a los agentes patógenos de transmisión aérea. Su utilidad tal vez esté en su limitación: en ofrecer una panorámica amplia a un colectivo interesado en la prevención de las enfermedades denominadas nosocomiales y en ofrecer unos criterios y una metodología de aplicación genérica.

Esta información en ningún momento puede sustituir a ninguna normativa ni prescripción legal existente en nuestro país al respecto; la responsabilidad de la prevención frente a los patógenos será siempre de los agentes que determine la ley y esta documentación solo constituye una aportación cuyo empleo o no es decisión de quien así la asuma.

Las fuentes de información empleadas han sido, además de la experiencia personal de los autores, las derivadas de publicaciones del *Draft Guideline for Environmental Infection Control in Healthcare Facilities, 2001 (CDC)*, *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.(ASHRAE) Applications Handbook-Health Care Facilities, 1999, etc.* Cuando se ha creído oportuno se han traducido dichas fuentes sin más, adaptándolas en su caso a las peculiaridades españolas. En consecuencia no se ha buscado originalidad alguna sino realizar una labor de síntesis presidida por un pretendido carácter clarificador y por la posibilidad de que las recomendaciones incluidas puedan ser llevadas a la práctica.

I. CONSIDERACIONES PREVIAS

1 Consideraciones Previas

ANDRES CANDAU FERNANDEZ-MENSAQUE

Licenciado en Medicina

Asesor Técnico de Epidemiología

Consejería de Salud

2 Aspectos Organizativos

JESUS RODRIGUEZ BAÑOS

Licenciado en Medicina

Médico Adjunto Servicio de Infecciosos

Hospital Universitario Virgen Macarena. Sevilla

3 Recomendaciones para la prevención y control de infecciones en hospitales en obras

SALVADOR ALBARCA CORPAS

Ingeniero Industrial

Subdirector de Servicios Generales

Hospital General Básico de Jerez. Jerez de la Frontera, Cádiz

1 CONSIDERACIONES PREVIAS

1.1 ENFERMEDADES TRANSMISIBLES

Este término fue introducido por Rosenau, y podemos definirlo como cualquier enfermedad causada por un agente infeccioso específico o sus productos tóxicos, que se manifiesta por su transmisión a un huésped susceptible. La característica básica de la enfermedad transmisible es que hay un agente necesario, único, exógeno y capaz de reproducirse; por tanto su epidemiología consiste en el estudio que ponen en relación al agente causal con el huésped susceptible.

En su producción intervienen tres factores, conocidos como tríada etiológica: agente etiológico, medio ambiente y huésped.

1.2 INFECCION NOSOCOMIAL

El innegable progreso científico, y sobre todo los avances de las técnicas diagnósticas y terapéuticas han posibilitado un mejor tratamiento de las diferentes patologías, pero a su vez han traído aparejado un considerable aumento en las infecciones hospitalarias. Las causas que facilitan este hecho son múltiples y entre ellas podemos señalar:

- 1) Disminución de defensas del paciente.
- 2) Rupturas de barreras de defensa natural por técnicas diagnósticas y/o terapéuticas invasivas.
- 3) Selección de una flora microbiológica especial, con microorganismos oportunistas y múltiples resistencias bacterianas...

La infección hospitalaria constituye como uno de los problemas sanitarios más frecuente en los países desarrollados; Las cifras del estudio SENIC (*study on the efficacy of nosocomial infection control*) indican que entre un 5 y un 10% de todos los pacientes ingresados desarrollan esta complicación. Aparte de la magnitud del problema, sus consecuencias son un aumento de la morbimortalidad de los pacientes, de la estancia media hospitalaria, así como un mayor esfuerzo diagnóstico y terapéutico.

Es importante reseñar algunos aspectos peculiares de la infección hospitalaria:

Heterogeneidad. Este término hace referencia a la inclusión de procesos muy diferentes dentro

de una única categoría. Actualmente se conocen diferencias lo suficientemente importantes en la etiología de los distintos tipos de infección como para justificar el estudio específico de la epidemiología prevención y control de cada una de las principales localizaciones.

Multiplicidad. Hace referencia a la posibilidad de aparición de diversos episodios en un mismo paciente.

Multicausalidad. Cada paciente que ingresa en un hospital esta expuesto a diferentes factores que modifican su posibilidad de adquirir una infección.

Tiempo. El factor tiempo esta implícitamente ligado al riesgo de adquisición de la infección hospitalaria, a mayor tiempo de estancia mayor riesgo.

1.3 CADENA DE TRANSMISION

La referencia a la cadena de transmisión, junto al agente etiológico, es obligada para llegar a la comprensión del mecanismo de producción de estas patologías. Podríamos definirla como el conjunto de eslabones necesarios para la transmisión del proceso.

Los eslabones esenciales de esta cadena son tres: fuente/reservorio, mecanismo de transmisión y huésped susceptible. Estos tres factores están influidos por un gran número de factores epidemiológicos secundarios, que hay que considerar en el estudio de cualquier enfermedad transmisible.

Fuente/reservorio: La diferenciación en muchos casos es mas conceptual que real, así el reservorio se define como el lugar en el que el agente etiológico se perpetúa durante un período de tiempo indefinido. Por su parte se considera fuente de infección aquel lugar que, permitiendo la supervivencia y reproducción del microorganismo, posibilita su paso desde él al sujeto susceptible. El concepto de fuente supone un papel activo al microorganismo y debe permitir su reproducción.

En la clasificación de las fuentes de infección se habla de su carácter endógeno y exógeno.

En las endógenas la fuente es el propio paciente susceptible, que es portador de microorganismos potencialmente patógenos; ó bien portador de una flora comensal inicialmente apatógena, que revierte a patógena en circunstancias especiales (esta es la más frecuente con respecto a la fuente de infección endógena).

En las exógenas la fuente es cualquier otra que no sea el propio paciente, puede ser humana ó animal (otros enfermos, portadores asintomáticos, algunos mamíferos, especialmente roedores, así como algunas especies vegetales...) e inanimada así gran cantidad de microorganismos pueden permanecer largo tiempo en un medio inanimado, siempre que éste sea propicio para su reproducción. El agua, los alimentos y un buen número de objetos de uso diagnóstico y/o

terapéutico podrían considerarse como verdaderas fuentes de infección, aunque en algunos casos sea difícil la diferenciación entre fuente y mecanismo de transmisión.

Mecanismo de transmisión: Es el segundo eslabón de la cadena, describe el paso desde el reservorio/fuente hasta el huésped. Se consideran cuatro vías posibles: contacto, vehículo común, por aire y transmitida por un vector. Un microorganismo puede tener una única vía o puede ser transmisible por dos ó más vías.

Propagación mediante contacto: En la enfermedad propagada mediante contacto, la víctima entra en contacto con el foco. Dicho contacto puede ser directo (persona-persona), indirecto, en el que entra en contacto con un objeto intermedio contaminado, por lo general inanimado, a partir del cual se produce la transferencia del agente infeccioso o mediante "gotitas", el cual se refiere a un breve paso del agente infeccioso a través del aire cuando el foco y la víctima están relativamente cerca uno de otro.

Propagación mediante vehículo común: En este tipo, un vehículo inanimado contaminado sirve como vector para la transmisión del agente a múltiples personas; Vehículos comunes incluyen sangre y sus derivados, líquidos intravenosos, fármacos, alimentos...De este modo múltiples vehículos pueden ser contaminados por un foco común. "Vehículo común" es un vehículo de infección asociado con dos ó más casos de enfermedad. Si sólo se produce un caso, debe designarse la propagación mediante contacto, directo ó indirecto según el caso.

Propagación transmitida por vectores: Las enfermedades transmitidas por vectores son numerosas, aunque es infrecuente como vía de propagación en el medio hospitalario. La transmisión por vectores incluye la vehiculización en el interior y en el exterior del vector. La interna indica que el agente está incluido en el cuerpo del vector (*Plasmodium* en el interior del mosquito). La externa, hace referencia al transporte del microorganismo en el exterior del cuerpo del vector (*Shigella*/moscas).

Propagación por el aire: Describe microorganismos que tienen una verdadera fase aerógena en su vía de diseminación, que por lo general implica una distancia entre el foco y el huésped. Los microorganismos se desplazan envueltos en núcleos goticulares y/o aerosoles o partículas de polvo; de una u otra forma son transportados hasta el paciente actuando el aire como mecanismo de transmisión de los mismos. Su epidemiología depende mucho de factores ambientales. La etiología de esta infección nosocomial va muy ligada a la fuente de contaminación aérea (tabla 1.1).

Huésped susceptible: Constituye el tercer eslabón de la cadena, necesario para que se produzca la enfermedad. La "susceptibilidad" es la condición necesaria para que el hombre se convierta en huésped y se afecte por el agente causal. La susceptibilidad depende de muchos factores, que tradicionalmente se clasifican en endógenos (dependientes del huésped mismo) y exógenos (externos al huésped). Ambos tipos de factores, con su interrelación, determinan el estado de susceptibilidad del huésped frente a un determinado agente y a su vez pueden influir en los otros eslabones de la cadena de transmisión.

Tabla 1.1: Infecciones nosocomiales transmitidas por el aire

Fuentes de contaminación por aire	Microorganismos
Núcleos goticulares del tracto respiratorio	Neumococos, virus respiratorios, otros estreptococos, estafilococos, bacilo tuberculoso, varicela, rubéola...
Desprendidos de la piel durante la actividad cotidiana	Estafilococos
Técnicas rutinarias de cuidados al paciente	Estafilococos y otros
Aerosoles de los equipos de ventilación, aire acondicionado, humidificadores y superficies	Pseudomonas, Legionella, otras bacterias Gram negativas

Factores endógenos: Los principales que se citan en este apartado son: la edad, estado de nutrición, procesos patológicos subyacentes, sexo... En general cualquier circunstancia que directa ó indirectamente produzca una disminución de las defensas del huésped se asociará con un aumento del riesgo de infección.

Factores exógenos o extrínsecos: Son externos al huésped. Su interrelación con éste u otros eslabones de la cadena (agente, fuente, mecanismo de transmisión pueden hacer posible la transmisión de la enfermedad; son todos los relacionados con el medio ambiente. Dentro del ámbito de la infección hospitalaria, como podremos ver en posteriores capítulos, podemos reseñar: el diseño arquitectónico del hospital, saneamientos, personal hospitalario, intervenciones diagnósticas y terapéuticas, estancia hospitalaria...

1.4 MEDIDAS DE CONTROL

Epidemiología clínica. La epidemiología realiza dos actividades en este apartado: la vigilancia y el control epidemiológico. La vigilancia son los distintos procesos de medición que utilizamos para detectar las eventuales modificaciones en el estado de salud de las poblaciones a las que pertenecen, así como de su medio ambiente habitual.

El control epidemiológico, comprende el conjunto de medidas que se aplican donde y cuando aparece la enfermedad, con el objetivo de evitar su propagación. Estas medidas se pueden clasificar en función del agente, mecanismo de transmisión y huésped, por lo que de un modo general podemos analizarlas en función de la cadena de transmisión.

Medidas de control sobre la fuente/reservorio de infección. Están relacionadas con el agente infeccioso (diagnóstico precoz, tratamiento correcto, aislamiento, cuarentena, desinfección y esterilización.)

Medidas de control sobre los mecanismos de transmisión. Están en función de la vía de propagación (saneamiento aguas, desinfección, ventilación, control de vectores) como el lavado de manos, drenajes urinarios cerrados, sistemas de flujo laminar, vigilancia de los respiradores...

Actuación sobre el huésped susceptible. Están dirigidas al sujeto sano susceptible. Este tipo de medidas incluye: quimiprofilaxis, vacunación, aislamiento protector...

Finalmente como medida que podemos clasificar en cualquiera de los tres apartados, señalar la educación sanitaria realizada tanto a nivel de enfermos, sanos y personal sanitario. Esta educación en el ámbito de la infección nosocomial debe plantearse de forma específica para cada sector implicado.

2 ASPECTOS ORGANIZATIVOS

2.1 COMISION DE INFECCIONES Y EQUIPO DE CONTROL DE INFECCIONES

La organización de los aspectos relacionados con la bioseguridad ambiental en los centros sanitarios debe contar con la participación activa de los distintos servicios del centro con competencia profesional en la cuestión, en función de las características, recursos y tamaño del centro.

En los hospitales, la Dirección del centro cuenta con la Comisión de Infecciones como órgano técnico consultivo en todo lo referente a la prevención y control de las infecciones nosocomiales, y es ésta Comisión la que debe incluir, como un apartado del programa de control, los aspectos relacionados con la bioseguridad ambiental. Además de la Comisión de Infecciones, de composición multidisciplinar y en la que están representadas las principales áreas del hospital, es necesario que en todos los centros exista un equipo responsable de la ejecución y seguimiento de dicho programa en la práctica, y que realice el trabajo de campo en contacto diario con los distintos profesionales del centro¹. El desarrollo del programa de bioseguridad ambiental estará también, por tanto, entre los cometidos del equipo de control de infecciones del centro.

La Comisión de Infecciones debe asesorar también a la Dirección del Área Hospitalaria en lo referente a las medidas a tomar en aquellos centros sanitarios no hospitalarios integrados en dicha área hospitalaria, en coordinación con la Dirección de dichos centros.

2.2 COMISION DE OBRAS

En cuanto a los aspectos técnicos del programa de bioseguridad ambiental relacionados con el mantenimiento de las instalaciones y la realización de obras, es aconsejable que se realicen reuniones periódicas con los responsables y técnicos del Servicio de Mantenimiento, de manera que la ejecución de las obras se realice contemplando el cumplimiento de las medidas de prevención específicas para limitar el riesgo de infecciones relacionadas con las mismas, tanto en el personal del centro como en los pacientes²⁻³. En este sentido se promueve la formación de una "Comisión de Obras"³, de carácter técnico-consultivo, que asesore a la Dirección del Hospital. La composición y cometidos específicos de esta Comisión se especifican en el apartado 3 de *Recomendaciones para la prevención y control de infecciones en hospitales en obras*.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Informe sobre infección hospitalaria. Conferencia de Consenso. Subdirección General de Prestaciones y Evaluación de Tecnologías Sanitarias. Dirección General de Aseguramiento y Planificación Sanitaria. Ministerio de Sanidad y Consumo. Madrid. Med Clin (Barc) 1994; 102: 20-24.
- ² Prevención y control de las infecciones nosocomiales causadas por hongos filamentosos. Unidad de Micología. Centro Nacional de Microbiología. Instituto de Salud Carlos III.
- ³ Arribas JL, Cruzet Fernández F, Fernández Arrufat JM et al. Grupo de Trabajo de la Sociedad Española de Medicina Preventiva, Salud Pública e Higiene y el INSALUD. Recomendaciones para la vigilancia, prevención y control de infecciones en los hospitales en obras. Madrid, 2000.

3 RECOMENDACIONES PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INFECCIONES EN HOSPITALES EN OBRAS

3.1 INTRODUCCION

Los hospitales constituyen de entre los edificios de pública concurrencia, un tipo de edificio que se distingue de otros, fundamentalmente por su ininterrumpido funcionamiento durante todos los días del año, unido a una gran complejidad de sus instalaciones y sometido a un tipo de actividad que ocasiona generalmente un fuerte desgaste del mismo. La permanente disponibilidad de servicio de sus instalaciones y la inexistencia de tiempos muertos en las mismas, que requieren una acción continuada de mantenimiento, exigen además una eficaz respuesta ante la resolución de averías.

Por otra parte, la continua implantación de nuevas tecnologías en la actividad asistencial de los hospitales, fruto del permanente desarrollo tecnológico de la Medicina; o la progresiva reforma de las infraestructuras hospitalarias en pos de una mejor calidad de las mismas, presentan en resumidas cuentas, muy frecuentemente, un panorama de permanente estado de obras en nuestros hospitales.

3.2 LAS INFECCIONES ASOCIADAS A LAS OBRAS

El polvo y escombros que se generan en un proceso de construcción o remodelación dentro o en las proximidades del hospital, pueden ser vehículo de transmisión de microorganismos oportunistas (hongos, bacterias, etc.) y por tanto, de aumento de riesgo de contaminación del ambiente. Es esta circunstancia probada, la que obliga a adoptar unas medidas preventivas especiales en relación con las obras.

La prevención de infecciones durante la realización de obras hospitalarias o en sus proximidades, requiere una organización hospitalaria específica antes y durante el periodo de realización de las obras, capaz de adoptar una estrategia integrada de lucha contra la infección. Esta estrategia

deberá incluir una evaluación del nivel de riesgo ligado al proyecto de obra, que será determinante en la elección de las medidas de protección específicas a aplicar en cada caso.

Los proyectos de construcción y remodelación de instalaciones hospitalarias suponen un reto muy especial para el personal encargado de la prevención y control de las infecciones, que deberá participar en todas las fases de las obras, para asesorar y asegurar el cumplimiento adecuado de las medidas de prevención y control de la infección. Los recursos invertidos antes y durante las obras en aspectos relacionados con el control de la infección, permitirán tras la finalización del proyecto y su posterior evaluación, la disminución de la morbi-mortalidad en los pacientes y la disminución de perjuicios a los trabajadores del hospital.

3.3 ACTUACIONES PREVENTIVAS GENERALES

Ante un proyecto de obra o reforma de las instalaciones hospitalarias, un grupo multidisciplinar, con representación del personal implicado, debe planificar las estrategias de prevención de transmisión de las infecciones. Estas deben ser referidas tanto a las consideraciones higiénicas del diseño de la zona en reforma, como a las medidas a adoptar durante la ejecución de la obra y a las actuaciones a realizar previas a la puesta en servicio de la zona construida o reformada.

Como ya se ha comentado en el anterior apartado de Aspectos Organizativos, se estima necesaria la existencia de una "Comisión de Obras" del hospital, como órgano de carácter técnico-consultivo permanente de asesoramiento a la Dirección del Hospital en todas las fases de la ejecución de las obras. Independientemente del tipo de obra de que se trate, se debe notificar previamente a su inicio y a través de la citada Comisión de Obras el objeto y duración prevista de la misma al responsable de Medicina Preventiva del Centro, con el fin de evaluar el riesgo y tomar las medidas a adoptar a tenor del alcance de la misma.

Se establecerá como medida previa exigir a los adjudicatarios de obras el cumplimiento de todas las medidas adecuadas, incluyendo su obligatoriedad en el Proyecto de la obra y Pliego de Condiciones Técnicas. Esta documentación (normas, precauciones, procedimientos de aislamiento, etc.) será proporcionada por la Comisión de Obras para ser incluida en la documentación técnica y por lo tanto poder ser exigida administrativamente. Es necesario así mismo, informar al personal de mantenimiento y personal afectado del hospital sobre la realización de las obras.

El objetivo principal de este documento es proporcionar recomendaciones dirigidas a limitar los riesgos de contraer enfermedades por microorganismos favorecidas por la realización de cualquier tipo de obras, ya sea programada o accidental, en las instalaciones hospitalarias, sugiriéndose con tal fin la adopción de una serie de medidas preventivas en las fases de proyecto y de ejecución de las mismas.

Como objetivos básicos se destacan:

- Constituir la Comisión de Obras.
- Planificar todo tipo de obras.
- Informar y concienciar a todo el personal del hospital del riesgo de infección asociado a la realización de obras, utilizando todos los recursos formativos que sean necesarios.

El presente documento debe considerarse como una **guía general de actuación** que habrá de adaptarse a la problemática concreta de cada hospital.

Al menos, con carácter general, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- a) Establecer barreras entre los pacientes y las áreas de construcción de forma que se prevenga la entrada de polvo en las zonas donde están ingresados los pacientes. Las barreras deben ser impermeables para *Aspergillus* y otros hongos filamentosos. **Categoría IB**
- b) Las áreas de construcción/reforma dentro del hospital deben estar a una relativa presión negativa (cierre de rejillas de impulsión/retorno de aire acondicionado, apertura de ventanas, etc.) en relación con las áreas adyacentes con pacientes ingresados. Está contraindicado cuando en las áreas adyacentes hay pacientes ingresados con tuberculosis o con otras infecciones de similar contención. **Categoría II**
- c) Se debe dirigir el tráfico de personas en el área de construcción evitando el paso por Zonas con pacientes ingresados. Se debe limitar la apertura y cierre de puertas o de otras barreras que puedan causar dispersión de polvo, entrada de aire contaminado o de polvo dentro de las zonas donde hay pacientes ingresados. **Categoría IB**
- d) Se debe limpiar concienzudamente las áreas recién construidas antes de permitir la entrada de pacientes. **Categoría IB**

3.4 RECOMENDACIONES PARA LA VIGILANCIA, PREVENCIÓN Y CONTROL DE INFECCIONES EN HOSPITALES EN OBRAS

Los hospitales deben disponer de una Comisión de Obras con el fin de que la misma conozca y pueda abordar el estudio de las obras programadas o accidentales, actuales o futuras; debiendo ser por tanto una Comisión de carácter permanente y no accidental. Su composición y funciones deberán variar en función del tipo de obra que se ejecute. La Comisión citada dispondrá de información gráfica actualizada suficiente para discernir acerca de las medidas de prevención adecuadas.

3.4.1 COMISION DE OBRAS

La Comisión de Obras es un órgano de carácter consultivo-técnico permanente que asesorará a la Dirección del Hospital en la fase de proyecto, antes, durante y después de la ejecución de las obras con el fin de que éstas se realicen con las mayores garantías de seguridad y salud para pacientes, trabajadores y visitantes, y especialmente en prevención de infecciones asociadas a la ejecución de obras.

3.4.1.1 COMPOSICION

La composición y funcionamiento de la Comisión debe estar acorde con la envergadura de las obras a realizar. Así, hay que distinguir:

a) Planes Directores y Grandes Reformas

La realización de grandes reformas en los hospitales requiere una correcta planificación previa y una correcta ejecución de las obras que permitan mantener la máxima capacidad funcional del Centro, sin poner en riesgo la seguridad y salud de pacientes y trabajadores. Por ello es necesario que formen parte de la Comisión tanto los órganos ejecutivos como técnicos del hospital, así como la Dirección Facultativa de las obras y la Empresa Constructora.

Composición

Hospital.-

Ejecutivos:	Dirección Gerencia Dirección Médica Dirección Enfermería Dirección de Servicios Generales
Técnicos:	Responsable de Medicina Preventiva Responsable de Mantenimiento
Otros asesores:	Responsable médico y de enfermería del área afectada

Dirección facultativa de obras: Director de Obra

Empresa constructora: Delegado de Obra

La Comisión requerirá la presencia del Responsable del Servicio de Prevención y de un Delegado de Prevención (elegido por el Comité de Seguridad y Salud) cuando el tema a tratar lo requiera.

El Director Gerente del Centro o persona en quien delegue debe figurar como Presidente o Coordinador de la Comisión, debiendo designar quien actuará de Secretario, que preferentemente pertenecerá al área de gestión y será, a ser posible, el Responsable de Mantenimiento; el resto de los miembros actuarán como vocales.

b) Otras intervenciones

Cuando las obras a realizar tengan un alcance menor que las anteriores, o se trate de obras de Conservación o Mantenimiento, la Comisión deberá reducirse a criterio de la Dirección Gerencia del Hospital, pero en todo caso deberán participar:

- Dirección Gerencia o persona en quien delegue.
- Responsable del Servicio afectado.
- Responsable de Mantenimiento del Centro.
- Director de Obra (si existe).
- Representante de la empresa constructora (si existe)

En todo tipo de obras, se notificará previamente su inicio, objeto de la intervención y duración estimada al responsable de Medicina Preventiva del Centro para que evalúe el riesgo que aquella suponga y proponga las medidas a tomar y su participación en la Comisión.

3.4.1.2 FUNCIONES

La Comisión de Obras conocerá y estará informada en cada caso acerca de:

- Proyecto (Planos y Memoria).
- Planificación y cronograma de las obras.
- Coordinación de las diferentes fases de la obra con la actividad funcional del hospital.
- Planificación de los traslados para lo que debe contarse con la opinión de los representantes de los distintos estamentos.
- Seguimiento de las obras propiamente dichas, comprobando que el desarrollo de las mismas está acorde con lo establecido.
- Establecimiento de las medidas preventivas que se han de realizar para proporcionar la mayor garantía de seguridad y salud para pacientes y trabajadores.
- Localización de espacios donde puedan ser trasladados los Servicios o unidades afectadas por la obra, proporcionándoles las condiciones mínimas necesaria para un normal funcionamiento.
- Comprobación del cumplimiento de las recomendaciones dictadas en materia de bioseguridad durante la ejecución de las obras.

3.4.1.3 FUNCIONAMIENTO

La Comisión deberá reunirse antes del inicio de las obras para conocer el desarrollo concreto del

proyecto, las diferentes fases en que se programa su ejecución y los plazos de tiempo previstos. A partir de ahí se reunirá con la periodicidad que resulte adecuada para el desarrollo de los trabajos (recomendable una vez al mes) y siempre antes del inicio de cada fase en que se divida el proyecto.

3.4.2 CLASIFICACION DE LAS AREAS Y DE LAS OBRAS

3.4.2.1 CLASIFICACION DE AREAS

Con carácter orientativo y a efectos metodológicos en relación a la consecución de las medidas de protección adecuadas, clasificaremos las diferentes áreas del hospital en función de su relación (de proximidad) con aquellas zonas críticas en las que debe mantenerse, en situaciones de obras, un nivel adecuado de bioseguridad ambiental.

Z₁: Zonas críticas

a) Áreas que habitualmente atienden a **pacientes de alto riesgo:**

- Quirófanos donde se realizan intervenciones de alto riesgo.
- Áreas de hospitalización donde se atiende a pacientes neutropénicos.

b) Áreas que atienden a **pacientes de riesgo intermedio:**

- Quirófanos donde se realizan el resto de intervenciones quirúrgicas.
- Áreas de hospitalización donde se atiende a otros pacientes de riesgo (UCI, Reanimación, Unidades de Grandes Quemados, y otras).

El área afectada incluirá el **espacio concreto** donde se realice la obra y los demás **espacios adyacentes** en horizontal que sirvan al mismo y se incorporen de forma natural a aquel (almacenes, aseos, pasillos, distribuidores, etc.). Estará delimitada por elementos constructivos de carácter permanente e individualizados (forjados, muros, fachadas, tabiques divisorios, etc.), y señalizada.

Z₂: Zonas contiguas a las críticas

Incluyen los espacios contiguos a los definidos en el apartado anterior y que comparten algún elemento constructivo con aquellos (forjados, muros divisorios, etc.) así como aquellas otras con las que estén comunicadas directamente por elementos físicos, huecos, conductos (especialmente de climatización), escaleras y circulaciones.

Z₃: Restantes zonas del edificio

Son zonas interiores no incluidas en los apartados Z₁ y Z₂ y aquellas otras localizadas en el exterior y cercanas al edificio en el cual se encuentran las áreas y actividades definidas en el apartado Z₁.

3.4.2.2 CLASIFICACION DE OBRAS

Por su origen

a) Obras programadas:

- Aquellas que se realizan por voluntad del usuario/promotor y que, por tanto, incorporan en su proceso de definición previa, las necesidades a satisfacer, la elaboración de proyectos detallados, la contratación de la obra y la programación de los trabajos, así como las labores de comunicación e información necesarias.

b) Obras accidentales/no programadas:

- Aquellas que se realizan para arreglar o corregir de forma inmediata un menoscabo producido por causas fortuitas o accidentales y que, por tanto, necesitan un proceso de definición y ejecución más sencillo que el definido en el apartado anterior.

Por su objeto

La clasificación de las obras según el art. 123 de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, establece según el objeto y naturaleza de aquellas:

a) Obras de primer establecimiento, reforma o gran reparación:

- Son obras de primer establecimiento las que dan lugar a la creación de un bien inmueble. El concepto general de "reforma" abarca el conjunto de obras de ampliación, mejora, modernización, adaptación, adecuación o refuerzo de un bien inmueble ya existente.

b) Obras de reparación simple:

- Se consideran como obras de "reparación" las necesarias para enmendar un menoscabo producido en un bien inmueble por causas fortuitas o accidentales. Cuando afecten fundamentalmente a la estructura resistente tendrán la calificación de gran reparación y, en caso contrario, de reparación simple.

c) Obras de conservación y mantenimiento:

- Si el menoscabo se produce en el tiempo por el natural uso del bien, las obras necesarias para su enmienda tendrán el carácter de conservación. Las obras de mantenimiento tendrán el mismo carácter que las de conservación.

d) Obras de demolición:

- Son obras de demolición las que tengan por objeto el derribo o la destrucción de un bien inmueble.

Las obras definidas en los apartados a), c) y d) son generalmente obras programadas y las definidas en el apartado b) pueden ser programadas o accidentales.

- ❑ De acuerdo con la clasificación pormenorizada para cada tipo de obra, en función de su ubicación y relación con las áreas crítica del hospital (Z_1), se definirán comportamientos y actividades, tanto en lo relativo a la organización necesaria como para la redacción de proyectos y ejecución de las obras.

3.4.3 MEDIDAS DURANTE LA EJECUCION DE OBRAS

Desde un aspecto exclusivamente técnico y en relación con las medidas preventivas en la ejecución de obras en hospitales, los principales aspectos a considerar son:

- ❑ Emplazamiento de la obra
- ❑ Actividad asistencial de la zona
- ❑ Magnitud de la obra
- ❑ Tiempo de ejecución

Si bien, cualquier tipo de obra en un hospital, requiere en la zona de actuación y colindantes, las mayores medidas de prevención ante cualquier posible riesgo, para los trabajadores de la misma obra, del hospital o para los pacientes; es importante también acotar las actuaciones derivadas de la ejecución de las obras, a tenor del posible riesgo para las personas y pacientes del hospital por efecto de los hongos y otros microorganismos oportunistas.

Durante el desarrollo de las obras se procurará mantener un nivel adecuado de bioseguridad ambiental, en aquellas áreas clasificadas como críticas en este documento. Considerando el medio de transmisión de hongos y otros microorganismos, durante la ejecución de las obras se evitará o limitará en lo posible la formación, el movimiento y la transmisión de polvo. Para ello deben llevarse a cabo diversas actuaciones en las fases de redacción del Proyecto y ejecución de la obra.

3.4.3.1 PROYECTO

- a) Los Proyectos de Planes Directores, Grandes Reformas y otras obras que lo requieran contendrán en documento aparte individualizando, una planificación y programación del proceso de ejecución de las obras, indicando las diferentes fases en que se prevé ejecutar y la actividad asistencial que resulte afectada.

Contendrá los siguientes documentos:

Planificación del proceso de obra

- ❑ Fases
- ❑ Actividad del Hospital

Gráficos (proceso de obra diferenciado)

- Fases
- Zona de actuación
- Zonas de uso
- Proceso de traslado y ocupación
- Plazos parciales

Análisis de las implicaciones en las instalaciones

- b)** Dentro de la Memoria del Proyecto se incluirá en documento aparte las instrucciones que regulen aquellas condiciones en que deben ejecutarse las obras (movimiento de materiales y personas, descargas de materiales, sellado de áreas...) para mantener las áreas en un nivel adecuado de protección.
- c)** Dentro del Pliego de Condiciones Técnicas se incluirá un apartado en el que se especificarán las recomendaciones proporcionadas por Medicina Preventiva para el mantenimiento de la bioseguridad ambiental.

En el Proyecto se incluirá documentación gráfica donde se identifiquen las áreas críticas y la posible interrelación entre éstas y las obras proyectadas.

3.4.3.2 OBRAS PROGRAMADAS**a) Actuaciones durante la ejecución de las obras**

Las actuaciones a seguir se desarrollarán básicamente, teniendo en cuenta el tipo de zona de actuación (crítica, contigua u otras), sus características, incidencia y complejidad de la obra en cuestión, así como, en su caso, urgencia en la ejecución de la intervención requerida. Las medidas preventivas se desarrollarán pues acorde con lo indicado y adecuándose a la realidad de cada circunstancia.

Con carácter general se tendrá en consideración:

- Accesos del personal de la obra por entrada independiente y por áreas no críticas.
- Estanqueidad total con las zonas colindantes, con la instalación de tabiquería de separación hasta forjados, sectorización con material rígido.
- Creación de zonas independientes para entrada de material en la zona de obra.
- Descarga de escombros en emplazamientos que deben cumplir al menos los siguientes requisitos:
 - Alejamiento respecto de equipos de climatización y tomas de aire exterior de locales de climatizadores.

- Distanciamiento del Bloque Quirúrgico, Unidades de Cuidados Intensivos, Hospitalización de alto riesgo, etc.
- Transporte de escombros en contenedores de cierre hermético o cubiertos con lámina resistente para evitar el polvo.
- Sellar rejillas y difusores, y cerrar conductos de climatización, que puedan afectar a unidades en funcionamiento con pacientes de alto riesgo.
- Debe darse la mayor importancia a la prevención de cualquier tipo de riesgo a través de los conductos de aire acondicionado o ventilación, mediante el control de las tomas de aire exterior o de los locales de climatizadores, evitándose durante las obras las tomas próximas a los ambientes de obras o de polvo.
- Cumplimentación de Hojas de Control.

b) Limpieza

Se procurará que la obra esté limpia y ordenada, realizando limpiezas rutinarias en húmedo y evitando el levantamiento, la acumulación y la transmisión de polvo.

c) Finalización de la obra

- Previa a la puesta en marcha de la zona de la obra, se debe efectuar un protocolo conforme a las recomendaciones para la verificación de las condiciones de bioseguridad.
- En el apartado de climatización se comprobarán al menos los siguientes parámetros:
 - Medición de temperaturas y humedades relativas
 - Medición de caudales y renovaciones/horas
 - Comprobación de diferenciales de presión
 - Verificación de filtros de alta eficacia y absolutos
- Antes de poner en funcionamiento el área donde se han efectuado las obras, los servicios técnicos incluidos en la Comisión de Obras (responsable médico y de enfermería del Área afectada, responsables de Medicina Preventiva y de Mantenimiento), verificarán el cumplimiento de las condiciones de bioseguridad.
 - El área de obras debe ser limpiada y aspirada, antes y después de la retirada de la barrera de aislamiento
 - Circular el aire a través de los conductos para eliminar posible suciedad acumulada durante la obra
 - Evaluar la dirección del flujo de aire en las habitaciones de presión controlada y asegurar que los medidores de presión de aire están funcionando correctamente

- Dejar correr el agua de los grifos varios días antes de la apertura de la unidad, el tiempo necesario para renovar el volumen de las columnas de agua, controlándose la calidad de agua, tanto en su nivel de cloración como de temperaturas
- Revisar la presión y el drenaje del sistema de agua
- Realizar control microbiológico fúngico si procede, según el área
- Inspeccionar el área después de que las barreras han sido retiradas para asegurar una limpieza correcta, antes de reanudar la actividad asistencial.

d) Obras de conservación/mantenimiento

- En general se compatibilizarán con la actividad asistencial
- En caso de obras de tipo menor, el responsable del área, junto al Servicio de Mantenimiento y Servicio de Medicina Preventiva, establecerán lo procedente.
- En caso de áreas en funcionamiento, los cuidados serán:
 - Máxima higiene de los trabajos en esta zona
 - Humedecer la superficie de trabajo
 - Limpieza exhaustiva durante la realización y finalización de los trabajos
 - Acortar el tiempo de ejecución de los trabajos

3.4.3.3 OBRAS NO PROGRAMADAS/ACCIDENTALES

Las obras accidentales se realizan para conseguir un menoscabo producido en el edificio de manera imprevista.

En función de la urgencia de la resolución, gravedad de los daños y del área en que se produzca (Z_1, Z_2, Z_3), se tomará la decisión más adecuada.

- Cuando el daño deba corregirse de forma inmediata se procurará simplificar el proceso de definición y de ejecución de los trabajos, primando la rapidez de resolución. Los trabajos se ejecutarán conforme a los requerimientos de prevención, seguridad y aislamiento que resulten más adecuados y compatibles con la rápida resolución de la avería o incidencia surgida.

3.4.4 BARRERAS DE AISLAMIENTO Y COMPARTIMENTACION

Independientemente de la zona en la que se desarrolle la obra, sea crítica o no, y de su magnitud, como norma general se perseguirán como objetivos básicos en la zona de obras:

- 1º) Aislamiento hermético de la zona
- 2º) Orden y limpieza en húmedo sistemática de la zona, reduciendo al máximo el levantamiento de polvo.
- 3º) Evitar corrientes de aire y diferenciales de presión indeseados.

Con respecto al aislamiento, éste dependerá en general del tamaño y características de la obra que se ejecute, así como de la incidencia de la misma en conducciones generales que transcurran por la misma, (conductos de aire acondicionado, falsos techos corridos, etc.) y de la situación de la zona de obra respecto a elementos estructurales de la edificación (huecos de ascensores, escaleras, etc.).

Los elementos físicos de separación, aislamiento o compartimentación tendrán en general una resistencia mecánica y, en su caso, frente al fuego, acordes al tipo de obra y duración de la misma. Dispondrán de señalización y punto de agua para su limpieza en húmedo.

Serán en general, de construcción rígida, de superficies lisas, de materiales no porosos, con las mínimas juntas posibles y fáciles de lavar, con sellado hermético con suelos, techos y paredes.

Las barreras dispuestas protegerán a las zonas colindantes a las obras, de polvo, ruidos y vibraciones que puedan producirse durante el desarrollo de la obra.

Para casos de obras de corta duración, podrán ser de materiales ligeros de peso, de fácil montaje, con dimensiones estandarizadas de acuerdo a las alturas techo-suelo del hospital para su posterior uso en sucesivas ocasiones.

Para el caso de la ejecución de trabajos (con demolición o construcción) a realizar en "registros" accesibles desde pasillos de circulación, para reparaciones en verticales de instalaciones (bajantes, tuberías de agua, canalizaciones eléctricas, etc.), se podrá disponer un "compartimento" paralelepípedo, de caras rectangulares, con techo propio, dispuesto de tal forma que quede herméticamente sellado en su unión con paredes y suelo. Se dispondrá puerta hermética que permita la entrada y salida fácil de materiales de obra, y de dimensiones tales que permitan trabajar en su interior lo más desahogadamente posible, evitándose que queden albergadas en su interior rejillas o difusores de aire acondicionado. Su ancho no impedirá el paso de camillas por el pasillo en cuestión, para el traslado de pacientes. Los operarios durante la realización del trabajo en su interior estarán dotados de equipos de protección individual. El "compartimento" podrá dotarse de un sistema propio de extracción de aire mediante ventilador incorporado, de forma tal que aquel pueda mantenerse ventilado durante los trabajos, canalizándose el aire de extracción hacia el exterior mediante conducto circular flexible. Se podrá incorporar una pequeña compuerta de retorno - de tipo sobrepresión- en un lateral del

compartimento para facilitar la circulación del aire en su interior, que no obstante estará en depresión.

Para obras de corta duración podrán disponerse láminas de plástico rígido, con estructura soporte de suficiente resistencia, adecuadamente sellado con paredes, suelo y techo.

Eventualmente la lámina podrá disponerse de material flexible en la proximidad de su unión con paredes, suelo y techo para adaptarse a las irregularidades del contorno de éstos.

3.5 HOJAS DE VERIFICACION

Se acompañan como Anexos, para la verificación de las actuaciones establecidas, modelos de hojas de control, que en función de las características de cada hospital podrán adaptarse al mismo.

- Anexo 3.1.** Hoja de verificación de recomendaciones para la prevención y control de infecciones en zonas de obras. **PREVIA A LA EJECUCION.**
- Anexo 3.2.** Hoja de verificación de recomendaciones para la prevención y control de infecciones en zonas de obras. **DURANTE LA EJECUCION .**
- Anexo 3.3.** Hoja de verificación de recomendaciones para la prevención y control de infecciones en zonas de obras. **FINALIZACION DE OBRA.**

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Recomendaciones para la vigilancia, prevención y control de infecciones en hospitales en Obras. (Grupo de trabajo de la Sociedad de Medicina Preventiva, Salud Pública e Higiene y el INSALUD. marzo de 2000).
- ² Prevención y control de las infecciones nosocomiales causadas por hongos filamentosos. (Unidad de Micología. Centro nacional de microbiología. Instituto de Salud Carlos III. 1998)
- ³ Centers for Disease Control and Prevention. Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee (HICPAC). Draft Guideline for Environmental Infection Control in Healthcare Facilities, 2001.
- ⁴ Construction-related Nosocomial Infections for Hospitalized Patients: Decreasing the Risk of Aspergillus, Legionella and other Infections. Draft 6, march 24, 1999. (Division of Nosocomial and Occupational Infections. Bureau of Infections Diseases, Laboratory Center for Disease Control Health Canada. Ottawa, Ontario, Canada. K1A OL2).

ANEXO 3.1

HOJA DE VERIFICACION DE RECOMENDACIONES PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INFECCIONES EN ZONAS EN OBRAS

COMISION DE OBRAS PREVIA A LA EJECUCIÓN

DATOS DE IDENTIFICACION:

- 1. NUMERO DE REGISTRO: _____ 2. FECHA VERIFICACION: __/__/__
- 3. ZONA EN OBRAS: _____
- 4. AREAS DE RIESGO ANEXAS A LA ZONA EN OBRAS: _____
- 5. TIPO O MAGNITUD DE LA OBRA: _____
- 6. FECHA DE INICIO: __/__/__ 7. DURACIÓN PREVISTA: __ __ días

CARACTERISTICAS DE LA OBRA:	SI	NO	NO PROCEDE
- Actividad asistencial en la zona en obras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Se va a ver afectado el almacén de material	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Se va a ver afectada la red de distribución de agua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Se va a ver afectada la evacuación de residuos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Alteración de la ruta de material sanitario, comidas, ropas, etc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Alteración de la ruta de pacientes, personal.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Salida exclusiva de trabajadores de la obra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Ascensor exclusivo obreros, material y escombros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Otras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

MEDIDAS ADOPTADAS:

	SI	NO	NO PROCEDE
- Aislamiento adecuado de la zona en obras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Tipo de barrera adecuada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Señalización de la zona de obra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Aire acondicionado:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Tipo <input type="checkbox"/> General <input type="checkbox"/> Individual			
- Sellado de conducto y rejillas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Escombros:			
● Frecuencia de retirada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Vía de retirada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Hora de retirada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Transporte escombros en contenedores cerrados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Areas de riesgo colindantes:			
● Medición periódica de parámetros de sistema de climatización	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Control microbiológico ambiental	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Se establecen recomendaciones específicas de limpieza:			
● Del área o zona en construcción.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Del área circundante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES:

Por el Sº de Mantenimiento

Por el Sº de Med. Preventiva

Vº Bº

Fdo.:

Fdo.:

Fdo.: Presidente de la
Comisión de Obras

ANEXO 3.2

HOJA DE VERIFICACION DE RECOMENDACIONES PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE INFECCIONES EN ZONAS EN OBRAS

COMISION DE OBRAS

DURANTE LA EJECUCIÓN

DATOS DE IDENTIFICACION (ZONA EN OBRAS): _____

SITUACION MEDIDAS ADOPTADAS:	Fecha y hora: _____ / _____			_____ / _____			_____ / _____			_____ / _____		
	SI	NO	N.P.	SI	NO	N.P.	SI	NO	N.P.	SI	NO	N.P.
-Aislamiento adecuado de la zona en obras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Señalización de la zona	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Aire acondicionado (sellado conductos / rejillas)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Escombros:												
● Retirada forma prevista	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Transporte contenedores cerrados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Areas de riesgo colindantes:												
● Parámetros Sistema Climatización correctos.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Control microbiológico ambiental correcto.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Estado correcto de la limpieza del área:												
● Del área o zona en construcción	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● Del área circundante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Observaciones:

Persona que realiza la verificación:

ANEXO 3.3

HOJA DE VERIFICACION DE RECOMENDACIONES PARA LA PREVENCION Y CONTROL DE INFECCIONES EN ZONAS EN OBRAS

COMISION DE OBRAS FINALIZACIÓN

DATOS DE IDENTIFICACION:

1. NUMERO DE REGISTRO: _____ 2. FECHA VERIFICACION: __ / __ / __
 3. ZONA CONSTRUIDA O REPARADA: _____
 4. TIPO DE OBRA REALIZADA: _____

INFORME DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO

CARACTERISTICAS DE LA OBRA: SI NO NO PROCEDE

Limpieza:

- Se ha limpiado y/o aspirado el falso techo
- Se han limpiado y aspirado los conductos del aire acondicionado . .
- Se han limpiado los difusores y rejillas del aire acondicionado. . .

Estructura y funcionamiento:

- Comprobación de sellados.
- Puntos de entrada y salida de aire ubicados según diseño.
- Temperatura
- Humedad relativa
- Renovaciones de aire por hora
- Presión diferencial.
- Toma de aire exterior y porcentaje recirculación según lo previsto.
- Tipo de filtros y colocación de estos según lo previsto

AGUA Y FONTANERIA: SI NO NO PROCEDE

- La presión del agua es adecuada.
- Los desagües drenan bien
- Se han dejado correr los grifos suficiente tiempo antes de abrir . . .

Fdo: Responsable Servicio de Mantenimiento

INFORME DEL SERVICIO DE MEDICINA PREVENTIVA

LIMPIEZA DE LA ZONA: SI NO NO PROCEDE

- Se ha limpiado la zona tras la retirada de la barrera
- Están limpias todas las superficies.
- Está limpio el mobiliario y el material
- Se ha realizado desinsectación y desratización (si se hubiese indicado previamente su realización)

RESULTADOS ADECUADOS EN EL CONTROL MICROBIOLÓGICO

AMBIENTAL SI PROCEDE

Fdo.: Responsable Servicio de Medicina Preventiva

OBSERVACIONES:

SE PUEDE COMENZAR LA ACTIVIDAD EN EL AREA: SÍ NO

FECHA DE INICIO DE LA ACTIVIDAD ASISTENCIAL: _____

Vº Bº

Fdo.: Presidente de la Comisión de Obras

4 Legionelosis: epidemiología y prevención

MARINA AGNOLA TORRES ORTIZ
Especialista en Medicina Preventiva y Salud Pública
Jefe de Sección de Medicina Preventiva
Hospital Universitario Ntra. Sra. de Valme. Sevilla

5 Prevención y control de Legionella en instalaciones

SALVADOR ALBARCA CORPAS
Ingeniero Industrial
Subdirector de Servicios Generales
Hospital General Básico de Jerez de la Frontera. Cádiz

5.4.4.1 Desinfección continua con productos clorados

5.4.4.2 Otros tratamientos de desinfección

5.6.5 Productos químicos en el tratamiento de instalaciones

MARIA TARANCON ESTRADA
Licenciada en Ciencias Químicas
Asesora Técnica Riesgos Ambientales
Consejería de Salud

Anexo 5.1 Modelo de recogida de datos para el libro de mantenimiento de la red de agua

Anexo 5.2 Modelo de recogida de datos para el libro de mantenimiento de torres de refrigeración y dispositivos análogos

JACOBA LOPEZ DIAZ
Licenciada en Ciencias Biológicas
Jefe Sector de Salud Ambiental
Consejería de Salud

4 LEGIONELOSIS NOSOCOMIAL: EPIDEMIOLOGIA Y PREVENCIÓN

4.1 INTRODUCCIÓN

La legionelosis comprende las infecciones causadas por microorganismos de la familia Legionellaceae que se manifiesta por dos síndromes clínicos: la enfermedad de los legionarios y la fiebre de Pontiac. La enfermedad de los legionarios es una neumonía causada por *L. pneumophila*. La fiebre de Pontiac es una enfermedad febril aguda sin neumonía causada por *L. pneumophila* y por otras especies de *Legionella*.

Aunque el agente etiológico se conoció en 1976 por el brote que ocurrió en un hotel de Filadelfia donde se celebraba la 58ª Convención de la Legión Americana en el que hubo 182 casos de neumonía y 34 defunciones y en el que se aisló una bacteria nueva, mediante estudios retrospectivos se ha demostrado que había sido la causante de brotes anteriores en los que no se había demostrado el agente causal.

En 1947, mediante la inoculación en cobaya, se aisló de la sangre de un paciente con un proceso respiratorio febril un germen que, 30 años más tarde, se demostró era *L. pneumophila*.

4.2 AGENTE ETIOLÓGICO

4.2.1 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

La familia *Legionellaceae*, incluye más de 40 especies, con 64 serogrupos. *L. pneumophila* es la especie responsable de cerca del 90% de los casos, abarca 15 serogrupos, aunque el 1, 4 y 6 son los que causan la enfermedad con mayor frecuencia (principalmente el serogrupo 1), seguida de *L. micdadei* (responsable del 10%). *L. bozemanii*, *L. longbeachae* y *L. dumoffii* ²⁶.

Son bacilos gramnegativos, aerobios estrictos, no esporulados y no capsulados, que miden de 0,3 a 0,9 mm. de ancho y de 2 a 20 mm. de largo y, aunque en las muestras clínicas son cocobacilos de 1 a 2 mm, una vez cultivados en algunos medios pueden aparecer formas largas y filamentosas. Se tiñen mal con el método de Gram, necesitando técnicas especiales como la de Gimenez, las argénticas de Dieterle y Warthin-Starry, o las de fluorescencia. Se cultivan mal en medios artificiales utilizando mejor los aminoácidos (catabolizados por el ciclo de Krebs) que los carbohidratos como fuente de energía y necesitando para su crecimiento L-cisteína; el medio

selectivo más empleado es el CYE-agar (*charcoal yeast extract*), suplementado con ácido α -cetoglutarido. Su temperatura óptima de crecimiento es 35°C y necesitan de 3 a 5 días para que éste sea visible. En medios incoloros se observa en general un pigmento marrón soluble (una melanina producida a partir de L-tirosina) en placas que muestren un buen crecimiento. Bajo luz ultravioleta de onda larga se demuestra una fluorescencia amarilla tanto de las colonias como del medio subyacente.

L. pneumophila es asacarolítica, catalasa y oxidasa-negativo, nitrato y ureasa-negativo y gelatinasa-positivo. Es móvil pudiendo observarse, en la mayoría de las cepas de aislamiento primario, un flagelo polar único y numerosas fimbrias. Posee una membrana citoplasmática trilaminar interna, una capa de peptidoglucano y una membrana trilaminar externa con una proteína de peso molecular de 24.000-29.000 la cual forma canales permeables a los iones en contacto con las membranas lipídicas. El lipopolisacárido de *L. pneumophila* serogrupo 1 se encuentra fijado estrechamente a esta proteína y los anticuerpos detectados mediante inmunofluorescencia indirecta se dirigen en forma primaria contra este lipopolisacárido.

4.2.2 PATOGENIA

No se conoce bien. Los microorganismos pueden alcanzar el pulmón por aspiración, precedida de la colonización orofaríngea, por inhalación directa o por diseminación hematogena desde otro foco pero, hasta el momento no se ha podido demostrar que estas bacterias colonicen la orofaringe y se considera que la aspiración subclínica de agua contaminada o la inhalación directa son las vías de transmisión más probables. Una vez que ingresan en el tracto respiratorio pueden superar la barrera que representan los cilios al adherirse a las células epiteliales por medio de los *pili*, aunque esto todavía no se ha demostrado de forma fehaciente, siendo posible que sean depuradas por el aparato mucociliar ya que se ha observado de forma sistemática una asociación epidemiológica entre aumento de riesgo de enfermar y estados en los cuales existe una alteración de este mecanismo de depuración.

Una vez que los microorganismos alcancen los alvéolos la evolución dependerá de su virulencia y de la competencia del huésped para combatir la infección. *L. pneumophila* es un parásito intracelular lo que le permite soslayar, con relativa facilidad, las defensas pulmonares penetrando por fagocitosis en los macrófagos alveolares donde inhiben la fusión fagolisosomal impidiendo su destrucción. Después se multiplica hasta la ruptura de la célula, presumiéndose que las bacterias liberadas son fagocitadas por otras células, lo que permite que comience de nuevo el ciclo.

Lo mismo que en otras infecciones causadas por patógenos intracelulares, la inmunidad mediada por células representaría la defensa primaria del huésped contra esta infección; cuando se encuentra alterada por enfermedades sistémicas o tratamientos inmunosupresores, el riesgo de enfermar es mucho mayor.

4.3 EPIDEMIOLOGIA

4.3.1 RESERVORIO

Son microorganismos muy ubicuos que tienen como hábitat natural el medio acuático y que son capaces de sobrevivir en condiciones ambientales muy variadas: temperatura de 0 a 63°C, pH de 5 a 8,5 y oxígeno disuelto en concentraciones de 0,2 a 15 mg/l.

Se han aislado de ecosistemas acuáticos naturales entre los que se encuentran ríos, lagos, aguas estancadas, aguas cloradas, aguas termales, fangos y suelos húmedos, así como de ecosistemas acuáticos artificiales como depósitos y conducciones de agua potable, condensadores evaporativos, torres de refrigeración de aire, humidificadores, nebulizadores, piscinas, duchas y grifos.

No obstante, a pesar de esta distribución tan amplia, los brotes descritos tienen origen muy similar. Los medios naturales contienen una escasa cantidad y, dado que *Legionella* tolera la acción del cloro, sobrevive al proceso de tratamiento del agua y pasa al sistema de distribución aunque en cantidad escasa. Su desarrollo y proliferación ulterior tiene lugar en medios fabricados por el hombre que les proporciona temperatura adecuada, protección física y nutrientes.

Actualmente se sabe con certeza que para el desarrollo óptimo de *L. pneumophila* es necesaria la presencia de microorganismos simbióticos tales como amebas y bacterias del agua. *L. pneumophila* puede infectar las amebas y los protozoarios ciliados y multiplicarse en su interior dando lugar, con su ruptura, a la liberación de gran cantidad de *Legionella* móviles, proceso similar al que tiene lugar en las células mononucleares humanas. La localización intracelular de los microorganismos podría contribuir a su supervivencia en medios relativamente desfavorables.

La temperatura aparentemente es un factor crítico (se multiplica entre 20 y 45°C y se destruye a 70°C). Pueden encontrarse con mayor facilidad en la profundidad de tanques de agua caliente, asociándose, en la mayoría de los casos, con una temperatura más baja (<50°C), una configuración vertical que conlleva distintos estratos de temperatura y sedimento más espeso en el fondo, una mayor antigüedad y una concentración elevada de calcio y magnesio en el agua.

Al descubrirse que *L. pneumophila* podía colonizar los sistemas de distribución de aguas, mediante investigaciones más rigurosas, se ha establecido que estos sistemas representarían el reservorio primario para la diseminación del microorganismo.

4.3.2 MECANISMO DE TRANSMISION

Aunque el mecanismo de transmisión de *Legionella* al hombre probablemente sea multifactorial, el principal es a través del aire adonde llega por diseminación en forma de aerosoles (la persistencia de estos microorganismos en el ambiente puede ser de más de 2 horas, siempre y cuando existan en él condiciones de temperatura y humedad adecuadas²⁶). En este sentido, ciertos componentes de los sistemas de aire acondicionado, fuentes decorativas, nebulizadores y

humidificadores están directamente involucrados como generadores de ellos. Estos mismos aparatos y sobre todo los tubos, boquillas y bolsas de ventilación, si son limpiados con agua contaminada, pueden ser vehículos por instilación directa de las bacterias.

La aspiración de agua contaminada o secreciones orofaríngeas colonizadas probablemente represente un mecanismo de transmisión importante aunque hasta el momento esta colonización no haya sido corroborada²⁹.

Dado que el primer aislamiento ambiental fue realizado de una alcachofa de ducha se presumió que serían responsables de la diseminación, sin embargo, algunos estudios de simulación han demostrado que el líquido disperso elimina una cantidad escasa de Legionella y sólo a través de una distancia corta (varios centímetros)²⁹. Dada la controversia se recomienda su vigilancia y desinfección específica.

La ingestión del microorganismo seguida de la diseminación bacteriémica desde el aparato digestivo explicaría las manifestaciones gastrointestinales que frecuentemente aparecen en las fases iniciales de la enfermedad pero se cuenta con escasas evidencias clínicas que sustenten esta vía de transmisión^{26,29}.

En algunos estudios preliminares se mencionaba la transmisión de la enfermedad mediante excavaciones del suelo, pero esta hipótesis nunca ha sido confirmada²⁶.

Por último, la transmisión de persona a persona parece poco probable, y si se produce, es en muy raras ocasiones, como lo demuestra el hecho de que no se hayan detectado prácticamente casos entre los familiares de los enfermos²⁶.

4.3.3 POBLACION SUSCEPTIBLE

La susceptibilidad a la enfermedad es general. Sin embargo, el tabaquismo, la enfermedad pulmonar crónica, la edad avanzada (rara vez se presenta en sujetos menores de 20 años) y la inmunosupresión han estado repetidamente implicados como factores de riesgo. En algunos estudios se ha observado un consumo excesivo de alcohol y una mayor incidencia de insuficiencia renal. La cirugía es un factor predisponente importante en los casos nosocomiales y el mayor riesgo corresponde a los trasplantes. El riesgo de padecer la enfermedad entre los pacientes hematológicos con terapia inmunosupresora es nueve veces superior que en el resto de la población.

Aunque la enfermedad se ha descrito en todas las edades, es muy rara en niños (en la actualidad se están documentando casos nosocomiales entre los neonatos, niños inmunodeprimidos y niños con una enfermedad pulmonar subyacente)^{3,29}. Afecta principalmente a varones de edades comprendidas entre 40 y 70 años, estando posiblemente relacionada con el consumo de tabaco y la mayor presencia de enfermedades de base en estas edades. La razón entre hombres y mujeres es de 2,5:1.

Aunque se registran casos todo el año, tanto los casos esporádicos como los brotes, se producen con mayor frecuencia en el verano y el otoño, probablemente por la mayor utilización de acondicionadores de aire.

Existen diversas formas de presentación:

- Brotes epidémicos, generalmente con un foco común.
- Brotes hospitalarios, que suelen afectar a pacientes quirúrgicos e inmunodeprimidos.
- Casos esporádicos, que casi siempre constituyen la forma de aparición más frecuente, presentándose a lo largo de todo el año y que en su mayoría pasan totalmente inadvertidos.

La legionelosis es una enfermedad de distribución mundial. Ha sido identificada en toda América del Norte y también en Austria, África, América del Sur y Europa. Las encuestas serológicas sugieren una prevalencia de anticuerpos contra el serogrupo 1 de *L. pneumophila*, con un título de 1:128 o más, en 1 a 20% de la población general, en los pocos lugares estudiados. En España ha habido varios brotes desde el conocido inicialmente en Benidorm en 1973 y que afectó a un grupo de turistas alojados en el mismo hotel; en 1997 se incluyó como enfermedad de declaración obligatoria habiéndose notificado 749 casos hasta el 2000, con un total de 51 brotes (408 casos implicados con 35 defunciones) de los que 10 (62 casos) eran de ámbito intrahospitalario; en el año 2001 (hasta la semana 28) se han notificado 246 casos entre los que no están incluidos 3 brotes (1 comunitario en Murcia y 2 nosocomiales en Andalucía y Navarra) notificados con posterioridad.

4.3.4 CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS

La legionelosis se presenta en dos formas muy distintas: la neumónica o enfermedad de los legionarios y la no neumónica o fiebre de Pontiac. No se conocen los mecanismos subyacentes a estas dos formas de la infección, probablemente desempeñen un papel determinante la cantidad de microorganismos, las distintas vías de transmisión y los factores del huésped.

a) La fiebre de Pontiac

Es un proceso gripal agudo con un periodo de incubación corto de 5 a 66 horas (con mayor frecuencia de 24 a 48 horas) y un índice de ataque muy elevado (más del 90%) entre las personas expuestas. Se caracteriza por malestar general, intensas mialgias, fiebre, anorexia y cefaleas; no hay afectación pulmonar aunque algunos pacientes pueden presentar tos no productiva. La evolución es corta y generalmente benigna, curando espontáneamente y sin secuelas en el curso de 1 semana. Este síndrome clínico podría representar más bien una reacción al antígeno inhalado que una invasión bacteriana.

b) La enfermedad de los legionarios

Se caracteriza principalmente por un cuadro neumónico y un periodo de incubación más largo que la fiebre de Pontiac el cual oscila entre 2 y 10 días y con mayor frecuencia de 5 a 6 días. Por lo común, los brotes de legionelosis tienen tasas de ataque bajas (de 0,1 a 5%) en la población en riesgo. Las manifestaciones varían entre una tos leve con febrícula a un cuadro de estupor con infiltrados pulmonares diseminados e insuficiencia multiorgánica.

El inicio de la enfermedad es muy inespecífico con fiebre, malestar general, mialgias, anorexia y cefaleas, siendo frecuente la presencia de tos seca que más tarde suele hacerse productiva y en ocasiones el esputo puede estar manchado con sangre, aunque es rara la hemoptisis franca.

Con frecuencia existen síntomas gastrointestinales como diarrea, en un 25-50% de los casos y en el 10-20% aparecen náuseas, vómitos y dolor abdominal. Las manifestaciones del sistema nervioso suelen ser muy variadas, desde un estado de letargo hasta encefalopatía. La anomalía neurológica más frecuente es la alteración del estado mental.

La fiebre es un hallazgo casi universal (más de 40,5°C en el 19% de los casos de una serie²⁹). Los escalofríos con temblores son más frecuentes en la fase avanzada de la neumonía. La hipotensión ha sido documentada en el 17% de pacientes con neumonía adquirida en la comunidad.

En 24-48 horas aparecen los síntomas respiratorios con dolor pleural y disnea. Radiológicamente se presenta como un cuadro neumónico, sobre todo a partir del tercer día, con infiltrado típicamente alveolar que puede afectar a un segmento, un lóbulo o a todo el pulmón.

En pacientes inmoderadamente se ha publicado la presencia de afecciones extrapulmonares como celulitis, sinusitis, abscesos perirrectales, pericarditis, pielonefritis, pancreatitis y endocarditis. En estos casos la diseminación de la infección sería secundaria a la bacteriemia. Se han observado casos de infección de heridas como consecuencia de la inmersión en agua contaminada por legionellas²⁹.

Los datos de laboratorio muestran neutrofilia, hipofosfatemia, elevación de enzimas hepáticas y sobre todo hiponatremia (inferior a 130 mEq/l)²⁶.

Aunque la neumonía por *L. pneumophila* es indistinguible de la neumonía causada por otras bacterias, deberíamos pensar en ella en caso de:

- Gram de muestras respiratorias con numerosos neutrófilos y escasos microorganismos.
- Hiponatremia
- Fracaso al tratamiento antimicrobiano con betalactámicos.

La incidencia de la enfermedad de los legionarios depende:

- Del grado de contaminación del reservorio acuático del microorganismo,
- De la susceptibilidad de las personas expuestas y
- De la intensidad de la exposición.

Debe tenerse presente que el diagnóstico de esta infección también depende de la disponibilidad de pruebas de laboratorio y de su aplicación en el paciente infectado. Numerosos estudios la han catalogado entre las tres etiologías microbianas más comunes de neumonía adquirida en la comunidad, (la proporción de casos con neumonía de origen comunitario que corresponde a la enfermedad de los legionarios oscila de 0.5 a 5%) habiéndose sugerido que sólo un 3% de los casos esporádicos se diagnostican correctamente²⁹.

En el ámbito hospitalario la incidencia de neumonía nosocomial depende:

- Del grado de colonización por *L. pneumophila*,
- De la cantidad de enfermos con factores de riesgo y
- De la disponibilidad de métodos de diagnóstico adecuados en el hospital.

4.3.5 DIAGNOSTICO MICROBIOLOGICO

Debido a que las manifestaciones clínicas y radiológicas son inespecíficas, es necesario la realización de pruebas de laboratorio especiales para poder establecer un diagnóstico correcto.

Como las distintas pruebas de laboratorio se complementan entre sí, la realización de cada una de ellas, cuando se sospecha enfermedad de los legionarios, aumenta la probabilidad de confirmar el diagnóstico. No obstante, como ninguno es 100% sensible la negatividad de uno o más de ellos no excluye el diagnóstico de legionelosis.

1. El cultivo es el método más específico y sensible, siempre y cuando las muestras sean adecuadas. El cultivo no sólo es importante para fines diagnósticos sino que además nos servirá

Tabla 4.1 Comparación de distintas pruebas

PRUEBA		% SENSIBILIDAD	% ESPECIFICIDAD
Cultivo	Esputo ¹⁸⁰ ¹	100	100
	Aspirado bronquial	90	100
	Sangre ²⁰	100	100
Serología ²		40-60	96-99
Anticuerpos fluorescentes directos		33-70	96-99
Antígeno urinario ³		70	100
Sonda de DNA		60	95-99

¹Usando tres medios: CYE-agar (*charcoal yeast extract* tamponado), CYE-agar más polimixina, anisomicina y cefamandol y CYE-agar más polimixina, anisomicina, vancomicina y colorantes. ²Pruebas para detectar anticuerpos IgG e IgM en sueros de fase aguda y convaleciente. ³Sólo *L. pneumophila*, serogrupo 1.

para comparar los aislamientos de *Legionella* de muestras clínicas con los obtenidos de cultivos ambientales. El medio de elección es el CYE-agar al que se puede aumentar su sensibilidad añadiéndole antimicrobianos que impidan el crecimiento de otros microorganismos competitivos y colorantes que confieren un color distinto a *Legionella*. Crece lentamente y requiere 3 a 5 días para formar colonias visibles macroscópicamente. Pueden presentarse dos tipos de colonias: una enana y otra con un diámetro superior a los 2 mm; son convexas, redondeadas, lisas y brillantes; al observarlas con lupa tienen aspecto de cristal esmerilado. La temperatura óptima de crecimiento es de 35 a 37°C.

2. La tinción directa con anticuerpos fluorescentes es un método diagnóstico rápido pero tiene la desventaja importante de su baja sensibilidad con respecto a los cultivos dado que los resultados positivos dependen de la presencia de una gran cantidad de microorganismos en la muestra. Las reacciones cruzadas con bacterias diferentes a *Legionella* son raras; los resultados falsos positivos generalmente se deben a errores de laboratorio o al uso de reactivos contaminados y no a reacciones cruzadas con otras bacterias. Los reactivos más nuevos con anticuerpos monoclonales son más fiables que los policlonales porque se obtiene una tinción mejor de fondo y la prueba es menos engorrosa desde el punto de vista técnico. La sensibilidad de ambos reactivos es similar y la monoclonal es más costosa que la policlonal.

3. La detección serológica de anticuerpos tiene mayor interés en los estudios epidemiológicos que como diagnóstico clínico debido a que los anticuerpos aparecen a partir de la segunda semana y en ocasiones más tarde. Los métodos serológicos utilizados con mayor frecuencia son la inmunofluorescencia indirecta y el ensayo inmunsorbente ligado a enzimas (ELISA). Se consideran positivas las seroconversiones con título iguales o superiores a 1/128 y con incremento de cuatro veces el título anterior entre dos muestras separadas por dos semanas; un único título elevado no confirma un caso de enfermedad de los legionarios ya que títulos iguales o superiores a 1/256 pueden encontrarse en el 1 a 16% de las personas sanas. Aunque es bastante raro, pueden obtenerse falsos positivos por reacciones cruzadas con otros microorganismos gramnegativos, principalmente *Pseudomonas aeruginosa*. El uso de ensayos para IgM e IgG se asocia con una máxima sensibilidad, aunque es probable que durante la fase de enfermedad se produzca un aumento significativamente mayor de anticuerpos IgM.

4. La detección de antígeno en orina¹⁵ es una prueba diagnóstica rápida pudiendo obtenerse resultados en muy pocos minutos. Además de la rapidez presenta la ventaja sobre los cultivos de que con frecuencia es más fácil obtener orina que muestras adecuadas de esputo en los pacientes afectados. Sus resultados son muy buenos en cuanto a sensibilidad y especificidad y la positividad puede persistir durante meses después del episodio de neumonía. Sólo se dispone de un radioinmunoensayo para el serogrupo 1 aunque esta limitación es menor ya que el serogrupo 1 es el responsable de alrededor del 80% de todos los casos de *L. pneumophila*.

5. La utilización de sondas específicas de ADN⁹ y la aplicación de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR)^{1,31} son algunas de las vías de desarrollo que han presentado mayores expectativas para el diagnóstico futuro. La PCR tiene la ventaja de proporcionar resultados fiables

en un día, al contrario que los cultivos convencionales pero su sensibilidad no es mejor que la de éstos en muestras clínicas; su sensibilidad ha sido demostrada en la detección de *Legionella* en muestras de agua³¹, aunque no da resultados cuantitativos ni proporciona cepas para los estudios epidemiológicos.

4.4 DEFINICION DE CASO⁴

4.4.1 DEFINICION CLINICA DE CASO

- La enfermedad de los legionarios es una enfermedad respiratoria aguda con signos focales de neumonía, fiebre, cefalea y mialgias. Alrededor de un tercio de los casos desarrollan diarrea y vómitos y la mitad de ellos pueden presentar confusión mental y delirio.
- La fiebre de Pontiac es un síndrome febril agudo y autolimitado

4.1.2 DEFINICION A EFECTOS DE NOTIFICACION

A efectos de notificación a la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (CNE 1996), los casos se consideran confirmados o sospechosos según los resultados de diagnóstico microbiológico del laboratorio:

a) Caso confirmado: Es aquél compatible con la definición clínica de caso y cualquiera de los diagnósticos microbiológicos considerados de confirmación:

- Aislamiento de cualquier especie o serogrupo de legionella a partir de secreciones respiratorias, tejido pulmonar o sangre.
- Seroconversión (aumento del título de anticuerpos en cuatro veces o más con un segundo título mínimo de 1/128) frente a *L. pneumophila* serogrupo 1, por inmunofluorescencia indirecta, en sueros tomados en la fase aguda y convaleciente de la enfermedad.
- Demostración de antígeno de *L. pneumophila* serogrupo 1 en orina por ELISA o RIA.

b) Caso sospechoso/probable: Es aquél compatible con la definición clínica de caso y/o resultado positivo en alguna de las siguientes pruebas de laboratorio consideradas presuntivas:

- Título alto ($\geq 1/256$) de anticuerpos frente a *L. pneumophila* serogrupo 1.
- Seroconversión (aumento del título de anticuerpos en cuatro veces o más, con un segundo título mínimo de 1/128) frente a cualquier especie o serogrupo de *Legionella* distinto de *L. pneumophila* serogrupo 1, en sueros tomados en la fase aguda y convaleciente de la enfermedad.
- Inmunofluorescencia directa en secreciones bronquiales o tejido pulmonar frente a cualquier especie o serogrupo de *Legionella*, incluido el serogrupo 1.

4.5 PRONOSTICO

La letalidad está en franco retroceso, habiendo pasado de un 20% en los primeros brotes descritos a un 10-12%, probablemente debido al empleo precoz de un tratamiento adecuado y eficaz. En enfermos hospitalizados la letalidad se encuentra entre 40-80%, dependiendo del estado inmunitario de los afectados.

4.6 TRATAMIENTO

Los macrólidos son los antimicrobianos de elección en el tratamiento de la neumonía por *L. pneumophila*. Los nuevos macrólidos tienen mejor perfil farmacocinético que la eritromicina, por lo que son mejor tolerados y de administración más cómoda.

En las formas graves de neumonía, algunos expertos recomiendan la combinación de rifampicina y macrólidos.

Las fluorquinolonas, ciprofloxacino, levofloxacino y moxifloxacino, tienen una excelente actividad in vitro y se consideran el tratamiento de elección en los receptores de trasplantes pues evitan las interacciones entre macrólidos y ciclosporina/tacrolimus.

La duración recomendada del tratamiento es de 10 a 14 días, prolongándose en los pacientes inmunocomprometidos.

4.7 PREVENCIÓN

4.7.1 PREVENCIÓN PRIMARIA: (En centros sin casos detectados)

Educación de los trabajadores del hospital y vigilancia de la infección:

1. Educación de los trabajadores (categoría IA):

- a) Personal facultativo: hacia la sospecha clínica en los casos de neumonía nosocomial incluyendo *Legionella* en los protocolos de diagnóstico diferencial de la neumonía nosocomial y sobre el uso de métodos apropiados para su diagnóstico.
- b) Otro personal (sanitario y de mantenimiento): sobre las medidas de control efectivas.

2. Vigilancia de la infección:

- a) Facilitar los medios adecuados para el diagnóstico con disponibilidad de antigenuria de *L. pneumophila*.

- b)** Vigilancia estrecha de los pacientes de alto riesgo de adquirir la enfermedad (categoría II) incluyendo:
 - Inmunodeprimidos (organotrasplantados, SIDA, tratados con esteroides sistémicos).
 - Mayores de 65 años.
 - Aquellos con una enfermedad crónica de base (diabéticos, fallo cardiaco congestivo, enfermedad pulmonar obstructiva crónica).
- c)** No se recomienda los cultivos rutinarios para *Legionella* spp. del agua de la red (asunto sin resolver).

Interrupción de la posible transmisión de *Legionella* spp:

1. Nebulizadores y otros equipos de terapia respiratoria:

- a)** Esterilización o desinfección de todos los equipos reutilizables antes de cada uso. Dependiendo del tipo de equipo la esterilización puede realizarse con autoclave de vapor, oxido de etileno, ácido peracético o desinfección de alto nivel (categoría IA).
- b)** Utilizar solamente agua estéril (no usar agua destilada no estéril) para enjuagar estos equipos después de limpiarlos y/o desinfectarlos (categoría IB).
- c)** No se recomienda la utilización del agua del grifo como alternativa al agua estéril para enjuagar los equipos reutilizables semicríticos que vayan a utilizarse en el tracto respiratorio después de desinfección de alto nivel, independientemente de que el enjuagado vaya seguido de secado con o sin alcohol (asunto sin resolver).
- d)** Utilizar solo agua estéril (no usar agua destilada no estéril) para llenar los reservorios de los aparatos de nebulización (categoría IA).
- e)** No utilizar humidificadores para la habitación que crean aerosoles (tipo Venturi, ultrasonidos, etc.) a menos que puedan ser esterilizados o sometidos a desinfección de alto nivel diariamente y rellenados solo con agua estéril (categoría IA).

2. Agua de la red: consultar apartado 5.4.

3. Torres de refrigeración: consultar apartado 5.6.

4.7.2 ACTUACIONES ANTE LA APARICION DE CASOS

Se realizará **prevención secundaria** en los centros con un caso confirmado de legionelosis nosocomial o dos o más casos nosocomiales probables en un periodo de 6 meses.

Se define como **caso de origen nosocomial confirmado** aquél que tiene lugar en un enfermo que ha pasado los 10 días anteriores a la fecha de inicio de síntomas en un establecimiento hospitalario y **caso nosocomial probable**, cuando el enfermo ha estado ingresado por lo menos 1 día, en los 10 días anteriores a la fecha de inicio de síntomas.

Declaración urgente del caso al Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Andalucía según Real Decreto 2210/1995, a través del Servicio de Medicina Preventiva de cada centro, según Orden de 19 de diciembre de 1996 (BOJA 9/01/1997) (BOE 28/07/2001) (figura 4.1 y Anexo 4.1).

Realización de la encuesta epidemiológica al paciente o pacientes sospechosos.

Vigilancia activa de la legionelosis nosocomial (figura 4.2):

1. Estudio epidemiológico (categoría IB):

- a) Revisión diaria de las neumonías nosocomiales del centro y determinación de la antigenuria en todos los casos.
- b) Investigación epidemiológica retrospectiva revisando los datos microbiológicos, serológicos y autopsias para identificar casos previos.
- c) Confirmación de los diagnósticos clínicos mediante pruebas de laboratorio. En el Anexo 4.2 se incluyen los distintos tipos de muestras clínicas que deberán ser enviadas (muestra o cepa) al Laboratorio del Centro Nacional Microbiológico de Majadahonda.

2. Estudio ambiental (categoría IA):

- a) Investigación ambiental para determinar la fuente(s) con inspección de las instalaciones para identificar los puntos críticos por la detección de posibles defectos estructurales, mal funcionamiento o mantenimiento defectuoso de las mismas.
- b) Toma de muestras ambientales basándose en los datos derivados del estudio epidemiológico y de la inspección. En el Anexo 4.3 se encuentran las normas de recogida, conservación y etiquetado para su envío al Laboratorio del Centro Nacional Microbiológico de Majadahonda.

3. Comparación de cepas aisladas de los enfermos y del ambiente.

Tratamiento y desinfección (categoría IB):

1. Reformas estructurales corrigiendo los defectos encontrados en la inspección.
2. Tratamiento de las instalaciones de agua (fría y caliente) (Anexo 5.1).
3. Tratamiento de las torres de refrigeración (Anexo 5.2).

Actuaciones post-tratamiento (figura 4.3):

1. Si no hay evidencias de nuevos casos y los muestreos resultan negativos:
 - a) Continuar con la Vigilancia activa al menos 2 meses después del caso índice.
 - b) Repetir los muestreos durante al menos 3 meses con carácter mensual (después del tratamiento esperar al menos 15 días antes de tomar la siguiente muestra).
2. Si existen datos que sugieren la existencia de una transmisión nosocomial continuada o si el/los casos detectados afectan a pacientes con compromiso inmunitario severo o si el centro atiende a este tipo de pacientes:
 - a) Continuar con la Vigilancia activa al menos 2 meses después del último caso detectado.
 - b) Restringir la utilización de las duchas en los pacientes inmunocomprometidos, hasta que se negativicen los cultivos ambientales (categoría IB).
 - c) Evaluar la efectividad de las medidas mediante la realización de cultivos durante 3 meses (a intervalos de 2-3 semanas) (categoría II).
 - Si los cultivos son negativos continuar otros 3 meses realizando muestreo mensual.
 - Si aparecen cultivos positivos:
 - Evaluar las medidas adoptadas.
 - Considerar la posibilidad de repetir el proceso de descontaminación.

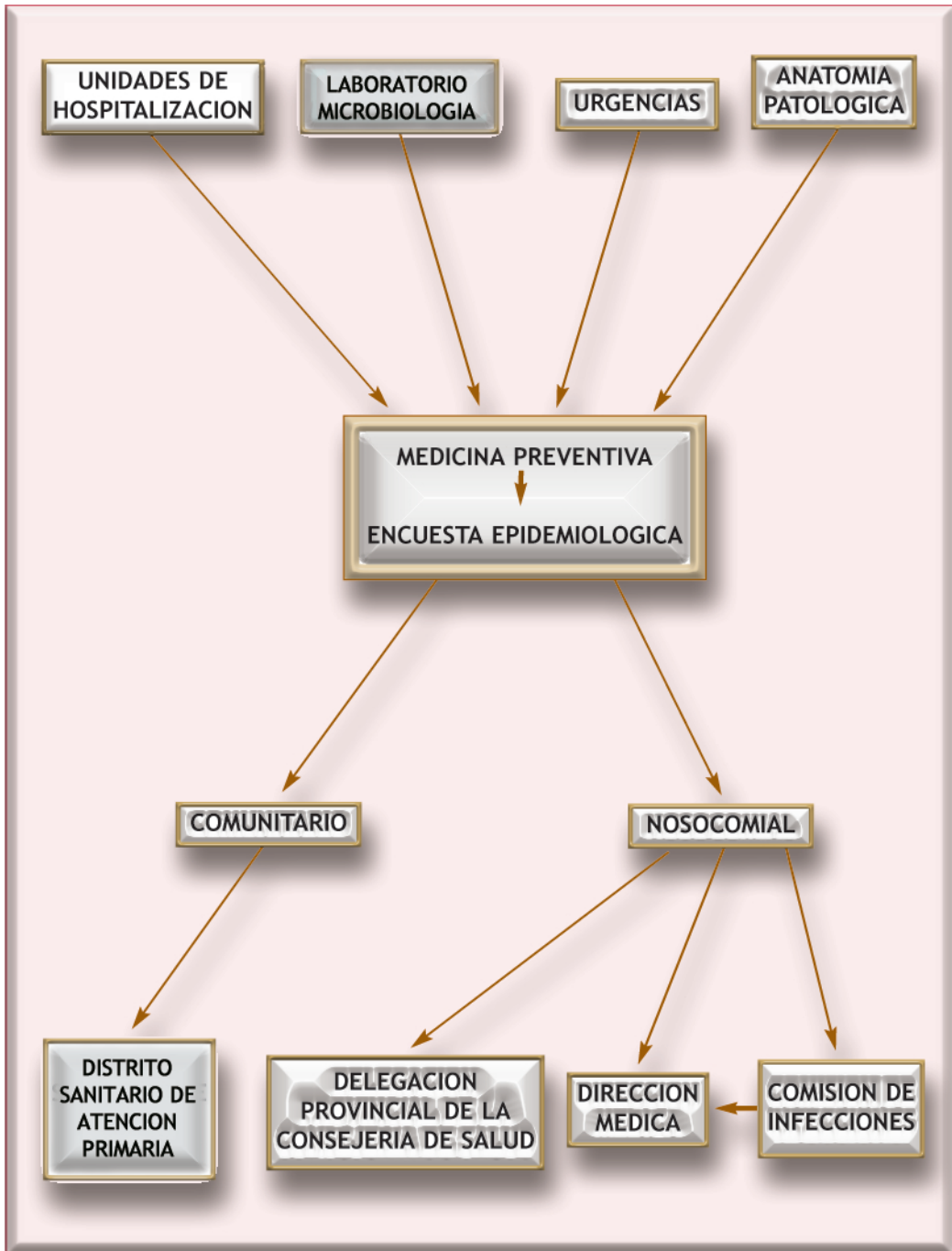


Figura 4.1: SOSPECHA CLINICA Y/O CONFIRMACION MICROBIOLOGICA

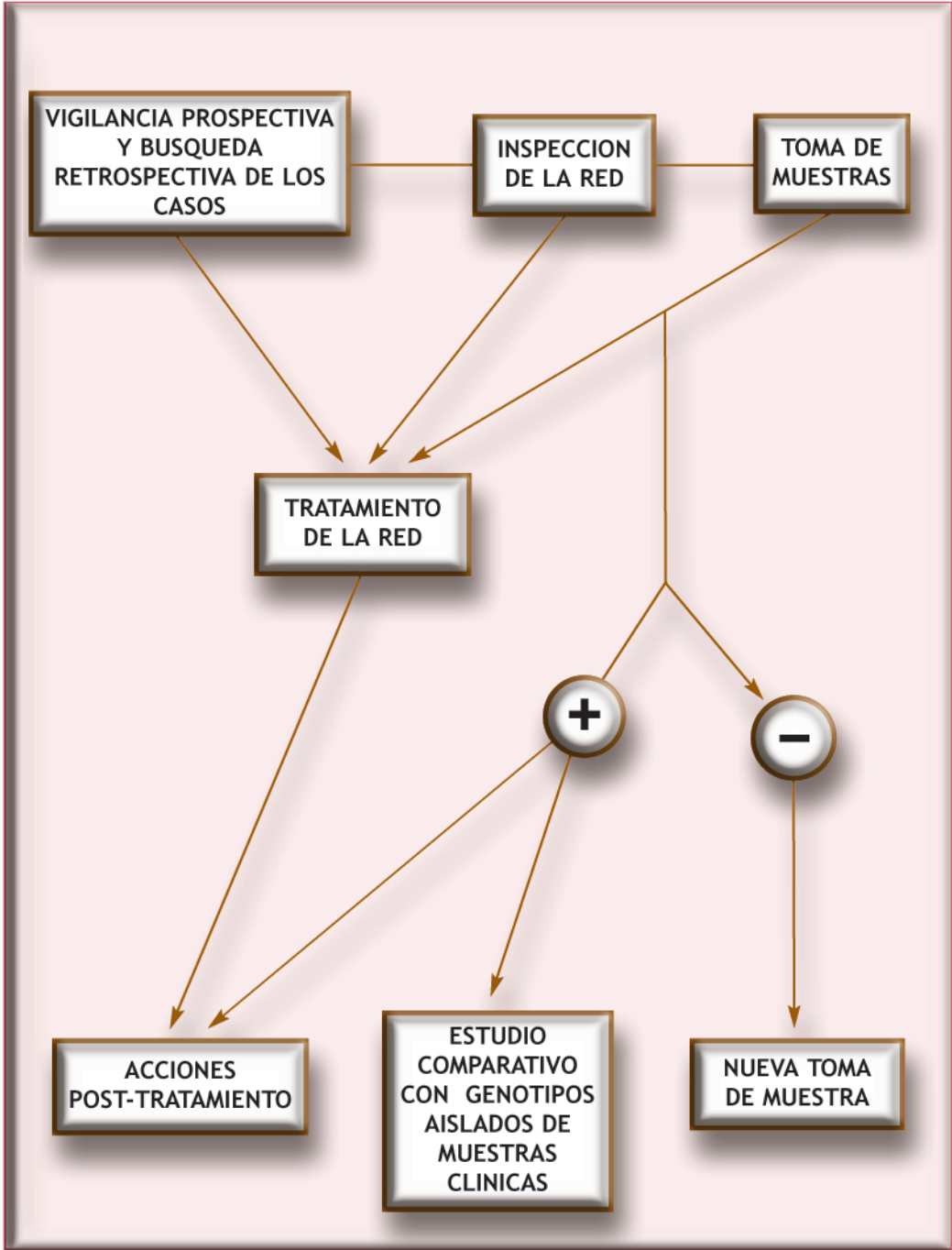


Figura 4.2: VIGILANCIA ACTIVA

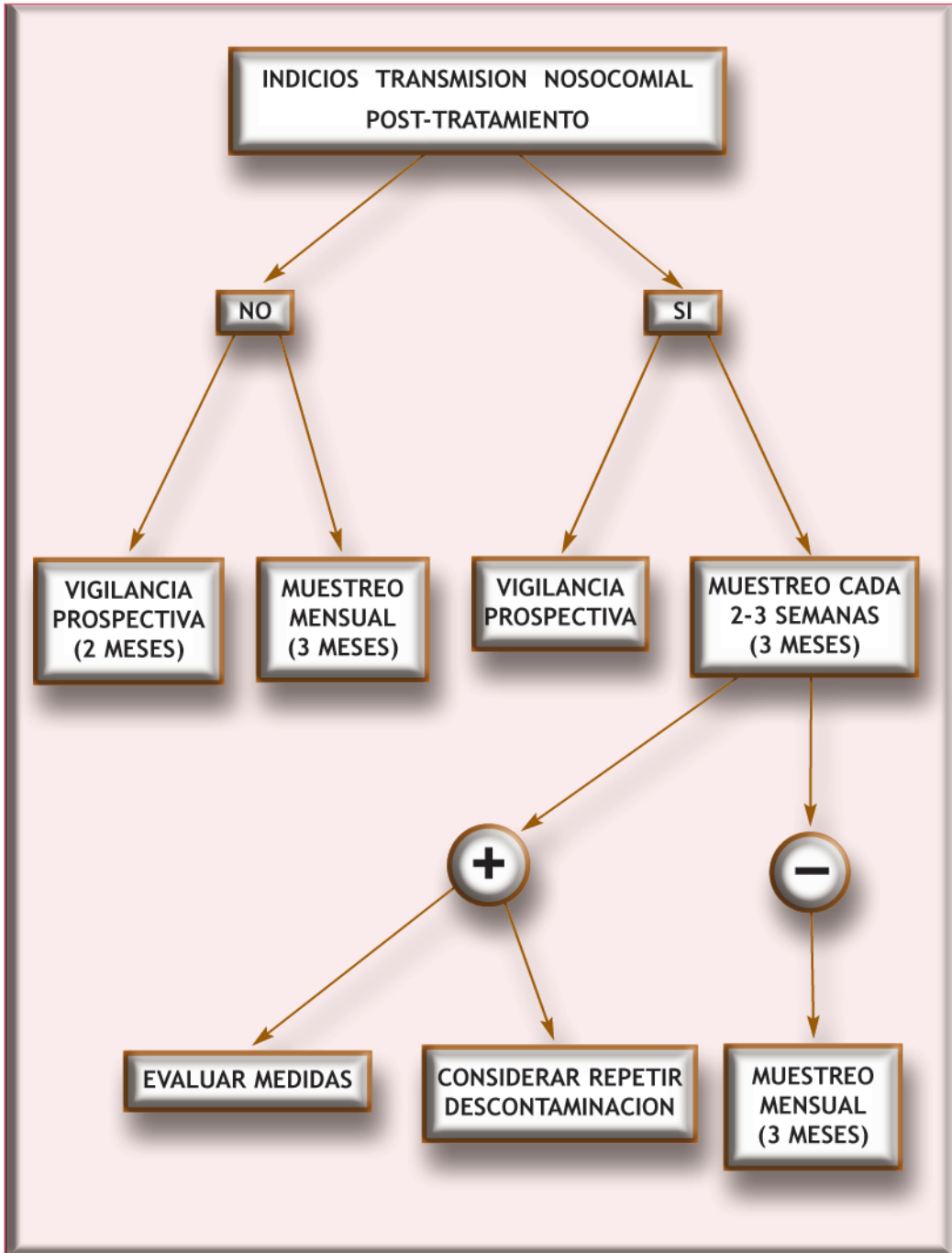


Figura 4.3: INDICIOS TRANSMISION NOSOCOMIAL POST-TRATAMIENTO

ANEXO 4.1

ENCUESTA EPIDEMIOLOGICA DE LEGIONELOSIS⁶

(Anverso)

DATOS DE FILIACIÓN DEL ENFERMO

Filiación (apellidos y nombre): _____

Fecha de nacimiento __ / __ / __ Edad: (Años) __ Sexo: Hombre Mujer
día mes año

Domicilio _____

Localidad _____ Provincia _____ Tfno. _____

Ocupación _____

DATOS CLÍNICOS

Fecha de inicio de los primeros síntomas __ / __ / __

Descripción clínica

Signos/Síntomas	SÍ	NO	NC.
Fiebre			
Neumonía			
Cefalea			
Mialgias			
Diarrea/Vómitos			
Confusión			

Otros síntomas (Citar): _____

Complicaciones (Citar): _____

Ingreso en hospital No Si Fecha de hospitalización: __ / __ / __

Centro _____ Servicio _____

Tratamiento: _____

Evolución: Curación Fallecimiento : Fecha: __ / __ / __

(Reverso)

DATOS DE LABORATORIO

Muestra, Resultado y Fechas

- Aislamiento: No Sí -----
- Seroconversión: No Sí -----
- (L. pneumophila SG1)
- Antígeno en orina: No Sí -----
- (L. pneumophila SG1)
- Tinción directa: No Sí -----
- Título alto (>256) No Sí -----
- en suero único
- (L. pneumophila SG1): No Sí -----
- Serovonversión: No Sí -----
- (Otras sp y SG)

DATOS EPIDEMIOLOGICOS

Tipo de caso: Sospechoso/probable Confirmado Esporádico Asociado brote

Antecedentes: Fumador: No Sí

Enfermedad respiratoria crónica: No Sí

Antecedentes de hospitalización (15 días antes): No Sí Fechas: __ / __ / __

Antecedentes de viajes (15 días antes): No Sí Fechas: __ / __ / __

En caso afirmativo citar lugares (hoteles y hospitales) y habitaciones donde estuvo:

¿Tenía aire acondicionado?: No Sí - ¿Lo conectó?: No Sí

¿Tenía calefacción?: No Sí - ¿La conectó?: No Sí Tipo: _____

¿Utilizó: BAÑO DUCHA ? - ¿Cuántas veces?: _____

DATOS DEL DECLARANTE

Fecha declaración del casos __ / __ / __

Médico que declara el caso _____

Centro de trabajo _____ Tfno. _____

Municipio _____ Provincia _____

ANEXO 4.2

MUESTRAS CLINICAS

Recogida de muestras. Todas las muestras deberán enviarse al laboratorio lo antes posible y mantenerse a 4°C hasta su llegada.

- Las muestra biológicas (esputo, muestras obtenidas mediante broncoscopia, tejido pulmonar,) para el aislamiento de la bacteria deben recogerse en condiciones de asepsia, envasándose en contenedores pequeños, secos, estériles y herméticamente cerrados. En caso de:
 - Esputo, debe recogerse fresco, correspondiente a la primera expectoración de la mañana, tras haber realizado el paciente un cuidadoso enjuague de la boca y gárgaras a ser posible con suero fisiológico estéril o agua destilada estéril (nunca usar antisépticos). En pacientes que no expectoran con facilidad puede resultar útil colocarlos en una postura cómoda, tendidos boca abajo y con los hombros y la cabeza más bajos que el resto del cuerpo, durante 10 minutos, de modo que las secreciones se vayan acumulando hacia la laringe y puedan salir en un golpe de tos o bién realizar una estimulación con aerosoles irritantes (solución salina hipertónica; no utilizar vapores de glicol por ser bactericida).
 - Aspirados bronquiales o traqueales, debe realizarse un enjuague antiséptico previo de la boca y la garganta del paciente antes de la exploración.
 - Biopsias, se elegirá un fragmento representativo que se introducirá en franco estéril de boca ancha y tapón de rosca en el que se habrá añadido suero fisiológico para prevenir la desecación.
- Para las determinaciones serológicas deberán tomarse dos muestras de suero, una en la fase aguda de la enfermedad y otra a los 15 o 21 días (indicandolo en la petición). La extracción de sangre debe realizarse preferiblemente en ayunas (todo suero hemolizado o de aspecto quiloso podrá dar resultados erróneos) y se introducirá en tubo de centrífuga sin anticoagulante. Se necesita un mínimo, a ser posible, de 5 ml de sangre.
- Para la determinación de antigenuria deberán recogerse 25 ml de orina en envase estéril.

DATOS QUE DEBEN ACOMPAÑAR A LA MUESTRA BIOLÓGICA (MUESTRA O CEPA) EN SU ENVÍO AL LABORATORIO DE REFERENCIA

Datos del hospital:

Centro: _____

Servicio: _____

Dirección: _____

Localidad: _____

Ciudad: _____

Provincia: _____

Datos del paciente:

Nombre: _____

Edad (años): ____ Sexo: Mujer Hombre

Cuadro clínico: _____

Fecha comienzo de síntomas: __ / __ / __ Fecha de toma de muestra: __ / __ / __

Tipo de muestra: Espudo: Broncoaspirado: Biopsia: Otro:

Evolución: Recuperación Fatal

Tratamiento: _____

Datos relacionados:

Comunitario: Sí No Nosocomial: Sí No

Asociado a viaje: Sí No

Hotel: (nombre): _____

Otra estancia: (especificar): _____

Localidad: _____

Asociado a otros casos: un caso (detallar): _____

varios casos (detallar): _____

Observaciones: _____

Fecha, nombre del remitente y firma

ANEXO 4.3

MUESTRAS AMBIENTALES

Recogida de muestras

- ❑ En general:
 - En cualquier caso medir temperatura del agua y cantidad de cloro libre y anotar.
 - Las muestras deberán recogerse por duplicado en envases estériles, adecuados para evitar que se rompan o se vierta el contenido en el transporte, con cierre hermético, a los que se añadirá un neutralizante.
 - La cantidad de agua a recoger, de cada punto, será aproximadamente un litro.
 - Deberán llegar al laboratorio lo antes posible, manteniéndose a temperatura ambiente y evitando temperaturas extremas.
- ❑ Puntos a tomar:
 - En depósitos de agua caliente y fría (acumuladores, calderas, tanques, cisternas, aljibes, pozos, etc) se tomará muestra de cada uno, preferiblemente de la parte baja del depósito, recogiendo, si existieran, materiales sedimentados.
 - En la red de agua fría y caliente, se tomarán muestras de agua de los puntos terminales de la red, preferiblemente de habitaciones relacionadas con enfermos, así como de algún servicio común, intentando elegir habitaciones no utilizadas en los días previos a la toma. En la red de agua caliente se deberá tomar muestras del agua de retorno. Se recogerá primero una pequeña cantidad (unos 100 ml), para después rascar el grifo o ducha con una torunda que se incorporará en el mismo envase y se recogerá el resto de agua (hasta completar el litro) arrastrando los restos del rascado.
 - En torres de refrigeración, condensadores evaporativos u otros aparatos de refrigeración que utilicen agua en su funcionamiento y generen aerosoles, tomar la muestra de la parte baja de la torre y de la bandeja, procurando recoger restos de suciedad, incluso rascando posibles incrustaciones de la pared.
 - Dependiendo del estudio epidemiológico, se tomarán muestras de otras instalaciones como piscinas, sistemas de riego, fuentes, instalaciones termales, así como de otros equipos que aerosolicen agua, como nebulizadores, humidificadores o equipos de terapia personal. En estos casos el número de puntos a tomar muestra de agua dependerá del tipo de instalación y su accesibilidad, y el volumen de agua a tomar dependerá de la cantidad de agua utilizada en su funcionamiento.

DATOS QUE DEBEN ACOMPAÑAR A CADA MUESTRA (AGUA O CEPA)

Tipo de muestra: Agua Cepa Otra (especificar): _____

Tipo de edificio: Hotel: _____ Habitación n° _____

Hospital: _____ Habitación n° _____

Otro: _____ Habitación n° _____

Edificio asociado a casos de legionelosis: Sí No

Un caso (fecha): __/__/__ varios casos (fechas): _____

Localidad: _____ Ciudad: _____ Provincia: _____

Agua de red: Grifo Ducha Otro (especificar) _____

Fría Caliente Temperatura: _____ Cloro: _____

Depósito de agua: Fría Caliente Temperatura: _____ Cloro: _____

Torre de refrigeración: (lugar): _____ Temperatura: _____ Cloro: _____

Piscina: (nombre): _____ Temperatura: _____ Cloro: _____

Otra instalación: (especificar) _____ Temperatura: _____ Cloro: _____

Observaciones: _____

Fecha, remitente y firma:

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Ballard AL, Fry NK, Chan L, Surman SB, Lee JV, Harrison TG, Towner KJ. Detection of *Legionella pneumophila* using a real-time PCR hybridization assay. *J Clin Microbiol* 2000; 38:4215-4218.
- ² Centers for Disease Control and Prevention. Sustained transmission of nosocomial Legionnaires disease – Arizona and Ohio. *MMWR* 1997; 46: 416-421.
- ³ Center for Disease Control and Prevention. Guidelines for Prevention of Nosocomial Pneumonia. *MMWR* 1997; 46: 28-39.
- ⁴ Center for Disease Control and Prevention. Case definitions for public health surveillance. *MMWR* 1997; 46 (RR-10): 1-55.
- ⁵ Center for Disease Control and Prevention. Outbreak of Legionnaires' disease among automotive plant workers – Ohio. *MMWR* 2001; 50:357-359.
- ⁶ Centro Nacional de Epidemiología. Protocolos de las enfermedades de declaración obligatoria. Ministerio de Sanidad y Consumo. Madrid. 1996:167-172.
- ⁷ Colville A, Crowley J, Dearden D, Slack RCB and Lee JV. Outbreak of Legionnaires' disease at University Hospital, Nottingham. *Epidemiology, microbiology and control. Epidemiol. Infect.* 1993; 110:105-116.
- ⁸ Croco MA, Biedenbach DJ, Pfaller MA, Doern DJ, Jones RN. In-vitro activities of gatifloxacin, sparfloxacin and trovafloxacin against 103 strains of *Legionella* spp. *J Antimicrob Chemother*, 1998; 12:672-673.
- ⁹ De Gheldre Y, Maes N, Presti FL, Etienne J, Struelens M. Rapid identification of clinically relevant *Legionella* spp by analysis of transfer DNA intergenic spacer length polymorphism. *J Clin Microbiol.* 2000; 36:162-169.
- ¹⁰ Department of Health & Mental Hygiene. Report of the Maryland Scientific Working Group to Study *Legionella* in Water Systems in Healthcare Institutions. Baltimore, Maryland. 2000.
- ¹¹ Dubois J, St-Pierre C. Comparative in vitro activity and post-antibiotic effect of gemifloxacin against *Legionella* spp. *J Antimicrob Chemother.* 2000; 45: 41-46.
- ¹² Emmerson AM. Emerging waterborne infections in health-care settings. *Emerg Infect Dis.* 2000; 7:272-276

- 13 Garcia MT, Pelaz C, Gimenez MJ, Aguilar L. In vitro activities of gemifloxacin versus five quinolonas and two macrolides st 271 Spanish isolates of Legionella pneumophilla: influence of charcoal on susceptibility test results. *Antimicrob Agents Chemother.* 2000; 44: 2176-2178.
- 14 Gotz HM, Tegnell A, De Jong B, Broholm KA, Juusi M, Kallings I, Ek Dahl K. A whirlpool associated outbreak of Pontiac fever at a hotel in Northern Sweden. *Epidemiol Infect.* 2001; 126:1241-1247.
- 15 Helbig JH, Uldum SA, Luck PC, Harrison TG. Detection of Legionella pneumophila antigen in urina samples by the BinaxNOW immunochromatographic assay and comparison with both Binax Legionella Urinary Enzyme Immunoassay (EIS) and Biotest Legionella Urin Antigen EIA. *J Med Microbiol.* 2001; 50:509-516.
- 16 Jonas D, Engels I, Daschner FD, Frank U. The effect of azithomycin on intracellular Legionella pneumophila in de Mono Mac 6 cell line at serum concentrations attainable in vivo. *J Antimicrob Chemother.* 2000; 46(3): 385-390.
- 17 Jonas D, Engels I, Friedhoff C, Spitzmuller B, Daschner FD, Frank U. Efficacy of moxifloxacin, trovafloxacin, clinafloxacin and levofloxacin against intracellular Leginella pneumophila. *J Antimicrob Chemother.* 2001; 47:147-152.
- 18 Kool JL, Bergmire-Sweat D, Butler JC, Brown EW, Peabody DJ, Massi DS, Carpenter JC, Pruckler JM, Benson RF, Fields BS. Hospital characteristics associated with colonization of water systems by Legionella and risk of nosocomial Legionnaires' disease: A cohort study of 15 hospitals. *Infection Control and Hospital Epidemiology.* 1999; 12:798-805.
- 19 Kool JL, Buchhoiz U, Peterson C, Brown EW, Benson RF, Pruckler JM, Fields BS, Sturgeon J, Lehnkering E, Cordova R, Mascola LM, Butler JC. Strengths and limitations of molecular subtyping in a community outbreak of Legionnaires' disease. *Epidemiol Infect.* 2000; 125:599-608.
- 20 Marsal L. Nosocomial legionellosis. *Rev. Pneumol Clin* 2001; 57:145-155.
- 21 Matsiota-Bernard P, Waser S, Vrioni G. Detection of Legionella pneumophila DNA in urine and serun samples from patients with pneumonia. *Clin Microbiol Infect.* 2000; 6:223-225.
- 22 Ministerio de Sanidad y Consumo. Dirección General de Salud Pública, Recomendaciones para la prevención y control de la Legionelosis. Madrid. 1999.
- 23 Pachón, J. y col. Neumonías graves de la comunidad. *Am J Rev Respir Dis.* 1990; 142:369-373.
- 24 Pelaz C, Martin Bourgon C. Legionelosis: datos de España, diagnóstico de laboratorio y recomendaciones para su prevención y control en instalaciones de edificios. Instituto de Salud Carlos III. Ministerio de Sanidad y Consumo. Madrid. 1993.
- 25 Rangel-Frausto MS, Rhomberg P, Hollis RJ, Pfaller MA, Wenzel RP, Helms CM and Herwaldt

- LA. Persistence of *Legionella pneumophila* in a hospital's water system: a 13 year survey. *Infection Control and Hospital Epidemiology*. 1999; 12:793-797.
- 26 Sáenz MC y Rodrigo N. Legionelosis. En Piédrola G. Y col. *Medicina Preventiva y Salud Pública*. 9ª Ed. Barcelona: Masson – Salvat Medicina. 1991:580-583.
- 27 Stout JE, Brennen C, Muder RR. Legionnaires' disease in a newly constructed long-term care facility. *J Am Geriatr Soc*. 2000; 48:1589-1592.
- 28 Waterer GW, Baselski VS, Wunderink RG. Legionella and community-acquired pneumonia: a review of current diagnostic tests from a clinician's viewpoint. *Am J Med*. 2001; 110:41-48.
- 29 Yu VL. Legionella pneumophila (legionnaires' disease). En Mandell GL, Bennett JE, Dolin R, eds. *Principles and Practice of Infectious Diseases*. 5ª Ed. New York. Churchill Livingstone. 2000:2424-2441.
- 30 Yu VL. Nosocomial legionellosis. *Curr Opin Infect Dis*. 2000; 13:386-388.
- 31 Zietz B, Wiese J, Brengelman F, Dunkelberg H. Presence of Legionellaceae in warm water supplies and typing of strains by polymerase chain reaction. *Epidemiol Infect*. 2000; 126:147-152.

5 PREVENCIÓN Y CONTROL DE LEGIONELLA EN INSTALACIONES

5.1 SU INCIDENCIA EN INSTALACIONES

Abordamos inicialmente unas previas consideraciones, en relación a la incidencia de las condiciones de desarrollo de la *Legionella* en instalaciones fundamentalmente de agua en edificios, cuyo tratamiento de prevención y control es objeto de posteriores capítulos. En los apartados 5.3 y 5.4 se abordan las **instalaciones de agua**, en los apartados 5.5 y 5.6 se tratan las **torres de refrigeración y condensadores evaporativos**, y en el apartado 5.7 se incluyen de forma conjunta **otros aparatos y dispositivos**, para finalmente identificar en el **apartado 5.8** los **puntos críticos** más destacables en una instalación general de una gran edificación, bien sea hospitalaria, hotelera, etc.

Legionella es una bacteria capaz de **sobrevivir** en un amplio rango de condiciones físico-químicas, multiplicándose entre 20°C y 45°C y destruyéndose a 70°C. Su temperatura óptima de crecimiento es 35-37°C. Entre 45-50°C no se desarrolla; a partir de 50°C muere el 90% en las dos primeras horas; a partir de 60°C muere el 90% en dos minutos y a partir de 70°C se produce la muerte casi instantánea.

Siendo una bacteria ambiental (su hábitat natural son las aguas superficiales como lagos, ríos, estanques, formando parte de su flora bacteriana) pasa a **colonizar** los sistemas de abastecimiento de agua de las ciudades, y a través de la red de distribución de agua, se incorpora a los **sistemas de agua** potable (agua sanitaria fría o caliente) u otros que requieran agua para su funcionamiento y puedan además generar aerosoles.

El **agua fría de consumo humano**, como agua potable de consumo público, suministrada a través de la red distribución de los sistemas de abastecimiento de aguas, debe tener una concentración mínima de cloro residual que garantice su inocuidad bacteriológica, que no obstante no impide que dicha agua pueda contener cantidades muy pequeñas de *Legionella*, sin que esta circunstancia sea motivo para que dicha agua pueda originar casos de legionelosis. Para que pueda llegar a ser infeccioso el microorganismo, es necesario que **se multiplique** en el agua hasta alcanzar una cierta concentración, siendo la multiplicación de la *Legionella* función de la **temperatura** del agua, de su **estancamiento** y de la presencia de otros contaminantes, incluyendo la **suciedad** en el interior de las instalaciones; aunque la colonización de un sistema no siempre motiva la aparición futura de la enfermedad.

Estas instalaciones, en ocasiones, favorecen el estancamiento del agua y la acumulación de materias que sirven de nutrientes para la bacteria, como lodos, materia orgánica, materiales de corrosión e incrustación, amebas, algas, etc. formando una **biocapa** (conjunto de microorganismos y residuos embebido en una capa protectora que queda adherida a una superficie) sobre las paredes interiores de los sistemas de agua, que actúa como reservorio del microorganismo. La presencia de esta biocapa juega un papel importante, junto a una temperatura propicia del agua en la **multiplicación** de *Legionella* hasta concentraciones infectantes para el hombre. A partir de estos puntos, concentraciones importantes de la bacteria, pueden alcanzar otros puntos del sistema en los que, si existe un mecanismo productor de aerosoles, (torres de refrigeración, duchas, grifos, etc.) la bacteria puede dispersarse en el aire. Las gotas de agua conteniendo la bacteria pueden permanecer largo periodo de tiempo suspendidas en el aire y penetrar en las vías respiratorias, alcanzando los pulmones.

El **desarrollo** de la bacteria es elevado en agua con temperaturas entre 20°C y 45°C y alcanza el óptimo alrededor de 37°C, siempre que exista un substrato húmedo nutriente formado por materias tales como **sedimentos varios**, productos de la corrosión u otros microorganismos. La bacteria queda en letargo a temperaturas muy bajas y vuelve a multiplicarse en condiciones de temperatura más favorable. A temperaturas **superiores a 70°C** la *Legionella* muere, pero si no se alcanza esta temperatura **en todos los puntos del sistema**, los microorganismos que hayan logrado sobrevivir pueden volver a multiplicarse. La característica que la diferencia de otras bacterias es su capacidad de crecer en el interior de otros microorganismos presentes en el agua, siendo éste uno de los mecanismos que la protege frente a agentes nocivos externos, como tratamiento con cloro o biocidas y tratamientos térmicos. Por otra parte, también se puede producir su multiplicación a partir de las bacterias presentes en la biocapa y en las incrustaciones, ya que éstas constituyen una barrera que impide que los biocidas puedan alcanzar a los microorganismos presentes en ella.

Para que sea infectante es necesario que el microorganismo se disperse en el aire en forma de **aerosol** a partir del sistema, ya que el agua contaminada representa un riesgo solamente cuando se **dispersa** en la atmósfera en forma de aerosol (suspensión de partículas microscópicas de agua en el aire). El riesgo aumenta cuando se reduce el tamaño de las partículas en suspensión, ya que sólo **gotas de agua** de tamaño inferior a 5 µm penetran en la fracción más interna del aparato respiratorio. El tamaño de las gotas va disminuyendo en el tiempo por evaporación, fenómeno que depende de las condiciones termohigrométricas del aire y de la velocidad del viento. El riesgo de que se produzca la enfermedad va a depender de la susceptibilidad de las personas expuestas y de la intensidad de la exposición, es decir, de la concentración de *Legionella* en el aerosol y de la duración de la exposición.

En resumen, el **riesgo** de contraer la enfermedad a partir de una instalación va a depender, por tanto, de una combinación de factores, entre los que se pueden citar:

- condiciones de la instalación: grado de limpieza, diseño, mantenimiento, antigüedad, tramos ciegos, etc.

- temperatura del agua en la instalación
- presencia, tipo y concentración de *Legionella* en la instalación
- formación de aerosoles en el entorno de personas
- existencia de vientos dominantes que dirijan el aerosol a zonas transitadas, ventanas y tomas de aire
- cantidad de personas expuestas al aerosol y duración de la exposición
- susceptibilidad de las personas expuestas (edad y estado de salud)

Las **instalaciones** que mas frecuentemente se encuentran contaminadas con *Legionella* y han sido **identificadas como fuentes de infección** son sistemas de agua sanitaria, fría y sobre todo caliente, torres de refrigeración y condensadores evaporativos, tanto en hospitales como en hoteles u otro tipo de edificios. En la literatura científica también se encuentran descritas en el ámbito hospitalario, infecciones relacionadas con equipos utilizados en terapia respiratoria.

La **fig. 5.1** muestra gráficamente la temperatura media de funcionamiento de algunas instalaciones y su relación con las condiciones de desarrollo de la *Legionella*.

Las **instalaciones que utilizan agua** en su funcionamiento y producen **aerosoles**, y se encuentran ubicadas en el interior o exterior de edificios o instalaciones industriales, que pueden ser

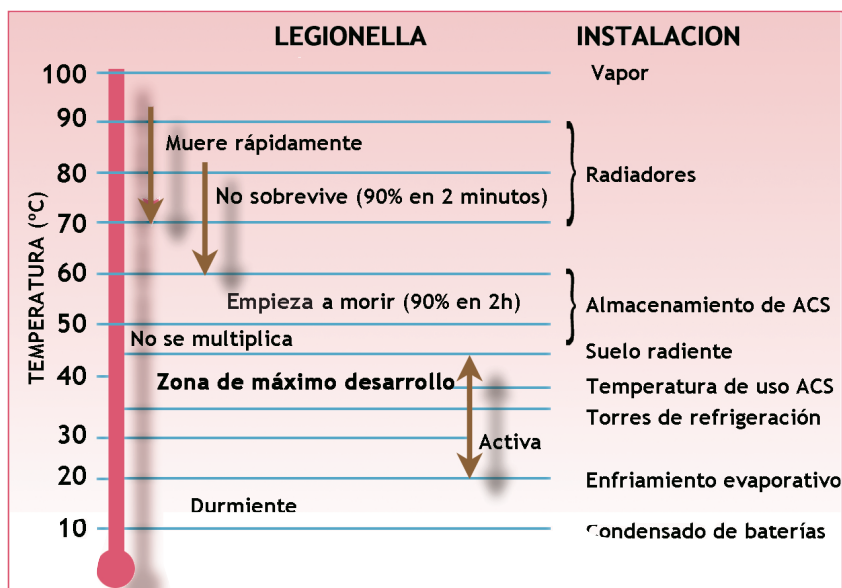


Figura 5.1: Esquema de las condiciones de desarrollo de la bacteria

susceptibles de convertirse en focos para la proliferación y diseminación de *Legionella*, se detallan a continuación:

- Sistemas de agua caliente sanitaria: red y depósitos acumuladores, calderas, calentadores, duchas y grifos etc.
- Sistemas de agua fría sanitaria: red y depósitos, tanques, aljibes, cisternas, pozos, etc.
- Torres de refrigeración
- Condensadores evaporativos.
- Sistemas de refrigeración evaporativa.
- Conductos de aire acondicionado.
- Equipos de terapia respiratoria (respiradores, nebulizadores, etc.)
- Humidificadores por aerosolización.
- Piscinas con agua templada.
- Instalaciones termales
- Fuentes ornamentales.
- Sistemas de riego por aspersión.
- Sistemas de agua contra-incendios.
- Otros aparatos que acumulen agua y puedan producir aerosoles.
- Y en general, todos los componentes de una instalación donde se pueda multiplicar la bacteria y puedan dar lugar a aerosoles a los cuales puedan estar expuestas personas.

Las instalaciones anteriormente citadas se pueden encontrar en todo tipo de **edificios de uso público o privado**:

- Hoteles
- Instituciones asistenciales: hospitales, clínicas, residencias de la tercera edad, etc.
- Complejos turísticos, polideportivos, balnearios, cuarteles, fábricas, instituciones penitenciarias etc., incluso viviendas

Para la **prevención y control** de la *Legionella* se debe incidir básicamente de forma tal que se impidan las condiciones que favorecen el crecimiento de la bacteria (temperatura y suciedad del agua) y se controle la difusión de aerosoles.

Se tendrán en consideración la “Reglamentación Técnico Sanitaria para abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público” (BOE 20/9/1990, BOE 24/11/1990); las “Normas Básicas para instalaciones interiores de suministro de agua” (BOE 13/1/1976, BOE 12/2/1976); así como el “Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios” (RITE) y sus

Instrucciones Técnicas Complementarias-ITE (R.D. 1951/1998 de 31 de julio), que establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios (calefacción, climatización y agua caliente sanitaria), el “Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas” (R.D. 3099/1977 de 8 de septiembre) y la Legislación estatal que se apruebe en virtud de la transposición de la Directiva del Consejo 98/93 CE relativa a la “Calidad del agua destinada al consumo humano”. Además, de modo muy específico el **Real Decreto 909/2001 del Ministerio de Sanidad y Consumo** de 27 de julio (BOE de 28 de julio de 2001), por el que se establecen los **Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis**.

5.2 ACCIONES PREVENTIVAS EN EL DISEÑO Y MONTAJE

Las **acciones preventivas** se basan en dos tipos de actuaciones:

- ❑ Las que reducen la probabilidad de **multiplicación de la bacteria** (mantenimiento de las condiciones de diseño, limpieza y desinfección).
- ❑ Las que reducen la probabilidad de su **dispersión** en zonas ocupadas (control del vertido de aerosoles)

Las acciones encaminadas a reducir al máximo los riesgos de contaminación, multiplicación y dispersión de la *Legionella* en las instalaciones que nos ocupa, se pueden llevar a cabo en **dos fases de actuación de ingeniería sanitaria:**

A. Criterios en la fase de diseño y montaje de los sistemas en edificios nuevos o la rehabilitación de edificios existentes.

Dirigidos a proyectar las instalaciones teniendo presente estas consideraciones y ejecutar un montaje cuidado para facilitar la accesibilidad de los equipos para su mantenimiento, limpieza y desinfección, a recomendar la utilización de materiales, susceptibles de ser desinfectados en caso necesario, evitar la utilización de materiales y temperaturas que favorezcan el crecimiento de la bacteria, y evitar la difusión de aerosoles.

B. Actuaciones durante la fase de explotación.

Comprende las tareas de adecuado uso, mantenimiento, limpieza y desinfección de las instalaciones, así como el control de la temperatura del agua y su calidad físico-química durante la utilización de las referidas instalaciones.

En general es importante establecer unas estrategias de **revisión del estado de las instalaciones** y de **evaluación de la calidad del agua**, que básicamente constan de 4 niveles:

- 1) Establecer unos **parámetros** como criterios de evaluación de la calidad del agua (temperatura, pH, nivel de cloro u otros biocidas, etc.) y unos valores de referencia para los mismos.
- 2) Elegir los **puntos** para su medición y comprobar que se respetan los valores establecidos.
- 3) Verificar **periódicamente** el cumplimiento de lo anterior en todos los puntos del sistema.
- 4) Mantener **registros** de estas operaciones.

Los registros se harán en un **Libro de Mantenimiento**, diligenciado por la Dirección del Centro en el que se detallarán cronológicamente todas las operaciones a realizar, tanto de revisión del

estado de las instalaciones, como de la monitorización o “vigilancia” de la calidad del agua y los eventos que ocurran a lo largo de la vida útil de la instalación, así como las operaciones de mantenimiento, limpieza y desinfección.

Las tareas de mantenimiento y de aplicación de los tratamientos deberán recaer en **personal debidamente autorizado**.

La Norma UNE 100.030:2001 (AENOR) “**Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de *Legionella* en Instalaciones**”, establece criterios para la prevención y el control de la multiplicación y diseminación de la bacteria, sugiriendo medidas adecuadas en la **fase de diseño, montaje, explotación y mantenimiento de algunos sistemas e instalaciones**, entre los que se incluyen los de acondicionamiento de aire y ventilación y, los de preparación y distribución de agua sanitaria, fría y caliente.

El concepto fundamental que debe presidir las actuaciones en el ámbito de las **instalaciones de los edificios** es, por tanto, el de impedir la proliferación de la bacteria para, llegado el caso, destruirla en el mismo agua que la hospeda, antes de que sea transportada por vía aérea y, de aquí, inhalada por las personas.

Todo lo anterior debe encuadrarse dentro de un concepto fundamental: el diseño y explotación de las instalaciones en general y en particular las de climatización y preparación de agua caliente sanitaria, deben de efectuarse de modo que se **ahorre energía** y se proteja la **salud de las personas** sin renunciar a su **bienestar**.

Un buen **diseño de ingeniería** debe eliminar el riesgo de proliferación de *Legionella* en las instalaciones para, en su caso, posibilitar su eliminación. En este documento se aborda la aplicación de técnicas de diseño, montaje, uso y mantenimiento, limpieza y desinfección de las diversas instalaciones, quedando el resto de **alternativas** abiertas al futuro: empleo de ozono, radiación ultravioleta, ionización plata-cobre, sistemas de refrigeración mediante máquinas con condensación por aire, etc.

5.3 RED DE AGUA SANITARIA

DISEÑO Y MONTAJE

5.3.1 GENERALIDADES SOBRE INSTALACIONES CENTRALIZADAS DE PRODUCCION DE AGUA CALIENTE SANITARIA

5.3.1.1 SISTEMAS CENTRALIZADOS DE PRODUCCION DE A C S

Tratamos en este apartado unas generalidades sobre instalaciones centralizadas de producción de agua caliente sanitaria, para ilustrar acerca de aquellas más tradicionalmente empleadas en grandes edificaciones y su correlación con la evolución de consumos horarios de agua caliente en las mismas. Se incluyen unas referencias del R.I.T.E. relacionadas con la producción de agua caliente sanitaria, así como también se tratan los fenómenos de corrosión e incrustación resultantes de la incidencia de la calidad del agua y su temperatura en los materiales empleados en las instalaciones. En el resto de este apartado 5.3 y en el siguiente apartado 5.4, se establecen recomendaciones acerca de criterios de diseño, montaje, uso y mantenimiento de las **instalaciones de agua** para prevenir la proliferación de la *Legionella*.

El término **agua caliente sanitaria** (A C S en adelante), se aplica tradicionalmente al agua potable de consumo humano que ha sido sometida a algún proceso de calentamiento, haciéndose la salvedad de que el término “**sanitaria**” aplicado al “agua caliente”, es aplicable a todo el agua caliente producida con fines higiénico-sanitarios para consumo humano, con características de potabilidad; tanto para hospitales como para cualquier edificación, y diferenciándola del agua caliente utilizada para otros usos como, calefacción, climatización, lavandería, etc. u otros fines de carácter industrial; de ahí que se conceptúe como **agua primaria** o **industrial**, la producida directamente en calderas de agua caliente. Para clarificar, también diremos que, así mismo está denominada como ACS la producida por otros sistemas, como por ejemplo la producción individual en viviendas mediante calentadores instantáneos de gas o calentadores-acumuladores de agua por gas o electricidad.

De los sistemas de producción de agua caliente sanitaria, para grandes edificaciones de uso colectivo, como en el caso de hospitales que nos ocupa, el sistema óptimo de instalación de agua caliente, es el **centralizado**, en el cual los focos caloríficos son calderas centrales instaladas en Salas de Calderas, pudiendo funcionar mediante combustibles sólidos, líquidos o gaseosos. El agua caliente sanitaria se obtiene por calentamiento indirecto en intercambiadores de calor, a donde llega un circuito primario desde la caldera, (en circuito cerrado), que va cediendo el calor al agua contenida en el secundario del mismo.

Las medidas efectuadas en edificios muestran que el **caudal instantáneo** demandado por la instalación de ACS varía de forma extremadamente brusca de un instante a otro. El consumo varía

fuertemente según el tipo de edificio, el mes del año, el día de la semana y la hora del día. Su distribución en el tiempo depende pues de los hábitos y actitudes de los usuarios, presentando normalmente variaciones de consumo mucho más acusadas que el agua fría, lo que obliga generalmente a disponer de una reserva acumulada que sea capaz de compensar la demanda de un determinado momento. En la **fig. 5.2** se representa de forma indicativa, las variaciones del caudal de ACS demandado en un edificio de viviendas a lo largo de un día laboral.

Para que un sistema de preparación de agua caliente sanitaria cumpla satisfactoriamente con su función, es esencial que disponga de una potencia calorífica suficiente, auxiliada por una acumulación térmica en su caso, para absorber los caudales del consumo punta sin perjuicio para la **estabilidad de la temperatura del agua** en los puntos de consumo.

El sistema de producción centralizado conlleva un conjunto de instalaciones necesarias para la producción del ACS, su almacenamiento y distribución hasta los diferentes puntos de consumo (lavabos, duchas, grifos, etc.), lo que da lugar a una instalación compuesta por una serie de elementos variados, unido a una red de tuberías ampliamente ramificadas por todo el edificio, y con unas temperaturas del agua caliente tales, que el conjunto puede constituir una instalación propicia para la **proliferación de la Legionella**; razón por la cual desarrollamos este apartado descriptivo sobre estas instalaciones.

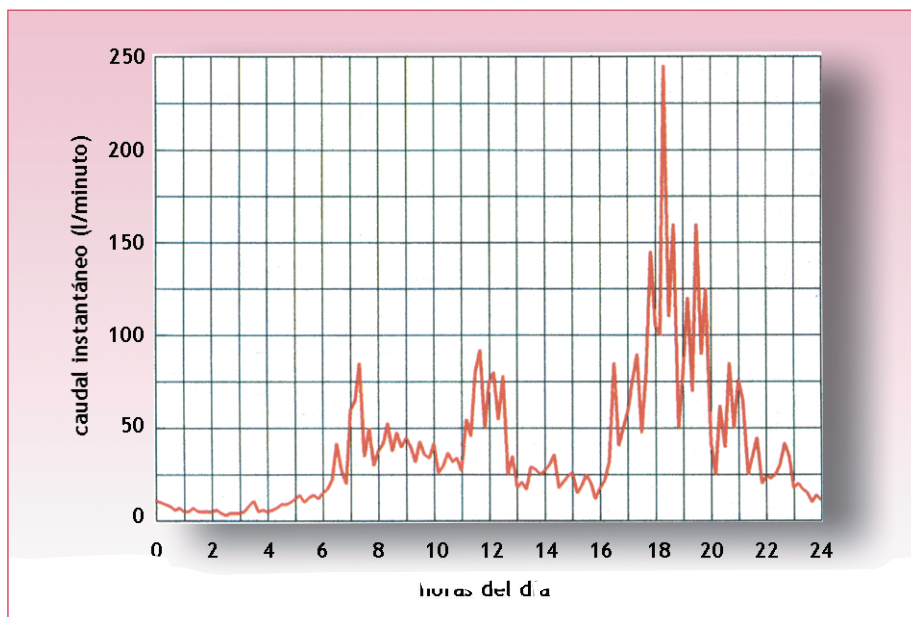


Figura 5.2: Variación del caudal instantáneo de ACS en un edificio de viviendas en un día laboral

Producción

La producción centralizada de ACS se obtiene en términos genéricos, mediante el **intercambio térmico** entre un fluido caliente primario (aceite térmico o más frecuentemente agua caliente) y un circuito secundario recorrido por agua, que tras calentarse a la temperatura requerida, constituirá lo que denominamos agua caliente sanitaria (ACS). Para ello se emplean los llamados intercambiadores de calor, que son dispositivos utilizados para transferir energía térmica de un fluido a otro.

La producción pues del ACS se obtiene por calentamiento indirecto de ésta, en un **intercambiador de calor** que se alimenta a su vez térmicamente mediante un circuito cerrado de agua caliente producida en una caldera. El intercambiador debido a su pequeño volumen tiene el inconveniente de que al depender la temperatura del ACS producida del caudal de consumo demandado, (y si bien es verdad que el recorrido del serpentín está calculado para que la temperatura de salida del ACS sea la deseada), realmente cuando la demanda es grande, esta temperatura del ACS baja. Por ello el sistema más completo es la **producción centralizada de ACS con acumulación**, disponiéndose así de un volumen de reserva para compensar la demanda de un determinado momento.

Almacenamiento

Un tipo de intercambiador muy extendido en su aplicación, de tipo **multitubular** está constituido fundamentalmente por un **haz tubular**, por cuyo interior circula el agua caliente primaria (calentada mediante caldera), colocado en el interior de una **carcasa cilíndrica**, circulando el agua a calentar (ACS) por el espacio existente entre el haz tubular y la carcasa (**fig. 5.3**).

Para disponer de un volumen de reserva de ACS el haz tubular se sitúa en un depósito donde el agua además de calentarse, se almacena, obteniéndose así un volumen de reserva para compensar la demanda. Este conjunto es el que se conoce como **interacumulador**, representado esquemáticamente en la **fig. 5.4**, donde se observa en un depósito convencional, que el circuito primario está formado por el serpentín que se conecta a la caldera, teniéndose como reserva el circuito secundario; lo que garantiza que antes de agotarse el volumen de ACS dará tiempo a calentarse el agua fría de aportación, existiendo pues un volumen de acumulación y otro de producción que aseguran el servicio.

Otro tipo de intercambiador muy extendido para este uso es el **intercambiador de placas**. Este tipo surgió cuando su diseñador el Dr. R. Seligman trataba de solucionar los problemas de limpieza en los intercambiadores empleados en la industria alimentaria de EE.UU. Para ello, pensó inicialmente en dividir los tubos de intercambio de calor en dos mitades a fin de que pudieran ser abiertos y limpiados más fácilmente, acabando finalmente por **imprimir** cada mitad del tubo en unas placas que al unirse de dos en dos, formaban el conjunto de tubos del intercambiador, que pasó a denominarse “de placas”.

El **intercambiador de placas** es, en definitiva, un dispositivo que permite a dos fluidos que circulan a contracorriente, cada uno por un lado de una placa metálica corrugada, intercambiar

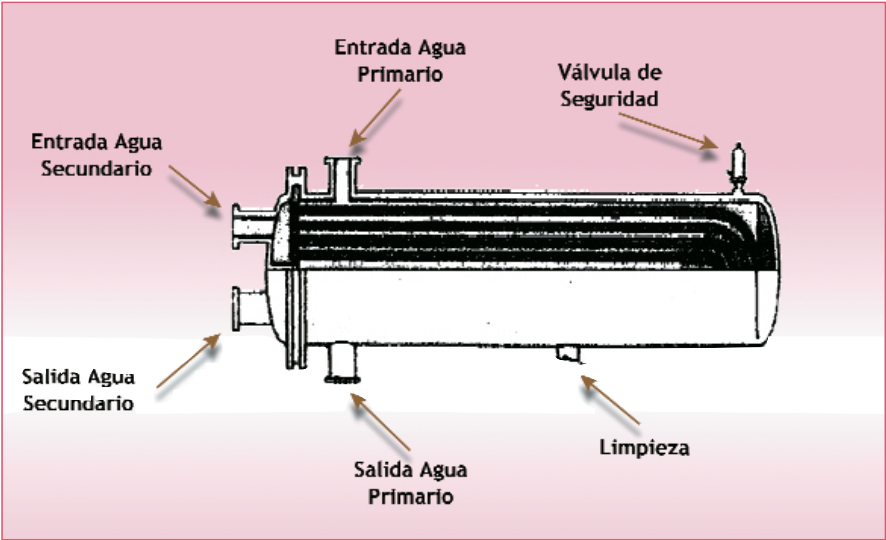


Figura 5.3: Intercambiador de tipo multitubular

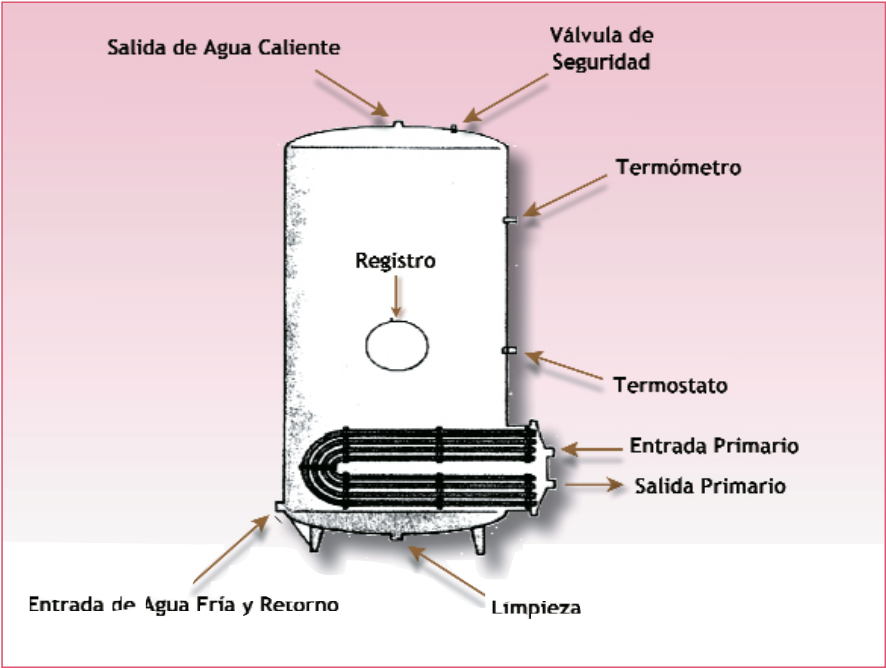


Figura 5.4: Interacumulador

energía térmica. Los intercambiadores de placas están integrados, por tanto, por un paquete de placas metálicas corrugadas de forma especial y con orificios para el paso de los fluidos, que se acoplan unas en otras en mayor o menor número, según las necesidades térmicas, en un bastidor metálico que las sostiene unidas, (figs. 5.5 y 5.6). El bastidor está formado por una placa frontal fija y otra móvil, que permite abrir o cerrar el intercambiador para su limpieza, reparación o una posible ampliación. Estas dos placas frontales se unen por una serie de tirantes para lograr la presión necesaria para el cierre hermético del conjunto. Completan el bastidor la guía portadora superior y el soporte trasero.

Cada placa tiene cuatro orificios por los que circulan los fluidos, mientras que la junta estanca, que hace de cierre por presión entre placas, permite, según su colocación, la **circulación** del fluido deseado **por cada cara de la placa**. Así mismo, las placas están dotadas de una serie de nervios y concavidades con el fin de lograr una mayor rigidez, mantener constante la separación entre ellas, aumentar la superficie de intercambio y aumentar la turbulencia. Los materiales más usualmente empleados en la construcción de las placas son los aceros inoxidable y aleaciones de níquel, cromo y titanio mientras que para las juntas se emplean siliconas, caucho natural y sintético, etc.

Como **ventajas** de este tipo de intercambiador, destacamos: elevada turbulencia, elevado valor del coeficiente de transmisión superficial, menores pérdidas caloríficas, menor espacio necesario, accesibilidad a ambas caras de cada placa para su inspección y limpieza; y facilidad para sustituir elementos para reparaciones o realizar ampliaciones de los mismos.

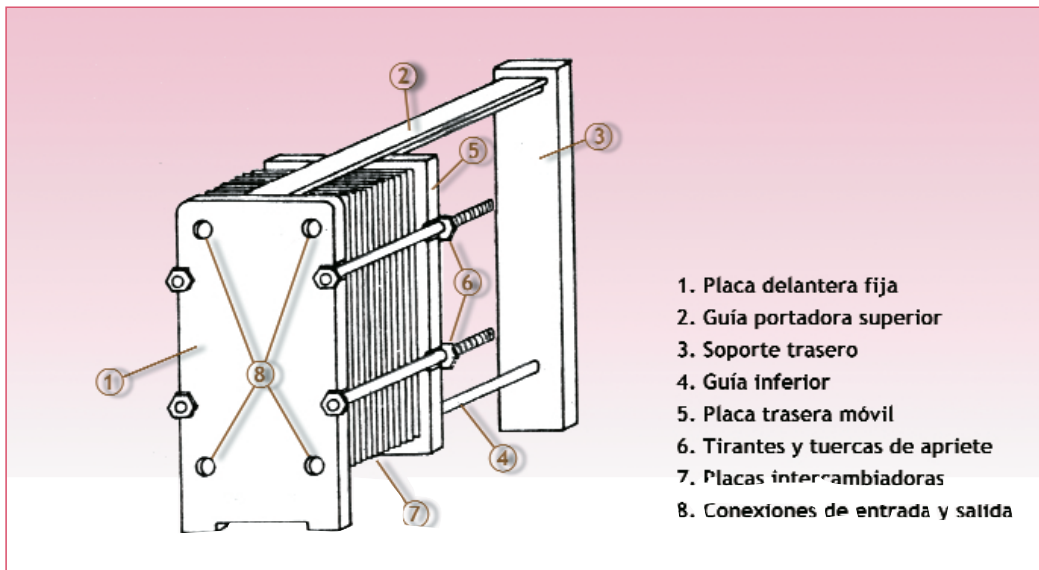


Figura 5.5: Intercambiador de placas

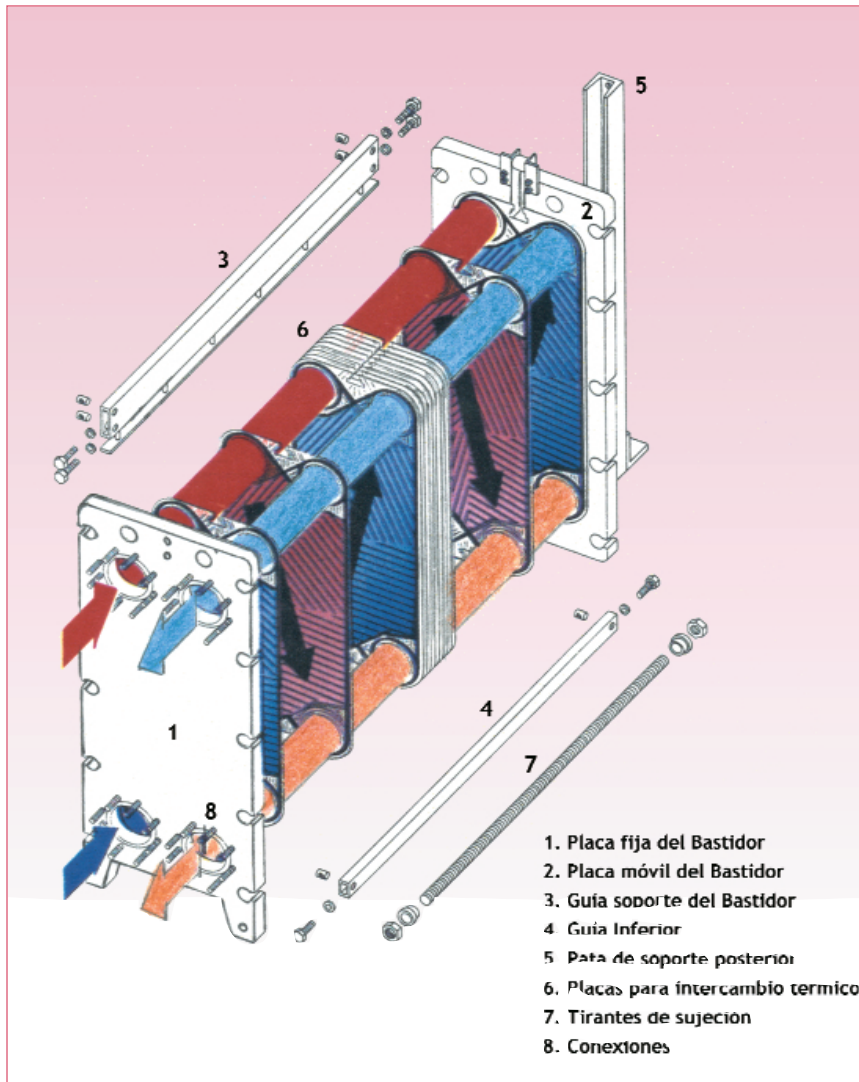


Figura 5.6: Circulación de agua en intercambiador de placas

Como **inconveniente** reseñamos: en caso de ser necesaria la limpieza química del intercambiador, debe tenerse especial cuidado en que las juntas no sean atacadas por el agente limpiante que puede deteriorarlas e incluso destruirlas.

Al estar este tipo de intercambiador situado **exterior al acumulador** de ACS, se facilitará por consiguiente la posterior limpieza del referido acumulador.

El volumen útil. Estratificación

Los sistemas de acumulación deben ser diseñados de manera que se tenga en cuenta el fenómeno de la estratificación de la temperatura del agua, con el fin de suministrar agua caliente sanitaria a una temperatura constante.

El agua caliente en un depósito que está siendo consumida viene reemplazada por agua fría que normalmente entra por la parte baja del depósito y hace que su temperatura media disminuya. El agua a temperatura más elevada, por convección se acumula en la parte superior del depósito, siendo ocupada la parte inferior del mismo por el agua fría de alimentación, generándose una zona de agua mezclada templada en la parte intermedia, que conviene reducir, a fin de impedir un ambiente propicio para la proliferación de la *Legionella*. Al entrar el agua fría en el depósito, ésta tiende a mezclarse con el agua caliente de forma proporcional a la cantidad de movimiento (producto de la masa del agua por su velocidad residual: $\text{kg} \times \text{m}/\text{seg}$). La disposición de deflectores cerca de la entrada de agua fría atenúa notablemente el fenómeno, sin llegar a anularlo del todo.

De lo anterior resulta evidente la necesidad de diseñar depósitos acumuladores de **pequeño diámetro** y **gran altura** e instalarlos en **posición vertical**. Es evidente que, en caso de que se proyecten dos o más depósitos, éstos deben conectarse en serie sobre el circuito de agua caliente, ya que de esta forma la zona de agua mezclada a menor temperatura afectará principalmente al primer depósito. Más adelante se incluye un esquema de la correcta disposición de estos elementos y del intercambiador de calor.

En cualquier caso, existirá siempre un volumen de acumulación que no es aprovechable por estar a una temperatura inferior a la mínima de uso y que, por tanto, deberá ser tenido en cuenta en el momento de calcular el volumen total de acumulación. Un sistema de producción acumulada puede suministrar un caudal de agua caliente en un periodo de tiempo determinado que depende, esencialmente del volumen acumulado de agua y de su nivel de temperatura de almacenamiento. Según estudios realizados con balances energéticos en régimen permanente, para estar del lado de la seguridad, los cálculos se efectuarán a partir de las ecuaciones que se derivan de la hipótesis de mezcla perfecta del volumen almacenado, aún cuando en el diseño del sistema deberá favorecerse la estratificación (depósitos en serie), no sólo porque se gana en energía almacenada a paridad de volumen, sino para dificultar el desarrollo de la *Legionella*. A tal efecto se tendrán muy en cuenta en el diseño de depósitos, que el factor de forma $f_f = H/D$ sea elevado, más de 2 si es posible, para favorecer la estratificación.

Distribución

Entre **otros componentes** del sistema centralizado de producción de ACS destacamos:

- ❑ El **distribuidor** es la tubería que en horizontal conduce el agua a las columnas.
- ❑ La **columnas** (montantes) son las tuberías de trazado vertical que partiendo del distribuidor conducen el agua a las distintas plantas del edificio.
- ❑ Las **derivaciones** son las tuberías que partiendo de las columnas y en recorrido horizontal alimentan de agua caliente a todos los puntos de consumo.
- ❑ La **red de retorno**, constituida por la tubería de vuelta desde el punto de consumo más alejado hasta la central de producción, que manteniendo una recirculación de agua caliente permite la disponibilidad rápida del agua caliente en todos los puntos de consumo. De no existir este retorno, el agua caliente queda estancada en la red de distribución cuando no hay demanda, experimentando un enfriamiento en mayor o menor medida, según se prolongue más o menos la ausencia de consumo.
- ❑ La **bomba de recirculación** instalada en la tubería de retorno que mueve un cierto caudal de agua, a través de las tuberías de distribución, tubería de retorno y depósitos de acumulación, tiene la función de mantener constante la temperatura del agua en todos los puntos de la red de distribución y así evitar que los usuarios tengan que esperar la aparición del agua caliente.

En la **fig. 5.7** se representa esquemáticamente un sistema de producción centralizada de agua caliente sanitaria mediante **intercambiador de placas con acumulador**.

En la **fig. 5.8** se representa esquemáticamente un sistema de producción centralizada de agua caliente sanitaria mediante **interacumulador**.

El diseño de las instalaciones de ACS contemplará una buena práctica de ingeniería, teniendo muy en cuenta la flexibilidad de uso y mantenimiento de la instalación, de tal forma que la zonificación de circuitos permita aplicar tratamientos de desinfección bien térmicos o químicos, con comodidad para los técnicos de mantenimiento y usuarios en general, a fin de no afectar a la actividad de la totalidad del edificio.

La elección del sistema adecuado de preparación de ACS debe justificarse en función de la demanda, la atención al servicio y el uso racional de la energía, compatibles con el tipo de edificio. La producción, almacenamiento, distribución, elección de válvulas mezcladoras, sistema de control, equilibrado hidráulico de circuitos, materiales a emplear, facilidad de mantenimiento, etc., son consideraciones fundamentales para ser tenidas muy en cuenta al diseñar una instalación de ACS, sin ignorar por supuesto la calidad de agua que va a alimentar a la misma.

Actualmente existen ya soluciones técnicas comercializadas que contemplan **procesos automáticos de tratamientos de desinfección térmica anti-legionella** en instalaciones centralizadas de producción de ACS. Durante el periodo de tratamiento térmico, el agua caliente

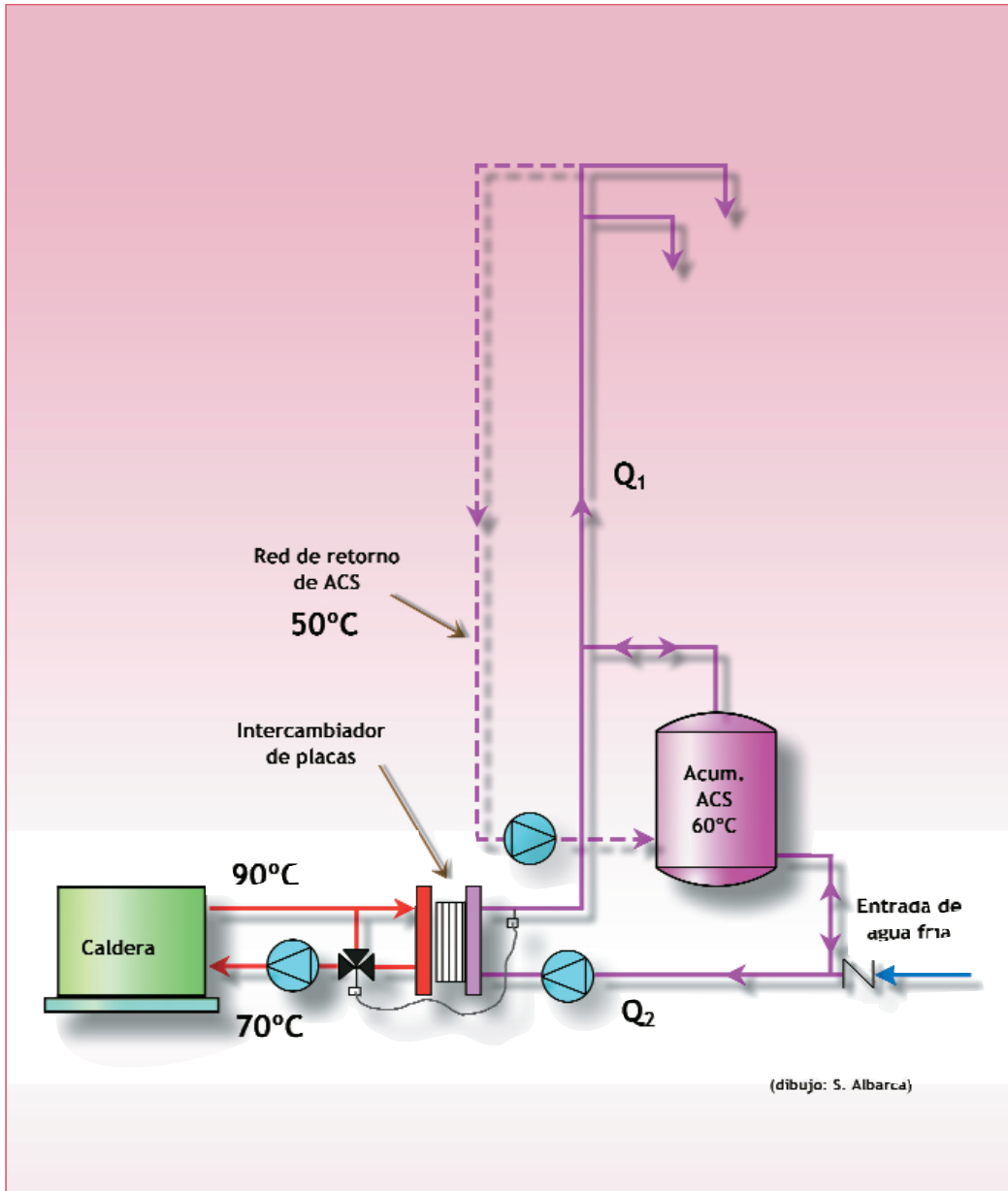


Figura 5.7: Producción centralizada de ACS mediante intercambiador de placas con acumulador

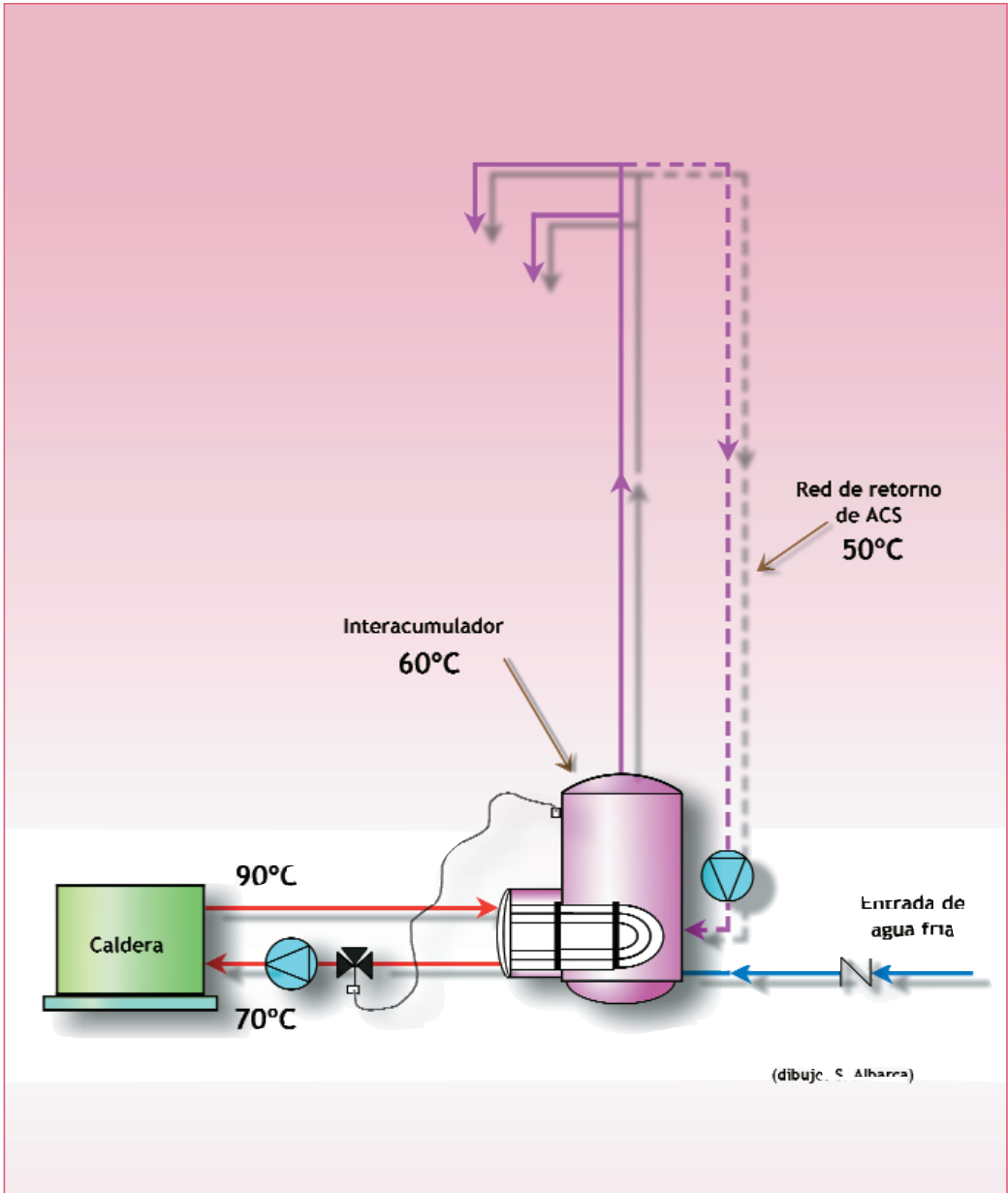


Figura 5.8: Producción centralizada de ACS mediante interacumulador

pasará a través de una **válvula todo-nada** en bypass, para tratamiento de choque térmico de la red, que garantiza que el caudal del agua caliente sea recirculada desde el depósito de almacenamiento a través de todas las tuberías de distribución. Transcurrido el tiempo de tratamiento térmico, la válvula anterior se cerrará y, entonces actuará la **válvula mezcladora termostática**, que evitará que el agua caliente a alta temperatura se distribuya a las zonas habitadas y pueda producir un accidente. Esta válvula mezcladora termostática, en realidad, efectuará una labor de limitación de la temperatura del ACS cuando ésta exceda el rango de temperatura de la válvula, funcionando de forma completamente automática, de manera tal que una cápsula termostática permanente sumergida en el caudal del ACS se dilata o contrae regulando el paso de la mezcla.

5.3.1.2 REFERENCIAS AL RITE

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) establece en la instrucción **ITE 02.5 Producción Centralizada de Agua caliente sanitaria**, lo que sigue:

Temperaturas de Preparación. (ITE 02.5.1)

El agua caliente para uso sanitario (ACS) se preparará a la temperatura mínima que resulte compatible con su uso, considerando las pérdidas en la red de distribución.

En relación con la temperatura de preparación y almacenamiento del ACS, en aquellos edificios que incorporen sistemas centralizados con acumulación que den servicio principalmente a duchas para el aseo personal y que tengan como destino el alojamiento colectivo de personas, tales como hospitales, clínicas, residencias, viviendas, cuarteles, cárceles, vestuarios de complejos deportivos y cualquier otro edificio de uso similar, deberán tenerse en consideración las reglas y criterios de proyecto contenidos en los apartados correspondientes de la norma UNE-100.030 “Prevención de la *Legionella* en instalaciones de edificios”.

Sistemas de Preparación. (ITE 02.5.2)

La elección del sistema de preparación de ACS deberá justificarse en función de la demanda, la adecuada atención al servicio y el uso racional de la energía. Por razones sanitarias, no está permitido producir el ACS mezclando agua fría con vapor, condensado o agua de caldera.

Redes de Distribución. (ITE 02.5.3)

Las redes de distribución de ACS se diseñarán de tal manera que se reduzca al mínimo el tiempo transcurrido entre la apertura del grifo y la llegada del agua caliente. Para ello, la red de distribución estará dotada como regla general, de una red de retorno que se procurará llevar lo más cerca posible de la entrada al contador. Podrán utilizarse otros sistemas, siempre que su consumo energético quede justificado.

La tubería de entrada de agua fría en la central de preparación y la de retorno de agua caliente dispondrán de sendas válvulas de retención.

El material de las tuberías debe resistir la presión de servicio a la temperatura de funcionamiento y la acción agresiva del agua caliente.

Las redes de distribución se aislarán según lo indicado en el RITE.

Elementos de Control. (ITE 02.11.3)

Las instalaciones de preparación de ACS de tipo centralizado estarán equipadas, por lo menos, con los siguientes elementos de control de tipo proporcional:

- a) Control y limitación de la temperatura del agua acumulada.
- b) Control de la temperatura del agua a la entrada de la red de distribución, cuando sea diferente de la de almacenamiento.

Prevención de la Corrosión. (ITE 02.16)

El mantenimiento de la funcionalidad de las instalaciones durante el periodo de vida económicamente razonable requiere adoptar determinadas medidas durante la etapa de diseño con el fin de prevenir la corrosión de todos aquellos elementos o partes de las instalaciones susceptibles de sufrir este fenómeno físico-químico. A estos efectos deberá tenerse en consideración además de las reglas del estado del arte los criterios aportados por el informe técnico UNE-100.050 IN sobre “Prevención de la corrosión en circuitos de agua”(que entre otros aspectos contempla la protección catódica interna de acumuladores de ACS).

5.3.1.3 TEMPERATURA DE PRODUCCION DE ACS, INCRUSTACION Y CORROSION

Temperatura de producción

A efecto de bienestar de los usuarios, la temperatura de llegada del agua caliente sanitaria a la grifería debería ser la más próxima posible a la temperatura de utilización. De esta manera se evitan problemas de quemaduras por error en la maniobra de los grifos y se logra una reducción del consumo de agua caliente y del consumo de energía. Sin embargo, el problema de la *Legionella*, requiere preparar el agua mínimo a 60°C, por lo menos para instalaciones centralizadas con acumulación. Es evidente que las **razones sanitarias** deben prevalecer sobre cualquier otra consideración.

Sin embargo, el problema más grave que origina la adopción de temperaturas elevadas es el de la **precipitación de las sales** disueltas en el agua y de la **corrosión**.

El agua, cuando se calienta, no es nunca pasiva, particularmente cuando se calienta con rapidez para satisfacer la demanda de los usuarios. Su equilibrio químico se rompe y, en consecuencia, se activan los elementos agresivos e incrustantes que el mismo agua contiene.

En las **instalaciones hidráulicas** de edificios, la **dureza**, la **alcalinidad**, el **pH** y la **conductividad** por lo general, son los componentes más significativos del agua respecto a sus propiedades corrosivas y formadoras de incrustaciones

Los dos fenómenos, incrustación y corrosión se tratan concisamente a continuación.

Aguas incrustantes

Cuando hablamos de incrustaciones, depósitos o lodos formados en el agua solemos referirnos a un depósito mineral que cubre las superficies de intercambio de calor cuando se calienta el agua. El depósito más común, la incrustación que se adhiere con mayor fuerza es el **carbonato cálcico**, que se precipita de la solución bajo ciertas condiciones de calidad del agua (dureza, alcalinidad y pH) cuando ésta se calienta. Suele presentarse al observador como un material casi blanco (tal vez con matiz de herrumbre), duro y cristalino sobre la superficie de la tubería.

La **capa de carbonatos** que se forma sobre las superficies de intercambio térmico, dura y homogénea, no solamente perturba la circulación del agua porque aumenta la pérdida de carga, con reducción de diámetros de tuberías, sino que también reduce el coeficiente de transmisión de calor por ser un excelente aislante térmico. La precipitación de las sales disueltas en el agua se puede ver favorecida con el aumento de la temperatura del agua, particularmente aumenta bruscamente por encima de los 50 ° C. Debido a la necesidad de producir agua caliente a 60° C o más, es conveniente que el agua fría sea sometida a un tratamiento de descalcificación.

Por **incrustaciones** se entiende las adherencias, fundamentalmente de sales de calcio y magnesio, que se forman en las superficies de las instalaciones en contacto con aguas de carácter incrustante.

La **dureza del agua** proviene de las sales de calcio y de magnesio contenidas en la misma. Se mide en grados hidrotimétricos franceses, los cuales corresponden a 10 mg de carbonato cálcico por litro de agua.

El **ablandamiento o descalcificación del agua** mediante el intercambio catiónico en ciclo sódico, consiste en pasar el agua a través de un lecho de resinas, de tal forma que el agua cede a éstas sus cationes de calcio y magnesio, que son retenidos por las resinas, tomando el agua en su lugar una cantidad equivalente de iones sodio. Una vez agotada la capacidad de intercambio de las resinas se procede a su proceso de “regeneración”, que se basa en el paso de solución de cloruro sódico, eliminando la dureza retenida por la resina durante el ciclo de servicio y volviéndola a situar en forma sódica.

Como procedimiento de desmineralización puede emplearse la **ósmosis inversa**. La ósmosis, como tratamiento mediante filtración, es un fenómeno común en la naturaleza. Cuando dos fluidos de distinta concentración salina se encuentran separados por una membrana semipermeable, existe una diferencia de presión entre ambos y el fluido menos denso tiende a pasar a través de la membrana hasta equilibrar dicha presión (presión osmótica). Así pues la **ósmosis** es un fenómeno natural de difusión de dos soluciones de concentración distinta a través de una membrana semipermeable que hace las funciones de pared divisoria. Una membrana semipermeable tiene una estructura tal que permite la difusión preferencial del agua y la retención de los elementos minerales disueltos, de los coloides y bacterias. Industrialmente esa tendencia natural se fuerza a actuar en sentido contrario, aumentando la presión del fluido más

denso para obligarle a pasar en sentido inverso al que lo haría naturalmente. Este hecho es el que da nombre al sistema que llamamos ósmosis inversa. De este modo es posible separar agua pura de un agua con concentración salina.

Si bien, el grado de **dureza de un suministro de agua** es expresivo, el técnico tiene que considerar otros componentes tales como calcio, magnesio, sodio, cloruros, sulfatos, hierro, sílice, oxígeno disuelto, alcalinidad, pH, cloro libre, sólidos totales disueltos y en suspensión y contenidos de sustancias orgánicas, cuando evalúe las **tendencias corrosivas e incrustantes** de un suministro de agua y el decidir sobre el tratamiento necesario y los materiales apropiados para la instalación hidráulica. Deben pues, conocerse detalladamente las características del agua con la que vamos a trabajar, antes de proyectar y ejecutar la instalación, lo que evitará la aparición de posteriores problemas.

La **alcalinidad** es el factor más importante del agua cuando se quiere determinar su tendencia a la formación de incrustaciones. La alcalinidad es la medida de su poder neutralizador de ácidos, y se determina mediante medición de la cantidad de disolución ácida empleada para neutralizar el carácter alcalino del agua analizada. Normalmente se expresa en ppm o mg/l de carbonato cálcico. También la alcalinidad es un factor determinante de la corrosión, porque al calentarse el agua por encima de 30° C se descomponen los bicarbonatos, dando anhídrido carbónico y éste con el agua da lugar al ácido carbónico que es corrosivo. Ocurre el mismo fenómeno que con la difusión del oxígeno disuelto en el agua, que al calentarse, aquel se libera dando lugar a la formación de una pila electrolítica que da origen al picado de las tuberías o "pitting".

El **pH** es uno de los factores de control mas importantes en el tratamiento del agua. Expresa el grado de acidez o basicidad de un agua. El agua neutra tiene un **pH = 7**. Por debajo de 7 las aguas son ácidas, y por encima de 7 son alcalinas (básicas).

Los valores **pH > 7** indican una tendencia a las **incrustaciones** depositándose residuos calcáreos en las tuberías y sobre todo en intercambiadores de calor. Las aguas ácidas por el contrario, atacan especialmente a las canalizaciones, recibiendo el nombre de **agresivas** y disolviendo los metales (Pb, Zn) con mayor facilidad que las de pH elevado. Esta aguas, por ello, deben neutralizarse. La oscilación del pH se considera conveniente entre unos valores comprendidos entre 7 y 8.

Para la expresión de las **concentraciones** de los componentes del agua, al ocuparnos de aguas con bajo contenido de sólidos y ser su densidad igual a 1, consideraremos en la práctica que **1 ppm = 1 mg/l**.

Aguas corrosivas

El agua que procede de la red pública está saturada de oxígeno a su temperatura y a la presión atmosférica del lugar. Cuando el agua se calienta, el oxígeno queda disuelto en condiciones de sobresaturación y, por tanto, presenta una agresividad muy elevada.

La **fig. 5.9** muestra, de forma cualitativa, datos de corrosión del acero galvanizado basado sobre

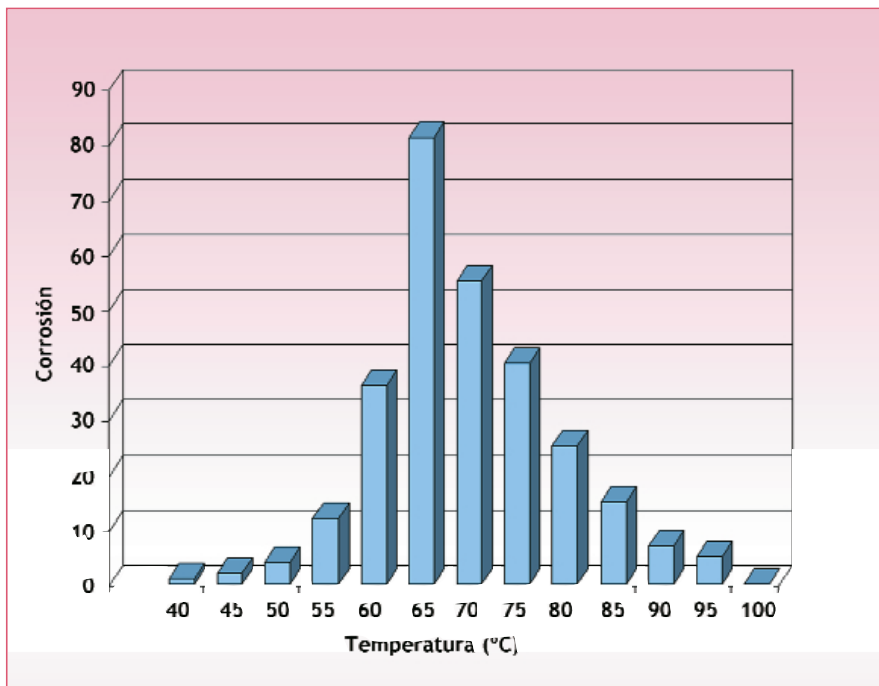


Figura 5.9: Efecto corrosivo del agua sobre el galvanizado

ensayos efectuados en EE.UU. La **corrosión del galvanizado** crece con la temperatura a partir de unos 40°C, lentamente hasta los 50°C y aceleradamente desde aquí hasta los 70°C. Se puede observar en concreto, que la corrosión se multiplica por 3 pasando de 50 a 55°C y por más de 20 si se alcanzan los 60°C. En consecuencia, es evidente que **debe evitarse** el empleo del **acero galvanizado** en los circuitos de agua caliente sanitaria, cualquiera que sea la temperatura de preparación.

Para las tuberías pueden emplearse materiales como el cobre o algunos plásticos (PEX, PB, PP, etc.) mientras que para el acumulador y el intercambiador debe emplearse acero inoxidable de calidad (no todos los aceros inoxidables resisten la agresividad del agua a la temperatura de uso) o, en el caso de los depósitos, revestimientos interiores de distinta naturaleza, como esmaltes vitrificados o resinas sintéticas.

En el diseño de instalaciones de agua, no deben mezclarse tuberías de cobre y de acero galvanizado ni, tampoco, instalar cobre que preceda al acero galvanizado, a fin de evitar que el cobre soluble se deposite aguas abajo sobre el acero galvanizado y cause ataques galvánicos.

La **conductividad** mide la capacidad de un agua para conducir la corriente eléctrica, e indica si pueden presentarse problemas de corrosión galvánica. Esta suele producirse al entrar en contacto dos metales distintos en presencia de un electrólito.

5.3.2 CRITERIOS BASICOS DE DISEÑO APLICABLES A LA RED DE AGUA

- ❑ Se recomienda en toda la red que la **temperatura** del agua sea **inferior a 20°C** en agua fría y **al menos 50°C** en agua caliente. Para mantener el agua fría en estas condiciones, es necesario que las tuberías de esta red estén alejadas de las de agua caliente y si es necesario deberán **aislarse térmicamente**.
- ❑ Se seleccionarán **materiales** que permitan que el agua alcance una temperatura de **70°C** y que resistan la acción agresiva del agua y del cloro u otros desinfectantes, con el fin de evitar la formación de productos de corrosión. Deberán evitarse ciertos materiales empleados para el sellado de uniones de diferentes partes de un sistema de distribución de agua, por ser particularmente propicios para el desarrollo de la bacteria (cueros, maderas, ciertas gomas, masillas y materiales plásticos).
- ❑ La red interna de agua potable deberá contar con garantías de una total **estanqueidad**, aislamiento y correcta **circulación** de agua. Se evitarán zonas de **estancamiento** de agua en los circuitos, como tuberías de “by-pass”, equipos o aparatos de reserva, tramos de tuberías con fondo ciego, etc. para disminuir el riesgo de proliferación de microorganismos.
- ❑ Los equipos y aparatos en reserva deberán aislarse del sistema mediante **válvulas de corte** de cierre hermético, y estarán equipados de válvulas de **drenaje** en el punto más bajo. Las redes de tuberías se dotarán de válvulas de drenaje en todos los puntos bajos, dimensionadas para permitir la eliminación de los detritos acumulados que se conducirán hasta un punto que permita que aquellos sean visibles al purgarlos.

Se dispondrá de un sistema de **válvulas de retención** que eviten retornos por pérdida de presión o disminución del caudal suministrado. No son aconsejables **filtros** y en el supuesto que sean imprescindibles, deberán instalarse antes del tratamiento de desinfección y se cambiarán y/o limpiarán con frecuencia.
- ❑ Los **grifos y duchas** deberán ser de un modelo que no favorezcan la formación de aerosoles. La disposición de los elementos terminales de la red (grifos, duchas, etc.), será de manera que nunca exista posibilidad de retornos del agua ya utilizada hacia el interior de la red.
- ❑ El diseño del sistema preverá que los equipos y aparatos sean fácilmente **accesibles** para su inspección, mantenimiento, limpieza, desinfección y toma de muestras.
- ❑ Se dispondrán válvulas para **tomas de muestras** en puntos representativos de la red.
- ❑ Durante la fase de **montaje**, se evitará la posibilidad de entrada de materiales extraños en los circuitos de distribución. Todas las instalaciones deberán limpiarse a fondo en su interior antes de su puesta en marcha mediante aire comprimido o agua (no empleándose detergentes), así como también serán objeto de pruebas de estanqueidad conforme establece la Norma UNE 100.151:1988.

- ❑ El diseño de la instalación contemplará la posibilidad de parcializar zonas para permitir actuaciones de mantenimiento, limpieza o desinfecciones parciales del circuito, con disposición de los pertinentes drenajes en los puntos bajos, conducidos a la red de saneamiento.
- ❑ Siendo estas instalaciones de agua, extensas y ramificadas, susceptibles de frecuentes modificaciones, existirá un **plano general actualizado** y un **esquema de principio** de toda la instalación, que se actualizarán con cada modificación.

El plano de la instalación recogerá todos sus componentes (válvulas de corte, filtros, etc.) con identificación clara de su situación en la edificación, para facilitar su localización.

- ❑ Existirá un **LIBRO REGISTRO DE MANTENIMIENTO** que recogerá las operaciones de mantenimiento de la instalación y otras incidencias sufridas por ésta, así como los tratamientos aplicados, que de ser efectuados por empresa contratada extenderá un **certificado** conforme **Anexo 2 del R. D. 909/2001** del Mº de Sanidad y Consumo.

El Registro de Mantenimiento estará siempre a disposición de las autoridades sanitarias responsables de los servicios de inspección.

Para llevar a cabo el programa de mantenimiento se realizará una adecuada **distribución de competencias** para su gestión y aplicación, entre personal especializado, facilitándose los medios para que puedan realizar su función con eficacia y un mínimo de riesgo.

5.3.3 RED DE AGUA FRÍA

Tanto la red de tuberías como depósitos de almacenamiento, pueden ser fuente de contaminación cuando se den las condiciones de temperatura, estancamiento y acumulación de suciedad antes referidas, pudiendo evitarse adoptando las medidas aquí recomendadas.

En general, la temperatura del agua fría ha de ser lo más baja posible, procurando sea **inferior a 20°C** donde las condiciones climatológicas lo permitan, aislando térmicamente la instalación, cuando sea necesario.

La **desinfección** es necesaria, tanto para aquellos establecimientos donde el suministro proceda de captación propia, como para aquellos en que el agua proceda de la red general, ya que aunque el agua procedente de la red general lleva una concentración de cloro adecuada, durante el almacenamiento en un depósito, el cloro residual se pierde y es necesaria una **recloración**, mediante un dosificador automático de cloro, que garantice unas adecuadas condiciones microbiológicas.

Depósitos de almacenamiento o aljibes.

Cuando los sistemas de suministros de agua requieran la instalación de depósitos se deberán tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ❑ Los **depósitos** de almacenamiento han de estar situados en lugares **accesibles** para su limpieza e intercalados en la red de distribución interna con una **circulación** de agua constante para evitar estancamientos, ya que esto supone una pérdida de cloro residual libre.
- ❑ Han de estar tapados con una **cubierta impermeable** y disponer de **bocas de acceso** para proceder a su limpieza. Estas cubiertas o tapas han de ajustar perfectamente y estar protegidas para evitar cualquier contaminación accidental.
- ❑ Han de disponer de bocas de entrada, salida, rebosadero, ventilación y de **purga**.
- ❑ El **suelo** del depósito deberá tener una **inclinación** hacia un punto determinado, donde estará la boca de limpieza.
- ❑ La **tubería de salida** ha de estar como mínimo 15 cm por **encima del fondo** del depósito.
- ❑ Se recomienda la existencia de una **boca de ventilación** que no deje entrar el agua de lluvia ni cuerpos extraños, dotada de filtro recambiable.
- ❑ El **dimensionamiento** de la capacidad de agua almacenada se hará de forma tal que se garantice el suministro de agua, y al mismo tiempo se evite la posibilidad de que el agua pueda permanecer estancada. Los depósitos se dimensionarán para un volumen mínimo de almacenamiento, compatible con las circunstancias del lugar considerado.
- ❑ Cuando exista necesidad de acumulación de agua fría, se dispondrá al menos de dos depósitos en paralelo, para permitir la limpieza de uno mientras el otro está en servicio. De todos modos habitualmente se mantendrán **siempre ambos en servicio** para evitar que pueda el agua permanecer estancada.
- ❑ Los depósitos con paredes en contacto con el exterior y sometidos a calentamiento por radiación solar deberán estar **térmicamente aislados**.
- ❑ El **material** de los depósitos deberá ser capaz de resistir a la acción agresiva de los desinfectantes. En el caso del cloro, la concentración máxima previsible está entre 20 y 30 ppm de cloro residual libre, durante un tiempo máximo de 3 horas y 2 horas respectivamente.
- ❑ Es necesario instalar un **dosificador automático de cloro** en la tubería de entrada del depósito que esté accionado por la entrada de agua siempre que sea posible. Cuando sea posible, el dosificador se instalará en el propio depósito.

5.3.4 RED DE AGUA CALIENTE SANITARIA

Las prescripciones que siguen están especialmente indicadas para las instalaciones de agua caliente sanitaria con **sistemas de preparación centralizados con depósitos de acumulación** al servicio de edificios destinados a hospitales, clínicas, hoteles, etc. y cualquier otro edificio de uso similar.

- ❑ La **temperatura de almacenamiento** del agua caliente no debe ser menor que **60°C**. Esta temperatura es un compromiso entre la necesidad de ofrecer un nivel de temperatura aceptable para el usuario, para prevenir el riesgo de quemaduras, y la de alcanzar una temperatura suficiente para evitar la multiplicación de la bacteria.
- ❑ El sistema de calentamiento deberá ser capaz de llevar la temperatura del agua hasta **70°C o más** para su **desinfección**.
- ❑ La **temperatura de distribución** no podrá ser inferior a **50°C** en el punto más alejado del circuito. Para evitar oscilaciones excesivas de temperatura del ACS es fundamental hacer una selección correcta de la válvula mezcladora termostática. La incorporación de una válvula con control todo-nada puede facilitar el tratamiento térmico de desinfección de la instalación.
- ❑ Los **depósitos** estarán fuertemente **aislados** para evitar el descenso de la temperatura hacia el intervalo de máxima proliferación de la *Legionella*, y estarán dotados de una **boca de registro** para la limpieza interior y de una conexión para el acoplamiento de una válvula de **vaciado**. Las superficies interiores han de ser resistentes a la agresividad del agua a 70° C y al cloro, recomendándose el acero inoxidable y algunos revestimientos protectores del acero común.
- ❑ Cuando se trate de **sistemas de acumulación de gran volumen**, se recomienda que el intercambiador de calor esté situado fuera del depósito de acumulación con el fin de facilitar las operaciones de limpieza de ambos. El **intercambiador** será preferentemente del **tipo de placas**.

Con el fin de favorecer la estratificación del agua y evitar que se mantenga todo el volumen de agua almacenada a una temperatura intermedia entre el agua fría de la red pública y el agua caliente, donde la *Legionella* se multiplica., la conexión de los **depósitos** se hará **en serie** (según recomienda la Norma UNE 100.030:2001), de la manera indicada, de forma muy esquemática en la **fig. 5.10**, de la que se deduce la circulación del agua caliente en los mismos.

En dicha figura:

Q1 : caudal de ACS “demandado” por el edificio.

Q2 : caudal de ACS “producido” en el intercambiador.

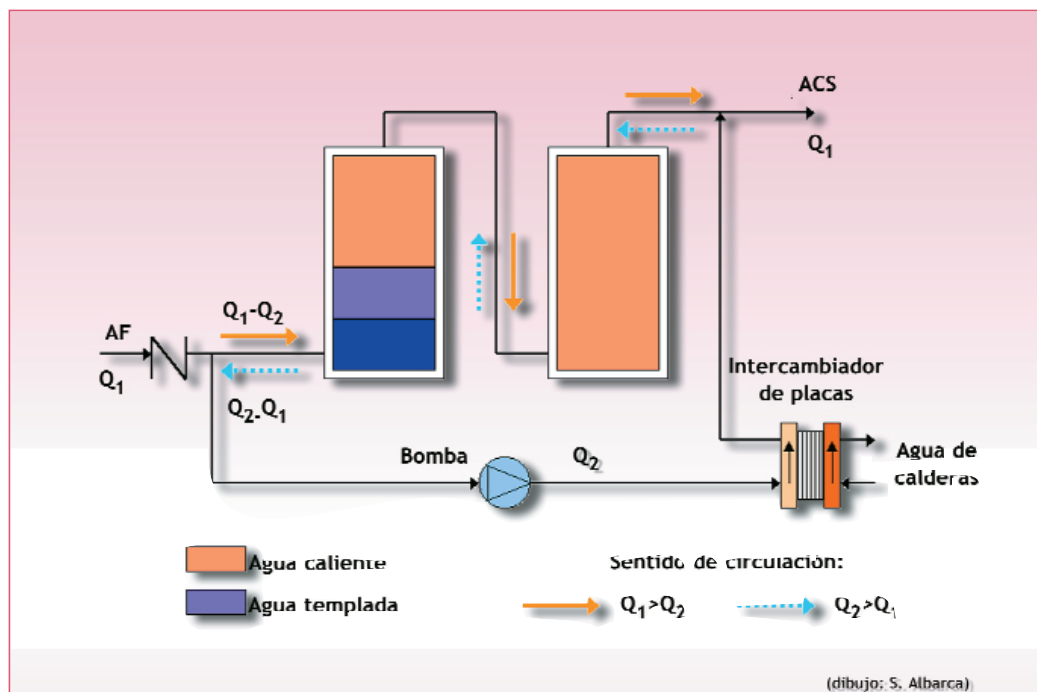


Figura 5.10: Producción centralizada de ACS mediante intercambiador de placas con dos depósitos acumuladores conectados en serie

- Cuando $Q_1 > Q_2$ (demanda > producción) el edificio se alimenta de ACS simultáneamente mediante el agua producida y la acumulada (sentido circulación trazo continuo).
- Cuando $Q_2 > Q_1$ (producción > demanda) el edificio se alimenta de ACS mediante el agua producida, que al mismo tiempo almacena ACS en los acumuladores (sentido circulación trazo discontinuo). En este momento el caudal excedente $Q_2 - Q_1$ en recirculación calienta el agua almacena en los depósitos.
- Cuando $Q_1 = Q_2$ (demanda = producción) el ACS alimenta el edificio mediante el agua caliente generada en el intercambiador.
- El agua almacenada circulará cuando $Q_1 > Q_2$ desde el fondo del depósito a la parte alta del mismo o, si hay más de un depósito en serie, desde el fondo del primero a la parte alta del último.

Además, los depósitos tendrán una elevada **relación altura/diámetro** y serán

instalados verticalmente, con la entrada de agua por la parte inferior y salida por la superior.

En la entrada de agua fría conviene instalar un elemento que reduzca la **velocidad residual** del agua.

- ❑ En **sistemas** dotados de los llamados “**interacumuladores**”, de **pequeño volumen** de almacenamiento, se puede admitir que el intercambiador esté situado en el interior del depósito, siempre que el fabricante garantice el acceso a todas las partes interiores y emplee materiales que impidan la adherencia de la suciedad y de las formaciones calcáreas. Estos depósitos podrán instalarse en paralelo sobre el circuito de agua sanitaria, dada la elevada potencia del intercambiador y, por tanto, el corto tiempo de preparación.

- ❑ Los **materiales** en contacto con el agua deben ser capaces de resistir la acción combinada de la temperatura y de los desinfectantes.

Para los depósitos son indicados los aceros inoxidable (con ciertos tipos de agua el acero inoxidable F 3504 o AISI 304 puede no ser adecuado) y algunos revestimientos protectores del acero común.

Para las tuberías son indicados el cobre, el acero inoxidable y algunos materiales plásticos resistentes a la presión y temperatura.

- ❑ La **red de retorno** de agua caliente sanitaria que constituye, de por sí, un riesgo de multiplicación de la *Legionella* por su capacidad de retención del agua, se dispondrá de tal forma que se asegure una **temperatura mínima de 50°C** en toda la red, disponiendo de una bomba de recirculación con válvula de retención. Se preverán puntos para tomas de muestras de agua de retorno.

La red de retorno podrá ser sustituida por un sistema trazador de las tuberías de impulsión (tracing), mediante cables calefactores para tuberías de ACS que asegure una temperatura mínima de 50° C en toda la red, (según Norma UNE 100.030:2001).

- ❑ En la red de alimentación a las duchas de baños, la tubería de acometida de agua a la cabeza difusora y la misma cabeza quedarán vacías cuando la **ducha** no esté en uso.

5.4 RED DE AGUA SANITARIA

USO Y MANTENIMIENTO

5.4.1 CRITERIOS BASICOS DE MANTENIMIENTO APLICABLES A LA RED DE AGUA

Las principales actuaciones en la fase de uso de la instalación consisten en un buen mantenimiento de todos los elementos de la instalación que son susceptibles de deteriorarse o ensuciarse, con el fin de eliminar el sustrato de alimentación de la bacteria, así como la medición de parámetros de evaluación de la calidad del agua.

Un **mantenimiento** adecuado de los elementos de la red interna, tanto del agua caliente como fría, es esencial para evitar el crecimiento de *Legionella*. El mantenimiento conlleva **tres tipos de actuaciones: revisión** de todos los elementos de la red, **limpieza y desinfección** y las **determinaciones fisico-químicas** que permitan controlar el estado del agua de la red.

La **periodicidad** mínima con la que se debe realizar estas actuaciones se detalla a continuación:

Tabla 5.1: Periodicidad de las actuaciones de mantenimiento

	Revisión	Temperatura	Limpieza	Desinfección
Depósitos de ACS	Trimestral	Diario	Anual	Anual
Depósitos de agua fría	Trimestral	Mensual	Anual	Anual
Cabezas pulverizadoras de agua	Mensual	Mensual (Rot.)	Semestral	Anual
Instalación completa	Trimestral		Anual	Anual
Aislamiento térmico	Anual			

La **revisión o inspección** incluye: revisar todos los elementos de la red (válvulas, tuberías, grifos, duchas, etc.) asegurar su buen estado y correcto funcionamiento, reparando o sustituyendo los defectuosos, los afectados de corrosiones y/o incrustaciones. Se aconseja preventivamente la sustitución sistemática de todos los elementos terminales, que sus dimensiones y montaje lo permitan.

La **limpieza y desinfección** se deberá realizar sistemáticamente **al menos 1 vez al año** y cuando se lleven a cabo nuevas instalaciones o ampliaciones, después de cualquier reforma o reparación

de la red, o cuando las instalaciones hayan permanecido fuera de uso. Se tendrá en cuenta que una desinfección no será efectiva si no se acompaña de una limpieza exhaustiva.

- La **desinfección** podrá realizarse por vía **química**, por vía **térmica** o alternando ambos procedimientos.

a) **La desinfección con cloro** se hará inyectando cloro hasta alcanzar de **20 a 30 ppm** de cloro residual libre en tanques o depósitos (manteniendo el agua a una temperatura inferior a 30° C y pH de 7 a 8) dejando después correr el agua clorada por todas las partes del sistema hasta obtener 1 a 2 ppm de cloro en los puntos terminales de la red, cerrando a continuación los grifos y dejando actuar el cloro en el agua durante un tiempo de **2 horas**.

- Neutralizar (ver **Anexo 5.2**) la cantidad de cloro residual libre y vaciar.
- Limpiar a fondo las paredes de los depósitos con un cepillo duro, realizando las reparaciones necesarias y aclarando con agua limpia toda la instalación.
- Volver a llenar con agua y añadir la cantidad de cloro necesaria para su funcionamiento habitual (0.2 a 0.8 ppm de cloro residual libre).
- Los elementos susceptibles de ser desmontados, como grifos y duchas, se limpiarán a fondo con un cepillo duro y se sumergirán en una solución que contenga **20 ppm** de cloro residual libre, durante **30 minutos**, aclarando posteriormente con agua fría. Los elementos difíciles de desmontar o sumergir se cubrirán con un paño limpio impregnado en la referida solución durante el mismo tiempo.
- Los ocupantes del edificio deben ser informados de las operaciones a realizar y se tomarán las medidas de protección adecuadas.

b) **La desinfección térmica** se hará elevando la temperatura del agua de todo el circuito, incluidos los depósitos de acumulación, y la red de tuberías de distribución hasta el punto de suministro más lejano.

- Elevar la temperatura del agua de los **depósitos hasta 70° C**, dejando correr el agua para que en los puntos terminales de la **red** se alcance una temperatura de **60° C**, y mantener durante **2 horas**.
- Vaciar el sistema, limpiar a fondo las paredes de los depósitos, realizar las reparaciones necesarias y aclarar con agua limpia.
- Volver a llenar para su funcionamiento habitual.
- También en este caso se deben tomar las debidas precauciones e informar a los ocupantes de las operaciones a realizar.

Para la elección del método adecuado se tendrán en cuenta las características técnicas de los elementos componentes así como el diseño de la instalación. Tanto la desinfección química como térmica se aplicarán tomándose las **precauciones adecuadas**, para evitar que los usuarios del agua se contaminen o sufran daño mientras se está llevando a cabo la misma.

En el **ANEXO 5.1** se incluye el “**Tratamiento de las instalaciones de agua sanitaria en caso de brote de legionelosis**”.

- Estas operaciones serán llevadas a cabo por **personal especializado**.
- Todas las instalaciones que hayan permanecido **fuera de uso** durante un cierto periodo de tiempo deberán recibir un tratamiento de desinfección justo antes de su puesta en marcha.
- Se deberá vigilar que todos los sistemas cumplan los **requisitos de proyecto** a lo largo de toda su vida útil.

Las determinaciones que se deben realizar para **controlar la calidad del agua**, se describen más adelante e incluyen controles periódicos del nivel de **cloro residual libre** y control de la **temperatura**.

Se registrarán todas las operaciones de mantenimiento y controles en el **Libro de Mantenimiento**.

5.4.2 RED DE AGUA FRÍA

Depósitos de almacenamiento o aljibes

Los depósitos se han de revisar y **limpiar periódicamente**, siendo recomendable hacerlo al menos **una vez al año**, y en cualquier caso, cuando sean visibles sedimentos o productos de corrosión, con el siguiente procedimiento:

- En primer lugar **vaciarlos**, a continuación **limpiarlos** con un cepillo duro con **agua y lejía**, tanto las paredes como el suelo.
- Después se ha de **enjuagar muy bien** con agua a presión.
- Finalmente se llena y se **controla el cloro residual libre** antes de ponerlo en servicio.

El personal encargado de hacer esta operación de limpieza y desinfección deberá llevar protección respiratoria y ropa adecuada.

5.4.3 RED DE AGUA CALIENTE SANITARIA

La red interior de agua caliente sanitaria es la parte que tiene **más riesgo** de contaminarse con *Legionella*. Los serpentines de calefacción o los circuitos de intercambiadores y acumuladores se pueden recubrir fácilmente de incrustaciones que pueden **descamarse** y sedimentar junto con otras partículas en suspensión presentes en el agua, formando un sedimento que debilita la potencia térmica del sistema y provoca un descenso de la temperatura. De esta manera se facilita el crecimiento de microorganismos y se crean condiciones óptimas para su proliferación. Es necesario pues que los sistemas de agua caliente estén libres de **incrustaciones y corrosiones**.

5.4.3.1 RED DE AGUA CALIENTE

La red ha de ser **revisada trimestralmente** de la siguiente forma:

- ❑ Limpieza y desinfección de todos los **filtros** y posibles **sistemas de tratamiento** del agua, comprobando que funcionen todas las válvulas de los circuitos y que los desagües no estén obstruidos.
- ❑ **Inspección visual** de la red y, en especial de los intercambiadores y acumuladores.
- ❑ Comprobación de la **central de regulación** de agua caliente sanitaria, actuando sobre todos los termostatos y ajustando, si procede, sus valores de consigna.
- ❑ Comprobación del funcionamiento de los motores de las **válvulas motorizadas**.
- ❑ Control de los **consumos del agua fría** que se incorpora al circuito y de la **caliente**, así como de la **temperatura** en las diferentes etapas del proceso de calentamiento.
- ❑ La **limpieza y desinfección** se realizará al menos **una vez al año** en la instalación completa, y además en los siguientes supuestos:
 - Cuando se ponga **en marcha** la instalación por primera vez
 - Tras una **parada superior a un mes**
 - Tras una **reparación** o modificación estructural
 - Cuando una **revisión general** así lo aconseje
 - Cuando lo determine la autoridad sanitaria

Podrá utilizarse el procedimiento de **desinfección con cloro** o **desinfección térmica**.

Con frecuencia **trimestral** se ha de realizar una **revisión general del funcionamiento** de las instalaciones, comprobando que no existen **fugas ni corrosiones**, comprobando el funcionamiento de todos los elementos como termostatos, termómetros, manómetros, etc. de la instalación, incluso buen estado del aislamiento térmico. Se ha de comprobar el funcionamiento correcto de las bombas, siendo conveniente desarmarlas y realizar una limpieza y desinfección a fondo.

5.4.3.2 DEPOSITOS ACUMULADORES E INTERCAMBIADORES DE CALOR

Los depósitos acumuladores **se purgarán semanalmente** para el arrastre de sedimentos, y evitar su acumulación.

Es recomendable realizar las operaciones de **limpieza y desinfección** con una periodicidad al menos **anual** de acuerdo con el siguiente esquema:

- Aislar el intercambiador del resto del sistema.
- Desmontar el intercambiador** y limpiarlo mecánicamente, eliminando la totalidad de las incrustaciones, detectando la posible formación de corrosiones.
- Realizar su desinfección por inmersión en una solución de **20 ppm** de cloro residual durante **30 minutos**. Si la inmersión es inviable, se podrá realizar la desinfección regando la unidad con esta solución y cubriéndola el mismo tiempo con un paño limpio previamente impregnado totalmente en la misma solución. Posteriormente se enjuagará con agua de la red de agua fría.
- Realizar la limpieza y desinfección de los **depósitos acumuladores de agua caliente** conforme procedimiento establecido de **desinfección con cloro o vía térmica**.
- La limpieza se ha de realizar no solo con medios mecánicos (cepillos metálicos) sino que es preciso desmontar la **batería** y hacer su limpieza y desinfección con una solución de cloro.
- Montar el intercambiador y previamente a su puesta en servicio aumentar la temperatura de la misma a **70°C** durante un mínimo de **2 horas**.
- Finalmente se puede poner en servicio la unidad, regulando los termostatos para alcanzar como mínimo **50° C** en toda la instalación.

5.4.3.3 GRIFOS Y DUCHAS

Conforme frecuencia mínima establecida anteriormente, es necesario realizar la **limpieza y desinfección** sistemática de los grifos y duchas. Los que estén en estado deficiente por corrosión, incrustación u otros defectos, habrán de ser cambiados. Los nuevos también se limpiarán y desinfectarán antes de ponerlos en servicio.

Se recomienda:

- Desmontar los elementos.
- Limpiarlos con cepillo duro y enjuagarlos.
- Sumergirlos en una solución que contenga **20 ppm** de cloro durante **30 minutos**,

aclarando posteriormente con abundante agua fría. Los elementos difíciles de desmontar o sumergir se cubrirán con un paño limpio impregnado en la misma solución durante el mismo tiempo.

- ❑ Enjuagar con agua fría.
- ❑ Como norma, durante la utilización de duchas no dejar llenas de agua las mangueras flexibles.
- ❑ Se elegirán **tipos de alcachofas** que produzcan una difusión de chorros con la mínima pulverización de agua posible.
- ❑ Se abrirán **semanalmente** los grifos y duchas no utilizadas habitualmente, dejando correr el agua varios minutos.

5.4.4 CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

Para el control de la calidad del agua es necesario establecer una serie de **puntos de muestreo**. Para esta selección se revisarán los planos de la red interior y se determinarán los **puntos más representativos y accesibles**, tanto de la red de **agua fría** como de **agua caliente**. En el caso de que haya ramificaciones de la red que suministre a diversos bloques, se recomienda aumentar los puntos de muestreo (uno por cada bloque).

5.4.4.1 DESINFECCIÓN CONTINUA CON PRODUCTOS CLORADOS

Para llevar a cabo en el agua sanitaria un tratamiento continuo de desinfección se utilizan habitualmente productos clorados que mantengan una determinada concentración de cloro residual en el agua.

En la red de agua sanitaria habrá un sistema de **dosificación automática de cloro** (recloración) que nos permita mantener una determinada concentración de cloro residual libre en el sistema o elevarla en aquellas ocasiones en que se requiera, dado que aunque el agua llegue con cloro residual libre de la red de abastecimiento, en el almacenamiento de la misma esta concentración tiende a disminuir.

- ❑ Se recomienda que el control del cloro residual sea **diario**, al menos en un punto final de la red.
- ❑ El intervalo de la concentración de **cloro residual** libre que se recomienda en el agua es de **0,2 - 0,8 ppm**. Estos niveles son difíciles de mantener en la red de agua caliente sanitaria, dado que el cloro es volátil y disminuye su presencia con la temperatura.
- ❑ En el caso de encontrar que el cloro residual libre está por debajo de los niveles indicados (**<0,2 ppm**) es necesario revisar el sistema de cloración.

Modo de calcular la cantidad de lejía comercial necesaria para realizar una hipercloración.

En la etiqueta de la lejía debe constar que es “apta para la desinfección de aguas de consumo”, así como, el grado de riqueza en cloro activo. En la **tabla** se relaciona la riqueza en cloro activo de las lejías comerciales más frecuentes, con la cantidad de lejía que se debe añadir por metro cúbico de agua para obtener la cantidad de cloro residual deseado.

Tabla 5.2: Cálculo de la cantidad de lejía necesaria para la hipercloración

Riqueza en cloro activo de la lejía	Lejía a añadir por metro cúbico de agua	Cantidad de cloro residual obtenido
40 gramos por litro	0,5 litros	20 ppm
50 gramos por litro	0,4 litros	20 ppm
150 gramos por litro	0,135 litros	20 ppm

Por ejemplo, si se dispone de una lejía que tiene una riqueza de 50 g/l y se necesita clorar un depósito que tiene 70 metros cúbicos de agua, el cálculo de la cantidad de lejía que hay que añadir al agua se realiza del siguiente modo:

$$0,4 \times 70 = 28 \text{ litros de lejía para obtener un agua hiperclorada a 20 ppm}$$

5.4.4.2 OTROS TRATAMIENTOS DE DESINFECCIÓN

Existen y se aplican otros tratamientos de desinfección distintos a la cloración, que se describen a continuación:

5.4.4.2.1 Radiación Ultravioleta

Los generadores UV dan una radiación de longitud de onda de 254 nm efectiva para la desinfección de agua potable. Es un método de desinfección “local” ya que desinfecta sólo el agua que pasa por la unidad, por lo tanto no sería efectiva su aplicación en un sistema ya contaminado.

El tratamiento con radiación ultravioleta es especialmente recomendable para Agua Caliente Sanitaria (ACS); no obstante, en este caso deben utilizarse siempre lámparas especiales para soportar temperaturas de hasta 70°C.

En general las unidades UV funcionan mejor como método de desinfección adicional para una red completa y más adecuadas para sistemas nuevos, en los que no haya biopelículas ya formadas.

Se emplean en algunos hospitales estadounidenses en “partes confinadas de un sistema general”, por ejemplo desinfectando agua a la entrada en un área de transplantes, en la que el agua se recircula de forma independiente al resto del edificio.

Las ventajas son que es un sistema fácil de instalar, efectivo contra *Legionella*, no origina subproductos químicos en el agua, no fomenta la corrosión y el coste de mantenimiento es bajo.

5.4.4.2.2 Ozonización

Los generadores de ozono liberan ozono en el agua hasta alcanzar una concentración en torno a 1-2 ppm, que es efectiva contra *Legionella*.

Las desventajas de la generación de ozono son mantener una concentración estable en la red, dado que el ozono se descompone rápidamente, especialmente en agua caliente y por otra parte el hecho de que concentraciones elevadas de ozono pueden dañar las tuberías.

En general, hay todavía poca experiencia en el empleo de ozono para tratar agua sanitaria.

5.4.4.2.3 Unidades de ionización cobre-plata

Este sistema de desinfección consiste en instalar una cámara de ionización con electrodos de cobre-plata en una línea de la red de agua y mediante la aplicación de una corriente eléctrica generar una reacción electroquímica que libera cationes cobre y plata al agua. Estos actúan como germicidas, destruyendo la pared celular de los microorganismos^{37,38}.

Este sistema de desinfección se ha utilizado en agua caliente sanitaria, sólo o conjuntamente con cloro o radiación ultravioleta.

El empleo de este sistema viene condicionado por:

- 1) La concentración necesaria de cobre y de plata en agua para asegurar efectividad contra *Legionella* (hay datos de comportamientos efectivos a 0,25-0,3/0,03 ppm de Cu y de Ag respectivamente). No obstante, no existe realmente una concentración efectiva universal, dadas las variables específicas de cada instalación.
- 2) La concentración máxima admisible de cobre y plata en aguas potables de consumo público.

En la actual normativa europea se establece un límite máximo de 2 ppm para el Cu. Para Ag no hay niveles regulados ni la OMS establece un valor guía. No obstante, al objeto de prevenir posibles efectos negativos para la salud derivados de un consumo excesivo de plata (argiriosis), la OMS determina que el consumo de agua con 0,1 ppm de Ag, durante 70 años, cuando ésta se usa para mantener la calidad bacteriológica, equivale a la mitad del NOAEL (Nivel sin Efectos Adversos Observables).

- 3) La concentración máxima admisible de cobre y plata en la legislación aplicable a vertidos de aguas residuales.

Ventajas:

- Es muy efectivo contra *Legionella*. La recolonización es difícil dado que los iones cobre y plata son bactericidas, no limitándose a inhibir su crecimiento (se da además un efecto biocida residual en las paradas del sistema de ionización, por absorción de los iones cobre en la biopelícula).
- Trata la red completa de ACS.
- Fácil de instalar y de mantener.

Desventajas:

- Sólo es aplicable a ACS.
- Se requiere un control analítico periódico para el cobre (varias veces semanales) y la plata (podría ser mensual).

Tanto los generadores de ozono como las unidades de ionización cobre-plata producen productos químicos “in situ”, que son biocidas.

En general, ni los productos biocidas producidos “in situ” ni los aparatos que los generan, requieren registro sanitario previo a su comercialización.

5.4.4.3 CONTROL DE LA TEMPERATURA DEL AGUA

- Con una frecuencia **diaria** se hará el control de la temperatura en depósitos **acumuladores de ACS** no debiendo ser inferior a **60° C**.
- Mensualmente** se medirá la temperatura en los depósitos de almacenamiento o **aljibes de agua fría** analizando el grado de desviación sobre los **20° C**.
- Mensualmente** se medirá la temperatura del agua en una muestra representativa de **grifos y duchas** (muestra rotatoria), incluyendo los más cercanos y los más alejados de los acumuladores, no debiendo ser inferior a **50° C** en los de agua caliente y evaluando la desviación sobre los **20°C** en los agua fría.
- Anualmente** la temperatura deberá ser comprobada en **todos los grifos y duchas**.

En los depósitos **acumuladores de agua caliente** la medición deberá realizarse en continuo, mediante instrumentos fijos, de lectura directa o indirecta. Por tanto, **diariamente** se controlará su temperatura.

5.4.4.4 CALIDAD DEL AGUA

El análisis sistemático de los siguientes **parámetros** es un indicador muy eficaz para controlar la evolución de la calidad del agua y permite actuar preventivamente si los valores se disparan.

Los parámetros orientativos de calidad son:

- ❑ Microbiológicos: ■ Recuento total de hongos y bacterias
- Presencia de algas
- ❑ Calidad Físico-química: ■ Temperatura, pH y sólidos totales.

Conviene recordar que, la formación de corrosiones, incrustaciones y sedimentos depende básicamente de la calidad del agua (dureza, temperatura, pH, anhídrido carbónico libre, alcalinidad y oxígeno disuelto) y de los materiales de la instalación. Al mismo tiempo, aguas turbias o con presencia de hierro y/o manganeso, pueden dar problemas de sedimentos e incrustaciones. En estos casos especiales, según las características físico-químicas del agua puede llegar a ser necesaria la protección de la instalación mediante sistemas de protección catódica u otros.

5.4.4.5 EL CLORO EN EL AGUA

La desinfección del agua consiste en la exterminación de las bacterias patógenas que pueda contener. En el proceso, se destruirán también los colibacilos y se reducirá considerablemente la cantidad de otras bacterias. Sin embargo, no se obtendrá ordinariamente la esterilización completa, aunque generalmente no es necesaria. El cloro, en sus diversas formas, se emplea casi universalmente como agente desinfectante del agua. Es barato y seguro y su manejo no representa gran dificultad. El hipoclorito sódico, conocido también con la denominación de lejía de blanqueo, es un líquido que puede adquirirse comercialmente en bidones con un contenido del 12 al 15% de cloro aprovechable.

El cloro se emplea en el tratamiento del agua para la desinfección y para la prevención y destrucción de olores, para la eliminación del hierro, y del color. Si bien su empleo principal es para la desinfección, el mecanismo de su acción bactericida supone que el cloro destruye las enzimas extracelulares de las células bacterianas y, posiblemente, reacciona con las enzimas intracelulares. La actividad bactericida del cloro se ve reducida por los valores altos del pH. En algunos casos se añade cloro en puntos estratégicos de las tuberías del sistema de distribución, con objeto de mantener en las mismas una cierta cantidad de cloro residual. Este tiende a desaparecer en el interior de las tuberías, debido a la combinación del cloro con la materia orgánica viviente, con sus productos de descomposición, o con las propias conducciones.

Como **cloro libre** se cuantifica la fracción libre que todavía no ha reaccionado y que es indicativo de su potencial desinfectante. Se expresa en **mg/l** o **ppm** de cloro residual libre.

El empleo del cloro, como desinfectante de estas instalaciones, está abundantemente extendido en el mundo por ser un producto eficaz, de fácil medición y económico. El principal inconveniente radica en su acción corrosiva.

Cuando para la desinfección se utilice cloro, ya sea en forma de hipocloritos u otros compuestos,

hay que tener en cuenta que su acción biocida depende del pH del agua, siendo máxima a pH neutro o menor que 7.0 y disminuyendo notablemente al aumentar al pH por encima de 8.0 . El poder desinfectante del cloro disminuye mucho a $\text{pH} \geq 9.0$. Por otra parte, hay que tener presente que el efecto corrosivo del cloro aumenta también al disminuir el pH, por lo que se aconseja evitar que el pH baje de 6.5 . El efecto desinfectante del cloro y también el corrosivo se incrementan al aumentar el tiempo de contacto.

Las concentraciones de cloro residual que se citan normalmente se refieren a agua con un pH de alrededor de 7.0 . En consecuencia, como no todas las aguas tienen el mismo pH, para lograr una adecuada desinfección es importante medir el pH del agua de la instalación, ya que si es elevado habrá que reducirlo hasta 7.0 o, en caso de que eso no sea posible, habrá que aumentar la concentración de cloro libre residual que se requiere para lograr la desinfección. De una forma aproximada, esta concentración se puede calcular mediante la expresión:

$$[\text{Cloro libre residual}]_{\text{pH}=n} = [\text{Cloro libre residual}]_{\text{pH}=7} \times F(n)$$

Siendo:

Cloro libre residual $_{\text{pH}=n}$ = concentración de cloro libre residual a $\text{pH}= n$

Cloro libre residual $_{\text{pH}=7}$ = concentración de cloro libre residual a $\text{pH}= 7$

F (n) = factor de corrección de la concentración de cloro libre residual para $\text{pH}= n$

n : categoría o valor de pH de la Tabla siguiente.

Tabla 5.3: Factores de corrección de la concentración de cloro libre residual requerido cuando el pH del agua es mayor que 7.0

	pH del agua				
	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
Factor de corrección F(n)	1	1.5	3.2	8.4	25.3

5.5 TORRES DE REFRIGERACION Y CONDENSADORES EVAPORATIVOS

(Aparatos de transferencia de masa de agua en corriente de aire)

DISEÑO Y MONTAJE

5.5.1 GENERALIDADES SOBRE ESTAS INSTALACIONES

En este apartado mencionamos unas consideraciones muy generales acerca de los aparatos de transferencia de masa de agua en corriente de aire, comentándose brevemente su principio de funcionamiento en relación a las transferencias de energía térmica en la que intervienen y su incidencia en el riesgo de proliferación de *Legionella*. El resto del apartado 5.5 y el siguiente apartado 5.6, establecen recomendaciones acerca de criterios de diseño, montaje, uso y mantenimiento de **torres de refrigeración** y condensadores evaporativos para prevenir la proliferación de *Legionella*.

El sistema de transferencia de masa de agua en corriente de aire es hasta ahora el más empleado en las instalaciones de acondicionamiento de aire centralizado.

Podemos distinguir dos grandes grupos de sistemas de acondicionamiento de aire: los **sistemas abiertos**, basados en la introducción de aire exterior en el edificio a acondicionar, mediante sistemas de humectación y enfriamiento del referido aire exterior; y los **sistemas cerrados**, basados en climatizadores que obtienen la fuente de enfriamiento (agua enfriada) mediante un sistema centralizado de producción de agua fría en máquinas frigoríficas.

5.5.1.1 SISTEMAS ABIERTOS (APARATOS DE ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO Y HUMECTADORES.)

En los sistemas abiertos el **aire exterior se trata directamente** con agua procedente de un depósito o una bandeja, que puede alcanzar temperaturas superiores a 20°C. Estos aparatos pueden ensuciarse con la materia transportada por el aire (polvo, humos contaminados, microorganismos, etc.) con lo cual se produce un acumulo de residuos en el depósito o bandeja de agua, que será una fuente de proliferación de *Legionella*, que mediante el aire directamente impulsado al edificio puede llegar al interior del mismo en las gotas de agua pulverizada. Circunstancias éstas que deberán tenerse presentes durante su diseño y mantenimiento.

5.5.1.2 SISTEMAS CERRADOS (TORRES DE REFRIGERACION Y CONDENSADORES EVAPORATIVOS)

En estos sistemas existe generalmente una **planta enfriadora de agua central**, que distribuye el agua enfriada aproximadamente a unos 6 o 7° C, hasta los climatizadores que acondicionan el aire de los diferentes locales del edificio.

La planta enfriadora cede el calor absorbido del edificio a una torre de refrigeración o a un condensador evaporativo, que por lo general trabajan con agua entre 28°C y 38°C en verano, con lo que puede favorecerse la proliferación de la *Legionella*, que como equipos productores de aerosoles requieren un diseño, montaje y mantenimiento adecuado.

5.5.1.3 TORRES DE REFRIGERACION

Los sistemas de climatización y ciertos procesos industriales generan gran cantidad de calor que se transfiere al ambiente exterior, empleándose para ello agua (para la refrigeración del sistema). Desechar esta agua supondría graves pérdidas económicas. Una alternativa que permite ahorrar agua y reducir costes económicos, consiste en reciclar el agua que se ha calentado, enfriándola mediante una torre de refrigeración e incorporándola de nuevo al circuito de refrigeración. Las torres de refrigeración son, por tanto, dispositivos cuya función es evacuar calor vaporizando parte del agua del circuito de condensación de la planta frigorífica. Reciben agua a una temperatura más elevada y mediante su pulverización provocan la evaporación de una parte de la misma (en forma de aerosoles) devolviendo el resto así enfriada al circuito de condensación. El principio de físico en el que se basa el funcionamiento se conoce como enfriamiento evaporativo.

En las torres de refrigeración y con el fin de conseguir la evaporación del agua, se crea una fuerte corriente de aire mediante el empleo de **ventiladores**. Esta corriente de aire generalmente se dirige en dirección contraria a la del agua (**figs. 5.11 y 5.12**).

El diseño más extendido de torres de refrigeración es aquel en el que el **agua es pulverizada** desde la parte superior y la corriente de aire discurre en sentido contrario, de abajo hacia arriba. Para conseguir una mayor eficacia en estos aparatos se emplea un entramado en su interior, denominado **relleno**, cuyo fin es el de aumentar la superficie de contacto entre el agua y el aire. Con el fin de evitar que se produzcan pérdidas de agua al arrastrarse gran cantidad de gotitas por la corriente de aire, se emplea un dispositivo denominado **separador de gotas**, situado a la salida de la corriente de aire. En la parte inferior se dispone una **bandeja** cuya misión es la de recoger toda el agua que cae, una vez enfriada. Generalmente en la bandeja se instala un flotador o boya similar al de una cisterna, que regula el nivel del agua, de tal forma que permite la entrada de **agua de renovación** a medida que se producen pérdidas en el circuito. Las pérdidas producidas en forma de microgotas son diseminadas en el aire en forma de aerosol.

Como se ha descrito, en el interior de las torres de refrigeración se crea una corriente de aire

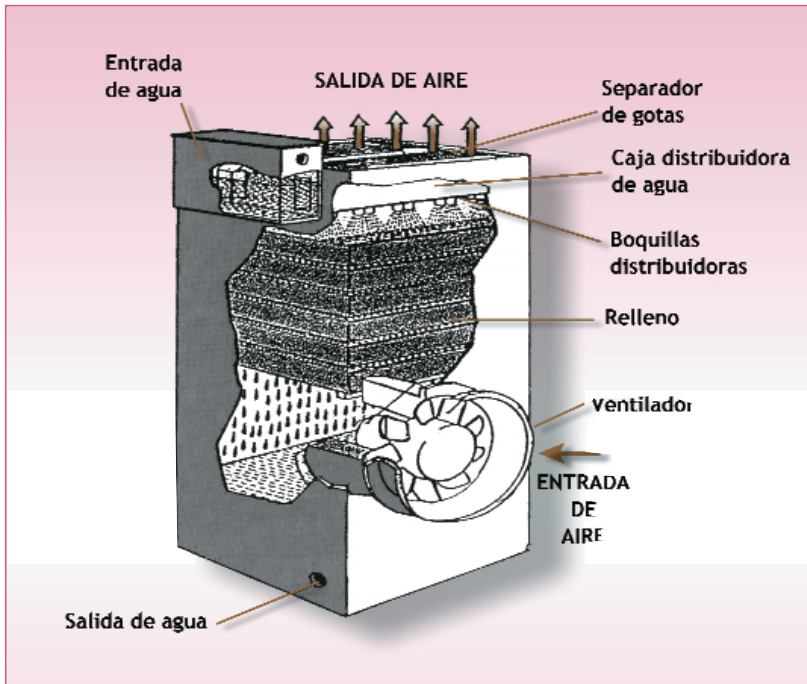


Figura 5.11: Torre de refrigeración

mediante el empleo de ventiladores. Según el diseño de la torre, el ventilador puede ocupar dos posiciones diferentes:

- ❑ El ventilador fuerza la entrada de aire en el interior de la torre que estará en sobrepresión (físicamente el ventilador está en la parte inferior de la torre), **fig. 5.11**.
- ❑ El ventilador fuerza la salida de aire del interior de la torre que estará en depresión (físicamente el ventilador está en la parte superior de la torre). Véase en la **fig. 5.12** el esquema de una torre de refrigeración como elemento componente de una instalación de climatización.

5.5.1.4 CONDENSADORES EVAPORATIVOS

Los condensadores evaporativos son similares en estructura y función a las torres de refrigeración. En este caso el **agua pulverizada** que absorbe el calor cae directamente sobre un **serpentin** de tubo liso (condensador) por el que circula **fluido refrigerante**, que cede el calor transferido del edificio. La evaporación del agua provocada por la corriente de aire que asciende, produce el enfriamiento de este agua pulverizada (que recogida después en una bandeja se

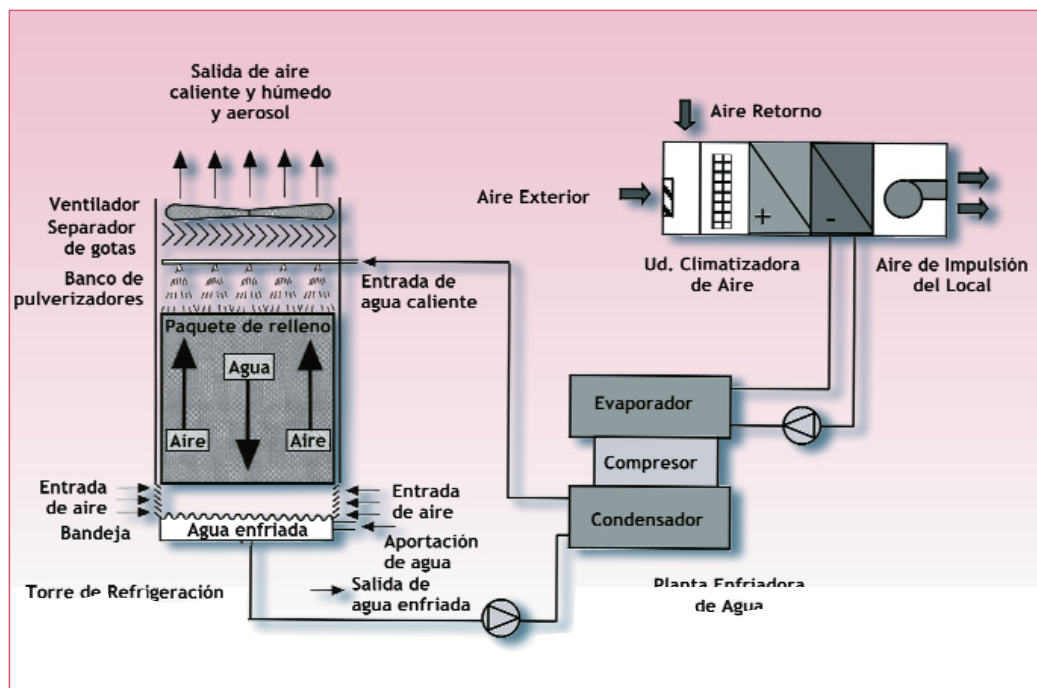


Figura 5.12: Esquema de instalación de climatización con torre de refrigeración

recircula) y, en consecuencia el enfriamiento del fluido refrigerante que -mediante su ciclo frigorífico- posteriormente vuelve a absorber el calor generado en el edificio.

Véase en la **fig. 5.13** el esquema de un condensador evaporativo como elemento componente de una instalación de climatización.

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

En adelante, mientras no se indique otra cosa, se entenderá por **torres de refrigeración** tanto a las torres propiamente dichas como a los condensadores evaporativos.

5.5.1.5 APARATOS DE ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO Y HUMECTADORES

Los **aparatos de enfriamiento evaporativo** son dispositivos para **enfriar el aire exterior** que se envía directamente a los locales que se pretenden acondicionar, siendo su uso frecuente en países de clima caluroso y seco, (**fig. 5.14**).

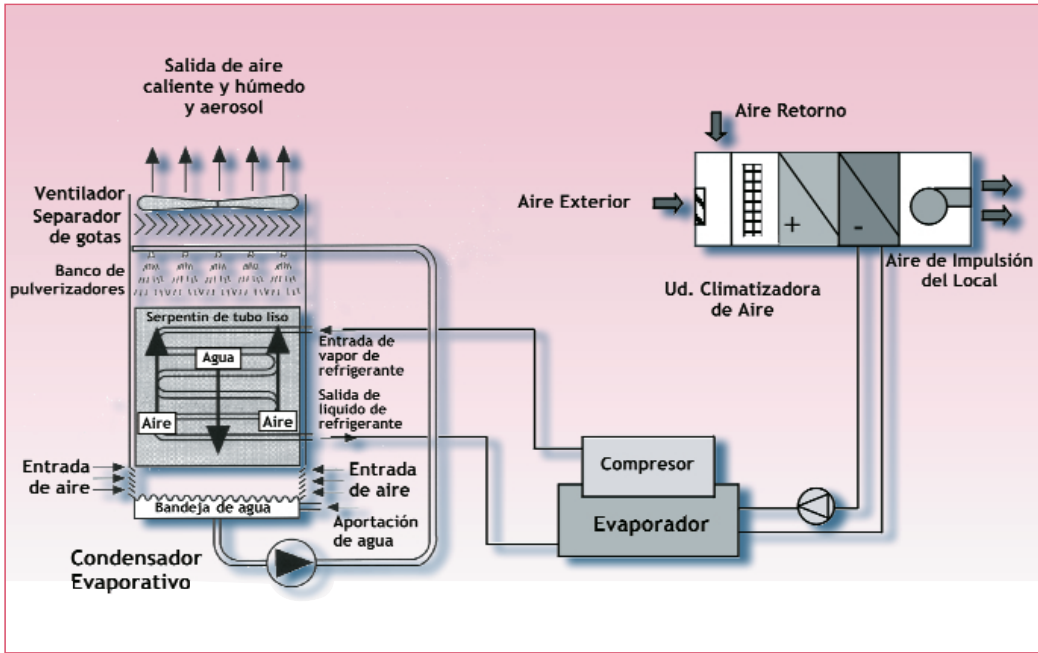


Figura 5.13: Esquema de instalación de climatación con condensador evaporativo

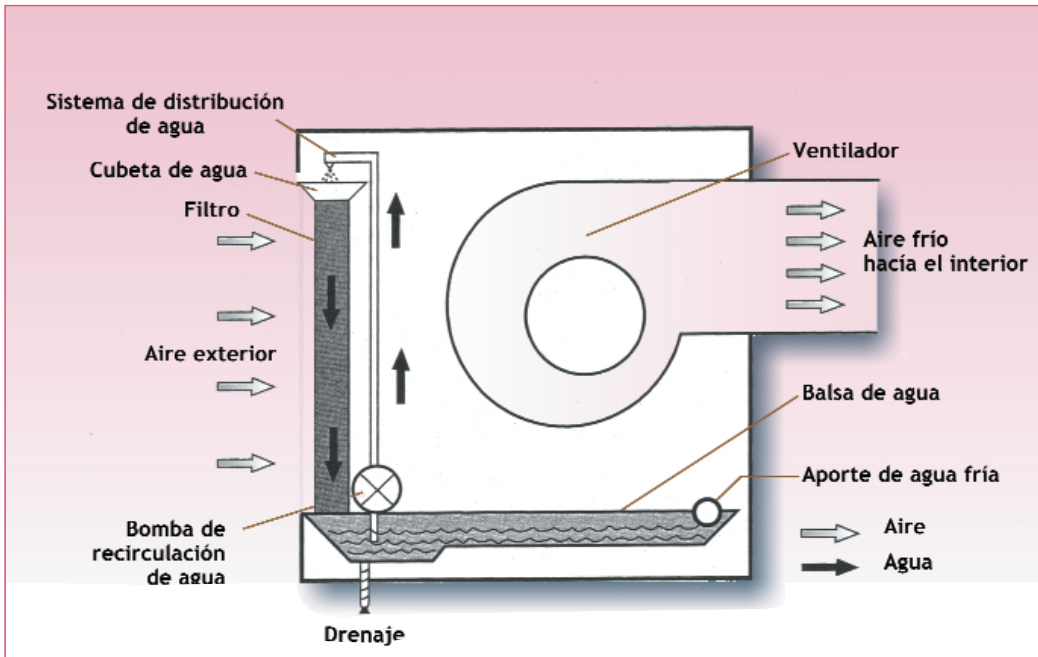


Figura 5.14: Enfriamiento Evaporativo

Los **humectadores** son aparatos que sirven para mantener **la humedad** relativa de los locales dentro de ciertos límites para el confort de las personas o por necesidad de un proceso industrial, (fig. 5.15).

El funcionamiento de ambos sistemas es similar, diferenciándose dos tipos principalmente:

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

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

En ambos casos, los aerosoles pueden llegar a los locales a acondicionar, bien directamente o a través de una red de conductos, en cuyo caso, éstos retienen parte de los aerosoles al actuar a modo de separadores de gotas. Por lo tanto, los aparatos de enfriamiento evaporativo y humectadores de mayor riesgo son aquellos que pulverizan agua e impulsan el aire directamente a los locales a acondicionar.

Los equipos de humidificación y enfriamiento evaporativo que funcionan **por capilaridad**, por el hecho de no formar un aerosol, son preferibles a los que basan su funcionamiento en la pulverización del agua por medios mecánicos. Otros medios de pulverización, por ultrasonidos o por la acción del aire comprimido, son preferibles a la pulverización mecánica por su mayor eficiencia.

El riesgo de contraer la enfermedad por las personas expuestas se puede evitar mediante el empleo de equipos que no formen aerosoles, particularmente si los equipos funcionan sin recirculación de agua o mediante el empleo de **humificadores de vapor** por ebullición de agua.

5.5.1.6 FORMACIÓN DE ALGAS Y MICROORGANISMOS

El proceso evaporativo que se emplea para enfriar el agua en los sistemas abiertos de recirculación concentra los sólidos disueltos en el agua, siendo esto característico de las torres de enfriamiento y condensadores evaporativos. Al evaporarse parte del agua en la recirculación se aumenta la concentración salina del agua no evaporada, pudiendo llegar a producirse lodos por precipitación al alcanzarse el límite de solubilidad de algunas sales. En el proceso, el agua se satura también totalmente de aire en disolución, lo que trae consigo que este circuito sea extraordinariamente agresivo con formación de los correspondientes óxidos metálicos.

Los fenómenos de **contaminación biológica**, se acentúan en los circuitos de torres de refrigeración ya que proporcionan un medio favorable para el desarrollo de muchos organismos, especialmente algas, hongos y bacterias. Dichos circuitos funcionan a temperaturas adecuadas

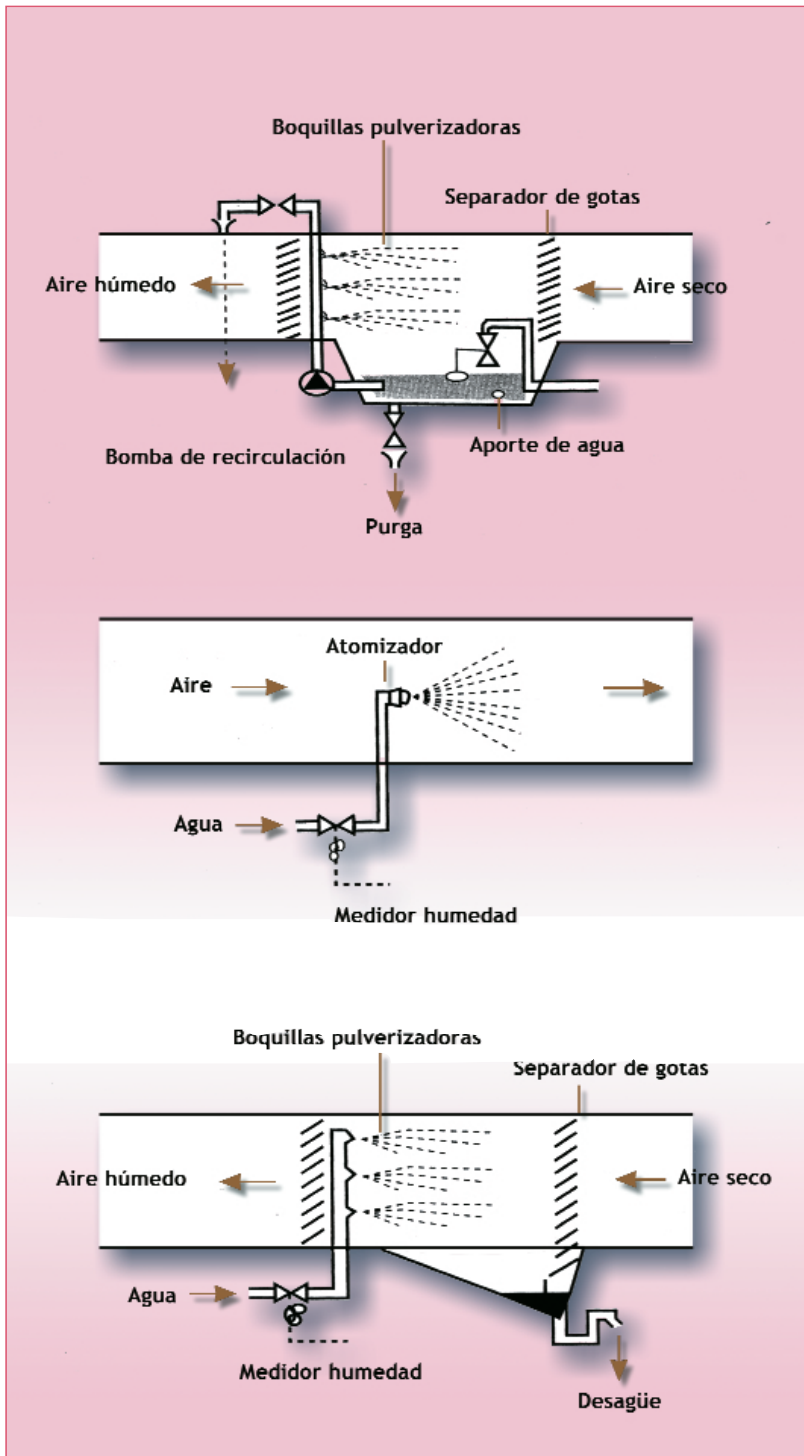


Figura 5.15: Distintos tipos de humidadores

para su proliferación que además se favorece por la presencia de luz solar, aire y nutrientes orgánicos e inorgánicos. Las algas crecen abundantemente en zonas iluminadas y las bacterias que no requieren luz solar ni oxígeno lo hacen en los intercambiadores de calor.

Las **algas** son protistas unicelulares o pluricelulares que contienen pigmentos fotosensibles (clorofila) que les permite vivir en presencia de luz solar, materia inorgánica y agua. Los **hongos** son organismos heterótrofos, es decir, se alimentan absorbiendo sustancias orgánicas disueltas, lo que les permite vivir en cualquier ambiente húmedo que contenga materia orgánica. La mayoría de las **bacterias** son también organismos heterótrofos, pudiendo colonizar los mismos ambientes que los hongos.

Las **biocapas** que se forman en las paredes de las tuberías y equipos constituyen un ambiente ideal para la proliferación de estos organismos, además de reducir la velocidad de transferencia de calor en los intercambiadores respectivos, proveen un ambiente ideal donde pueden proliferar las bacterias reductoras de sulfato y las aeróbicas del azufre que producen ácidos (como productos finales de su metabolismo) ocasionando una severa corrosión (MIC, o corrosión inducida por microbios) del acero.

5.5.2 CRITERIOS BASICOS DE DISEÑO

5.5.2.1 TORRES DE REFRIGERACION Y CONDENSADORES EVAPORATIVOS

Las torres de refrigeración y condensadores evaporativos trabajan, en general, con agua en un rango de temperatura, por lo menos durante la estación veraniega, entre 28° y 38° C, favorable para la multiplicación de la *Legionella*. La utilización de aparatos que basan su funcionamiento en la transferencia de masa de agua en corriente de aire con producción de aerosoles, se llevará a cabo de manera que se reduzca al **mínimo el riesgo de exposición** para las personas.

Como norma general se adoptarán las **medidas** que siguen a continuación.

1. En relación a la **protección de las personas de los aerosoles** producidos por los equipos se cumplirá:

- Los equipos deberán **situarse en lugares aislados** y alejados de lugares con riesgo de exposición, preferentemente en la cubierta de los edificios.
- La **descarga del aerosol** estará a una cota de 2 m, por lo menos, por encima de la parte superior de cualquier elemento o lugar a proteger (ventanas, tomas de aire de sistemas de acondicionamiento de aire o ventilación, lugares frecuentados) y a una distancia al menos de 10 m en horizontal.

En el **ANEXO 5.3** se incluye un procedimiento para la **determinación de la**

distancia entre la descarga de un aerosol y tomas de aire o ventanas.

- ❑ Los aparatos se situarán **a sotavento** de los lugares antes citados, en relación con los vientos dominantes en la zona de emplazamiento.
- ❑ Los equipos estarán dotados de **separadores de gotas** de una eficacia muy elevada; de modo que el arrastre de agua sea menor que el 0,05 % del caudal de agua en circulación.

Se han atribuido efectos a torres contaminadas con *Legionella* a distancias cercanas a los **2 km de su ubicación**. Véase la **fig. 5.16** donde se aprecia la evolución del penacho en la atmósfera.

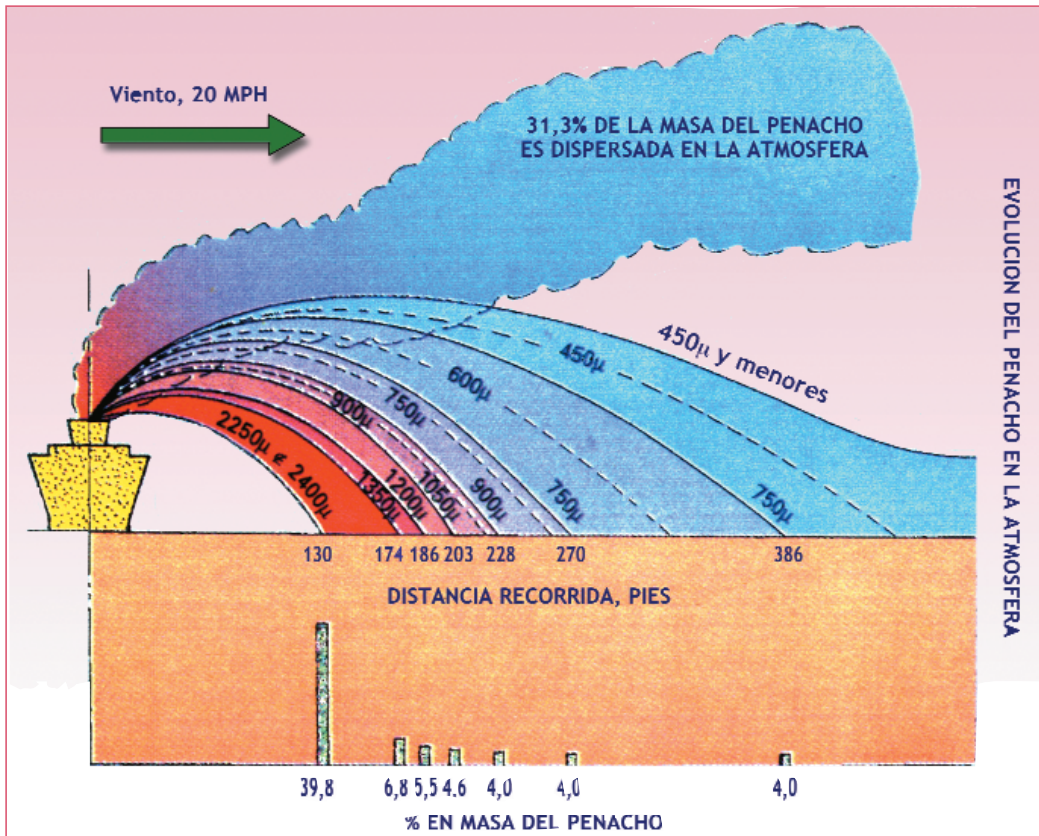


Figura 5.16: Evolución del penacho en la atmósfera

2. Para facilitar las **tareas de mantenimiento y limpieza** se cumplirá:

- ❑ Los equipos deberán situarse en lugares **accesibles** y deberán tener puertas de acceso amplias y fácilmente desmontables.
- ❑ Las superficies interiores del aparato serán **lisas** y sin obstáculos para facilitar las operaciones de limpieza y desinfección.
- ❑ Los paneles de cerramientos deberán ser **desmontables** con el fin de facilitar el acceso al material de relleno para su limpieza y desinfección. Cuando esto no sea posible, particularmente en grandes torres de refrigeración o en condensadores evaporativos instalados, el **relleno o la batería** deberán ser **limpiados en su posición** mediante productos químicos u otros medios.
- ❑ La **bandeja** deberá tener un pozo en el que se acumule la suciedad. La bandeja tendrá suficiente inclinación para permitir el drenaje del agua, que será de un diámetro adecuado al volumen de agua a evacuar y contará con su sifón correspondiente. Se debe procurar que exista un punto de ruptura de aire entre el sifón y las conducciones del alcantarillado.
- ❑ Los **materiales** empleados deberán ser **resistentes** a fuertes concentraciones de desinfectantes, particularmente de cloro. Se evitará el empleo de materiales a base de celulosa.

3. En circuitos de agua en contacto con la atmósfera se recomienda, además, incorporar los siguientes sistemas auxiliares para la realización de un **tratamiento integral en continuo**.

- ❑ Un **sistema de filtración** para eliminar la contaminación producida por sustancias sólidas procedentes del ambiente (hojas, insectos, etc).
- ❑ Un sistema de **tratamiento** químico, físico-químico o físico con el fin de reducir la acumulación de depósitos **calcáreos**.
- ❑ Un sistema de **tratamiento** químico, físico-químico o físico para evitar la acción de la **corrosión** sobre las partes metálicas del circuito.
- ❑ Un sistema **permanente** de tratamiento por medio de agentes **biocidas** o sistema físico o químico-físico.
- ❑ Un sistema de **purga automática**.
- ❑ Un sistema de limpieza automática de los tubos del condensador, en su caso.

Estos sistemas auxiliares deberán instalarse en el caso de que las paradas de las torres y condensadores evaporativos sean inviábiles.

5.5.2.2 APARATOS DE HUMIDIFICACION Y ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO

Estos equipos que usan frecuentemente agua procedente de un depósito o bandeja (que puede estar a una temperatura superior a 20° C) pueden ensuciarse con la materia contaminante transportada por el aire.

El aire tratado por estos equipos se introduce en los locales ocupados, generalmente a través de una red de conductos o, en algunos casos, directamente. En el primer caso el riesgo es menor, ya que las paredes de los conductos actúan, de cierta manera, como separadores de gotas.

Como norma general, se recomienda adoptar las siguientes **medidas**:

- 1) Los aparatos que basan su funcionamiento en la formación de un aerosol deberán estar equipados de un **separador de gotas muy eficiente** (arrastre de agua inferior al 0.05 % del caudal de agua en circulación).
- 2) Es recomendable el empleo de **agua** directa de red, **sin recirculación**, o de agua sometida previamente a tratamiento de desinfección. De no ser posibles estas soluciones, se deben emplear sistemas para la desinfección del agua de recirculación y, si ésta tiene tendencia a la formación de deposiciones calcáreas o tiene propiedades corrosivas, sistemas físicos o químicos de tratamiento contra las mismas.

Además, se recomienda vaciar el aparato y utilizar agua nueva cada día.

- 3) Se **evitará** la instalación de aparatos que creen un **aerosol directamente** en el ambiente.
- 4) En los aparatos de contacto se evitará el empleo de materiales orgánicos, en particular de la celulosa.

5.6 TORRES DE REFRIGERACION Y CONDENSADORES EVAPORATIVOS

USO Y MANTENIMIENTO

5.6.1 MULTIPLICACION DE LA LEGIONELLA EN ESTAS INSTALACIONES

El agua de las **torres de refrigeración** constituye un medio muy apropiado para la multiplicación de la *Legionella*. El factor favorecedor más importante de esta multiplicación es la **temperatura**. El agua en los circuitos de las torres de refrigeración sobrepasa habitualmente los 20°C, y durante los meses de verano supera sin dificultad los 30°C, temperaturas idóneas para el crecimiento de la bacteria.

Otro factor que favorece la persistencia y multiplicación de la *Legionella* en las torres de refrigeración, es la posibilidad de que se formen **biocapas** en la gran diversidad de superficies internas de la instalación. Cuando existe escasez de nutrientes, estas biocapas constituyen nichos ecológicos que permiten a los microorganismos compartir dichos nutrientes y protegerse de posibles agresiones químicas (desinfectantes).

La presencia de **materiales inadecuados** en las torres de refrigeración, fundamentalmente a base de celulosa, propician el acantonamiento y multiplicación de microorganismos y dificultan la limpieza y desinfección de éstas. El agua de las torres de refrigeración contiene a menudo otros microorganismos, como **protozoos**, en cuyo interior se multiplica la *Legionella* y donde encuentra también protección física frente a los desinfectantes.

Otros factores que se han relacionado con la multiplicación de *Legionella* en estas instalaciones son:

- El **estancamiento** del agua que se produce en las bandejas de las torres de refrigeración o, si existen, en los depósitos intermedios.
- Los productos de la **corrosión** de los materiales.
- Las **incrustaciones** frecuentes en los circuitos.

En resumidas cuentas, los **factores** principales, favorecedores de la **multiplicación** de la *Legionella* en el agua de las torres de refrigeración son:

- Altas temperaturas**, especialmente en los meses estivales.
- Suciedad**, que garantiza la presencia de otros microorganismos (bacterias y protozoos) necesarios para la multiplicación de la *Legionella* y de los nutrientes apropiados.
- Materiales inadecuados**, como maderas y otros a base de celulosa.

- ❑ **Corrosión e incrustaciones**, debido a un mantenimiento incorrecto de la instalación y que contribuyen a la multiplicación a través del aporte de nutrientes (hierro, fosfatos, etc.) y favorecen el acantonamiento de la bacteria.

5.6.2 CRITERIOS DE MANTENIMIENTO Y DESINFECCION

Las principales actuaciones en la fase de funcionamiento de la instalación consiste en aplicar un buen **mantenimiento** consistente básicamente en la revisión, mantenimiento y limpieza periódica y esmerada de aquellas partes de la instalación que son susceptibles de deteriorarse o ensuciarse, con el fin de eliminar el sustrato de alimentación de la bacteria, así como la medición de los parámetros de **evaluación de la calidad del agua**.

La **revisión** supondrá la comprobación del estado de mantenimiento de la instalación comprobando su buen funcionamiento así como la detección de la presencia de sedimentos, incrustaciones, productos de la corrosión, lodos y cualquier otra circunstancia que altere el buen funcionamiento de la instalación. Si se detecta algún componente deteriorado, se procederá a su reparación o sustitución.

Como **criterios generales** se establecen:

- ❑ La **limpieza** se efectuará drenando el sistema, limpiándolo para eliminar las incrustaciones y otros depósitos como el sustrato biológico adherido, para lo que se emplearán productos desincrustantes, anticorrosivos, antioxidantes, biodispersantes y biocidas compatible entre si u otros sistemas, físicos o físico-químicos, que produzcan los mismos efectos.
- ❑ Una vez completada la limpieza, la instalación se volverá a llenar de agua y se **desinfectará** con cloro (u otro desinfectante) sistema físico o físico-químico.

Es importante resaltar que el tratamiento de desinfección del agua no será efectivo si la instalación no está o no se mantiene **limpia**.

- ❑ Todos los **vertidos** deberán cumplir con la legislación medioambiental vigente. En particular, los derivados clorados deberán ser neutralizados antes de su vertido.
- ❑ Los **productos** químicos, **sistemas** físicos o físico-químicos empleados en la limpieza y desinfección, además de poseer **reconocida eficacia**, deberán suponer, cuando se apliquen correctamente, riesgos mínimos tanto para la integridad y estado de las instalaciones, como para la salud y seguridad de los operarios u otras personas que puedan quedar expuestas.
- ❑ Para asegurar la eficacia de las operaciones señaladas en el punto anterior y que se desarrollan y concretan más adelante, es necesario realizarlas de forma **periódica** y

comprobar también periódicamente la calidad del agua del circuito y del agua de aportación.

- ❑ También como norma general, con el fin de minimizar el **riesgo de legionelosis** para los operarios, es conveniente que, previamente se haga una **precloración** del agua de la instalación. En todo caso, el personal de mantenimiento y limpieza deberá conocer los **riesgos para la salud** a los que puede estar expuesto al realizar dichas operaciones, las medidas de prevención establecidas, ser provisto de los **equipos de protección individual** necesarios y ser adiestrado en su uso y en la realización de su trabajo de manera que los riesgos para su salud y seguridad sean mínimos, de acuerdo a la legislación laboral vigente.
- ❑ Así mismo será necesario que las operaciones sean ejecutadas por **personal especializado**.
- ❑ Todas las instalaciones que hayan permanecido **fuera de uso** durante un cierto periodo de tiempo deberán recibir un tratamiento de limpieza y posterior desinfección justo antes de su **puesta en marcha**. Siendo este criterio aplicable tanto a instalaciones de nueva planta como a aquellas que hayan sufrido reparación.
- ❑ Se deberá vigilar que los sistemas cumplan los **requisitos de proyecto** a lo largo de toda su vida útil.
- ❑ Los requerimientos que se indican continuación deben considerarse **exigencias mínimas** para el mantenimiento de las instalaciones en condiciones aceptables.
- ❑ Estos equipos deberán revisarse, limpiarse a fondo, eliminando sedimentos, material adherido a las paredes internas, incrustaciones calcáreas y productos de la corrosión, y desinfectarse, siendo la **frecuencia mínima** de estas operaciones la indicada a continuación:

Tabla 5.4: Frecuencia mínima de actuaciones de mantenimiento y desinfección

	Revisión	Limpieza	Desinfección
Condensador	Anual	Semestral	Semestral
Relleno	Semestral	Semestral	Semestral
Bandeja	Mensual	Mensual	Mensual
Separador de gotas	Anual	Semestral	Semestral

Para desarrollar el programa de mantenimiento se realizará una adecuada distribución de competencias para su gestión y aplicación, entre el personal especializado, facilitándose los medios para que puedan realizar su función con eficacia y un mínimo de riesgo.

□ El funcionamiento de los **tratamientos integrales en continuo** deberá **monitorizarse con frecuencia mensual**.

- Las condiciones del agua se mantendrán bajo control en continuo, mediante aparatos automáticos para la **purga** de agua sucia y la **reposición** del agua limpia.
- La **calidad fisico-química y microbiológica del agua** del sistema se monitorizará **mensualmente** en todos sus parámetros: temperatura, pH, conductividad, sólidos totales en disolución, turbidez, sólidos en suspensión, nivel de cloro o biocida utilizado, productos de corrosión, así como contaminación microbiológica. Se incluirán, si fueran necesarios otros parámetros que se consideren útiles en la determinación de la calidad del agua o de la efectividad del programa de mantenimiento o de tratamiento del agua. Cuando se detecten cambios en la calidad fisico-química o microbiológica del agua, se procederá a aplicar las medidas correctivas necesarias para recuperar las condiciones del sistema.

Por **monitorización** entendemos la medición repetida para conocer si se han producido cambios a lo largo del tiempo; sinónimo de “vigilancia” o “seguimiento”.

- Considerando que estos equipos funcionan, normalmente, a temperaturas superiores a 25° C, se aportan en la tabla que sigue valores de algunos parámetros que son indicativos del funcionamiento de los equipos y que pueden proporcionar un ambiente ideal para el desarrollo de la bacteria. Cuando alguno de los parámetros indicados rebasa el límite señalado se deberán aplicar las medidas necesarias para su corrección.

Tabla 5.5: Valores de referencia para el funcionamiento del equipo

pH	6 > pH >8
TDS	> 2.500 ppm
Aerobios totales	> 10 ⁵ cfu/ml
Materia en suspensión	Agua turbia

TDS : sólidos totales en disolución en el agua. **Aerobios tatales**: total de microorganismos que necesitan aire para vivir presentes en el agua. Su concentración se expresa en cfu/ml (unidades formadoras de colonias por mililitro de agua).

- ❑ La limpieza y desinfección se llevará a cabo por **personal autorizado**, debidamente equipados con los equipos de protección individual pertinentes. Podrán utilizarse procedimientos de tipo químico, físicos o físico-químicos de reconocida eficacia, que supongan riesgos mínimos tanto para la integridad de las instalaciones como para la salud de los operarios y otras personas expuestas. En caso de emplear el cloro, se realizará como se indica en el apartado siguiente.
- ❑ Cuando la instalación permanezca parada durante un cierto tiempo, la **bandeja** deberá quedar **sin agua**.

5.6.3 MANTENIMIENTO Y DESINFECCION PREVENTIVA

Se tendrá en cuenta que una desinfección no será efectiva si no va acompañada de una previa limpieza exhaustiva.

Cuando las instalaciones sean de funcionamiento no estacional serán sometidas a una **limpieza y desinfección general del sistema completo, 2 veces al año**, como mínimo, preferiblemente al comienzo de la primavera y el otoño, y además en las siguientes circunstancias:

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

A lo largo del periodo de funcionamiento normal de las instalaciones, se aplicará un **programa de mantenimiento y desinfección** preventivo que constará, al menos, de las siguientes operaciones:

- ❑ Mantenimiento y limpieza de los **componentes estructurales** de la instalación que garantice la ausencia de desperfectos, incrustaciones, corrosiones, lodos, suciedad en general y cualquier otra circunstancia que altere o pueda alterar el buen funcionamiento del equipo.
- ❑ **Desinfección del agua** del circuito de refrigeración de manera que se garantice la inocuidad **microbiológica** de la misma en todo momento.
- ❑ Mantenimiento de la **calidad fisico-química** del agua del sistema dentro de los criterios de calidad que permitan el buen funcionamiento de la instalación y que favorezcan la inocuidad microbiológica de la misma. En especial se atenderá a los fenómenos de **incrustación y corrosión**. Para conseguir la calidad del agua del sistema se podrá

utilizar aquellos procedimientos físicos y/o químicos de reconocida eficacia, incluida la filtración, la renovación y la purga en continuo.

- ❑ A lo largo del año se realizarán las determinaciones **analíticas** fisico-químicas y microbiológicas oportunas, en orden a conocer la eficacia del programa de mantenimiento y desinfección.
- ❑ Estos equipos deben limpiarse a fondo, eliminando sedimentos y productos de la corrosión.

El **proceso de mantenimiento y desinfección general**, para equipos que puedan cesar en su actividad, que se aplicará en caso de emplear compuestos clorados es el siguiente:

- ❑ **Precloración** del agua del sistema, hasta conseguir al menos **5 ppm** de cloro libre residual y añadir biodispersantes capaces de actuar sobre la biocapa y anticorrosivos compatibles, en cantidad adecuada, manteniendo un pH entre 7 y 8. Los ventiladores estarán desconectados y cuando sea posible, las aberturas cerradas para evitar la salida de aerosoles.
- ❑ **Recircular** el agua a través del sistema durante **3 horas**, midiendo el nivel de cloro residual libre al menos cada hora, reponiendo la cantidad perdida.
 - Los **ventiladores** se deberán desconectar durante la circulación del agua y, si es posible, se cerrarán las aberturas de la torre para evitar salidas de aerosoles.
 - Los **operarios** llevarán las **medidas de seguridad** adecuadas, como mascarillas protectoras, prendas impermeables y protecciones adecuadas al riesgo biológico y químico.
- ❑ Pasadas las 3 horas, **neutralizar el cloro** mediante la adición de tiosulfato sódico en cantidad suficiente y se procederá a su recirculación de igual forma que en el punto anterior. La cantidad de **tiosulfato a añadir**, expresada en kg, se calcula multiplicando **0,005 x m³ de agua a neutralizar x número de ppm de cloro** que tiene en ese momento el agua a neutralizar.
- ❑ **Vaciar** el sistema y aclarar con agua a presión.
- ❑ Realizar las operaciones de **mantenimiento mecánico** del equipo y reparar las averías detectadas, **desmontando** los componentes de la torre que lo requieran.
- ❑ **Limpiar las superficies** del equipo a fondo con detergentes y agua a presión y aclarar, teniendo en cuenta que durante la limpieza de las paredes de la torre, deben tomarse las precauciones adecuadas ante métodos de limpieza que puedan generar aerosoles, a los que puedan quedar expuestos los trabajadores, u otras personas del edificio o edificios colindantes presentando menos riesgo raspar la suciedad de las paredes o limpiarlas manualmente con productos adecuados. Se deben eliminar también las incrustaciones calcáreas y se repararán o sustituirán los componentes dañados. Se

aclarará bien con agua hasta que el agua de drenaje aparezca limpia.

- ❑ Se llenará con agua a la que se adicionará el reactivo **clorado** hasta lograr una concentración de cloro libre residual de **15 ppm**, añadiendo anticorrosivos compatibles y en cantidades adecuadas. Con los ventiladores parados se pondrá en funcionamiento el sistema de recirculación durante **2 horas**, controlándose cada 30 minutos los niveles de cloro y reponiendo la cantidad perdida.
- ❑ Pasadas 2 horas **neutralizar el cloro nuevamente**, de modo análogo a como se hizo anteriormente.
- ❑ **Vaciar** el sistema y limpiar a fondo, aclarando con agua.
- ❑ Por último, llenar de agua y añadir el desinfectante de mantenimiento. Cuando este desinfectante sea cloro, se mantendrán unos niveles de cloro residual libre de **2 ppm**, mediante un **dispositivo en continuo**, añadiendo anticorrosivo compatible con el cloro en cantidad adecuada.
- ❑ Las **piezas desmontadas** serán limpiadas y desinfectadas de la forma siguiente:
 - La desinfección se hará por inmersión en agua clorada a **15 ppm al menos durante 20 minutos**, aclarando posteriormente con abundante agua fría.
 - Las piezas no desmontables se limpiarán y desinfectarán pulverizándolas con agua clorada a **15 ppm al menos durante 20 minutos**.
 - Los puntos de difícil acceso se limpiarán y desinfectarán pulverizándolas con agua clorada a **15 ppm al menos durante 20 minutos**.
- ❑ En caso de equipos, que por sus **dimensiones o diseño**, no admita la pulverización, la limpieza y desinfección se realizará mediante **nebulización eléctrica**, utilizando un desinfectante adecuado para este fin (la nebulización eléctrica no se puede realizar con cloro). Mientras se realizan las operaciones referidas, se tapanán con material impermeable las aberturas del equipo para evitar la salida de aerosoles.

Todas estas actividades se realizarán por **personal autorizado** y suficientemente entrenado, con todas las medidas de seguridad necesarias, avisando a los usuarios para evitar posibles accidentes. Estas actividades se reflejarán en el **Registro de Mantenimiento**.

En el **ANEXO 5.2** se incluye el “**Tratamiento de torres de refrigeración y dispositivos análogos en caso de brote de legionelosis**”.

- ❑ La limpieza y desinfección, tanto del relleno como de la balsa y resto de componentes, de **torres de refrigeración industriales**, sin posibilidad de parada, se realizará al menos **2 veces al año**, preferiblemente en primavera y otoño, según el siguiente procedimiento en el caso de utilizar cloro:

- Ajustar el pH entre 7 y 8, para mejorar la acción del hipocloroso (HCIO).
- Añadir hipoclorito sódico (Na ClO) en cantidad suficiente para mantener en el agua de la balsa un concentración máxima de cloro libre residual de **5 ppm**.
- Añadir la cantidad adecuada de biodispersante para que actúe sobre la biocapa y permita el ataque del cloro en su interior, así como un inhibidor de la corrosión, específico para cada sistema.
- Recircular por espacio de **4 horas** manteniendo los niveles de cloro residual libre. Se realizarán determinaciones del mismo cada hora, para asegurar el contenido de cloro residual previsto.
- Una vez finalizada la operación de limpieza, se renovará la totalidad del agua del circuito abriendo la purga al máximo posible y manteniendo el nivel de la balsa.
- Normalización de las condiciones de operación durante este periodo con el fin de eliminar la biocapa que pudiera permanecer en los intercambiadores y zonas muertas o de baja velocidad del circuito, manteniéndose una concentración de cloro residual libre entre **1 y 2 ppm** y la cantidad adecuada de biodispersante durante 24 horas.

5.6.4 REGISTROS DE MANTENIMIENTO Y DESINFECCION

Todos los titulares de las instalaciones deberán disponer de un **LIBRO REGISTRO DE MANTENIMIENTO**, en el que el responsable de aquellas realizará las siguientes anotaciones:

- Fecha de realización de las tareas de **revisión, limpieza y desinfección general**, empresa que lo llevó a cabo y protocolo seguido, productos utilizados, dosis y tiempo de actuación. Cuando la limpieza sea realizada por una empresa contratada al efecto, ésta extenderá un **certificado** en el que consten estos aspectos, aportando Ficha de Datos de Seguridad de los productos químicos empleados, y cuantos datos figuran en el **Anexo 2 del R.D. 909/2001** del M^o de Sanidad y Consumo.
- Fecha de realización de cualquier otra **operación de mantenimiento** (limpiezas parciales, reparaciones, verificaciones, engrases, etc.) y especificación de las mismas, así como cualquier incidencia y medidas adoptadas.
- Fecha y **resultados analíticos** de los diferentes análisis del **agua** realizados por un laboratorio o empresa especializada en este tipo de análisis.
- Se elaborará **plano de la instalación** que contemple todos los componentes, y que estará siempre actualizado.

El Registro de Mantenimiento estará siempre a disposición de las autoridades sanitarias responsables de los servicios de inspección.

5.6.5 PRODUCTOS QUÍMICOS EN EL MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES

5.6.5.1 GENERALIDADES

Para conseguir un **buen mantenimiento** de la calidad físico-química del agua, y teniendo en cuenta las características de cada instalación y el agua a emplear, se podrán usar además de los procedimientos físicos recomendados, distintos productos químicos con capacidad biocida, antiincrustante, anticorrosiva o biodispersante, entre otras.

Todos ellos son productos químicos que **exigen previo a su uso un conocimiento detallado de su función, naturaleza y propiedades por:**

- ❑ Los **riesgos** que conlleva su manipulación. La disminución de dichos riesgos se consigue estableciendo procedimientos de trabajo seguros, como:
 - El uso de equipos de protección adecuados por los operarios
 - El aprendizaje de una correcta manipulación de los productos.
- ❑ **La incompatibilidad entre productos químicos puede originar accidentes no deseables y restar eficacia al tratamiento.**

Todos los **productos** que se usen en un tratamiento habrán de ser **compatibles** entre sí, para ello se tendrá en cuenta su composición y la forma y orden en el empleo.

5.6.5.2 BIOCIDAS

Los biocidas son **sustancias activas y preparados** que contienen una o más sustancias activas, destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo nocivo, por medios químicos o biológicos. Su regulación se recoge en la Directiva 98/8/CE, en fase de trasposición al derecho español.

Sustancia Activa: Sustancia o microorganismo, incluido un virus o un hongo, que ejerza una acción general o específica contra organismos nocivos

Preparados: Mezcla o disoluciones de dos o más sustancias.

Los biocidas utilizados en torres de refrigeración son de tipo químico y se emplean contra organismos nocivos: bacterias (activos frente a *Legionella*), algas y hongos cuya presencia es la causante de la formación de biopelículas (limo) y de suciedad (biofouling) a la vez que contribuyen a incrementar otros fenómenos no deseados como la corrosión.

Los desinfectantes para tratamiento de instalaciones son un tipo de biocidas

En relación con el método de empleo, los productos químicos suponen un método sistémico dado

que una vez incorporados al medio, se extienden por toda la instalación.

Hay muchos tipos de productos químicos que se utilizan como biocidas para torres y dispositivos análogos.

En general y atendiendo a su naturaleza química, se pueden clasificar como biocidas oxidantes, biocidas catiónicos y biocidas no iónicos o debilmente aniónicos.

Biocidas Oxidantes

Son aquellos cuya actividad se basa en su capacidad de oxidar la materia orgánica. Entre ellos se encuentran el cloro y sus derivados (hipocloritos alcalinos, ácidos cloroisocianúricos y sus sales), derivados de bromo o yodo, persulfatos alcalinos, peróxido de hidrógeno (puede ir acompañado de óxidos de plata) y el ozono.

Cloro y sus compuestos

Los compuestos clorados mencionados se caracterizan por su capacidad para mantener distintas concentraciones de cloro libre residual en el agua, los hipocloritos alcalinos/cloro liberándolo de forma rápida y el ácido tricloroisocianúrico y derivados, haciéndolo en forma más lenta.

Además de poderse usar en la desinfección de mantenimiento de instalaciones, estos productos clorados se recomiendan para realizar tratamientos de choque o revisiones preventivas de las instalaciones, de carácter periódico o antes de su puesta en funcionamiento.

El uso de derivados clorados para desinfección es económico en cuanto al coste del producto y rápido en sus efectos pero puede presentar los siguientes problemas:

- ❑ El cloro libre es volátil y su concentración en agua se reduce rápidamente con el tiempo. La temperatura favorece este proceso y ello implicaría en caso de usarse para mantenimiento, la necesidad de un sistema de dosificación y análisis de cloro en agua de torres muy continuo en el tiempo.
- ❑ La eficacia de la desinfección depende del pH del agua ya que la forma activa del cloro es a partir del ácido hipocloroso. Por encima de 7,8-8 su acción es muy reducida.
- ❑ La aplicación del cloro favorece mucho los procesos de corrosión de tuberías e instalaciones, que la temperatura aumenta.
- ❑ El uso de productos clorados necesita la adición de un biodispersante que elimine la biopelícula que se genere en el sistema, dado que ésta baja significativamente la efectividad del cloro.

Biocidas Catiónicos

Se emplean entre ellos sales de amonio cuaternario o derivados, sales de alquil fosfonio, aminas grasas, poliamidas, o mezclas de los anteriores, siendo las primeras las más utilizadas.

Son resistentes a medios alcalinos y altas temperaturas, siendo normalmente efectivos a dosis

muy bajas. Como ventaja, señalar que a veces las sales de amonio cuaternario resultan incompatibles con inhibidores de incrustación/corrosión por el tamaño del catión, que al tener proporciones semejantes al anión de estos otros productos tiende a precipitar, por lo que su uso conjunto no es recomendable en la mayoría de los casos.

Biocidas no iónicos o debilmente aniónicos

En este apartado se incluyen aldehídos orgánicos, productos fenólicos o clorofenólicos y productos no iónicos, estos últimos especialmente recomendables por su compatibilidad con inhibidores de incrustaciones/corrosiones muy aniónicos.

Es necesario recordar que los productos fenólicos o clorofenólicos han sido sustituidos en su mayor parte por otras opciones, dado los problemas que presenta un efluente con contenido fenólico en relación con la reglamentación de vertidos.

5.6.5.3 REGISTRO DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS BIOCIDAS

Todos los productos químicos biocidas utilizados en tratamientos continuos o discontinuos deben estar incluidos en el Registro Oficial de Plaguicidas (que podría pasar a denominarse Registro Oficial de Biocidas, cuando finalice la trasposición de la Directiva de Biocidas) de la Dirección General de Salud Pública del Ministerio de Sanidad y Consumo.

Los únicos productos químicos biocidas que están actualmente exentos de este requisito son:

- Las lejías (soluciones acuosas de hipocloritos alcalinos, de 35 a 100 g/l de cloro activo) que han de cumplir lo dispuesto en la Reglamentación Técnico-Sanitaria de Lejías.
- Los productos biocidas de carácter exclusivamente alguicida.

El Registro de los productos biocidas constituye la garantía de que previamente a su comercialización, éstos se han evaluado desde un punto de vista sanitario y se ha contrastado tanto su eficacia como la información que el responsable de su comercialización proporciona al usuario profesional sobre los riesgos derivados de su manipulación.

El listado de biocidas autorizados para su uso en torres de refrigeración se obtiene haciendo una consulta al Registro Oficial de Plaguicidas bien a través de las Unidades de Salud Ambiental de la administración sanitaria, en el caso de Andalucía, o bien directamente en la página web del Ministerio de Sanidad y Consumo: <http://www.msc.es>

Una vez en esta página web se entra en el Registro de forma consecutiva a través de las siguientes páginas:

Salud Pública → Sanidad Ambiental → Plaguicidas → Registro de Plaguicidas (fig. 5.17)

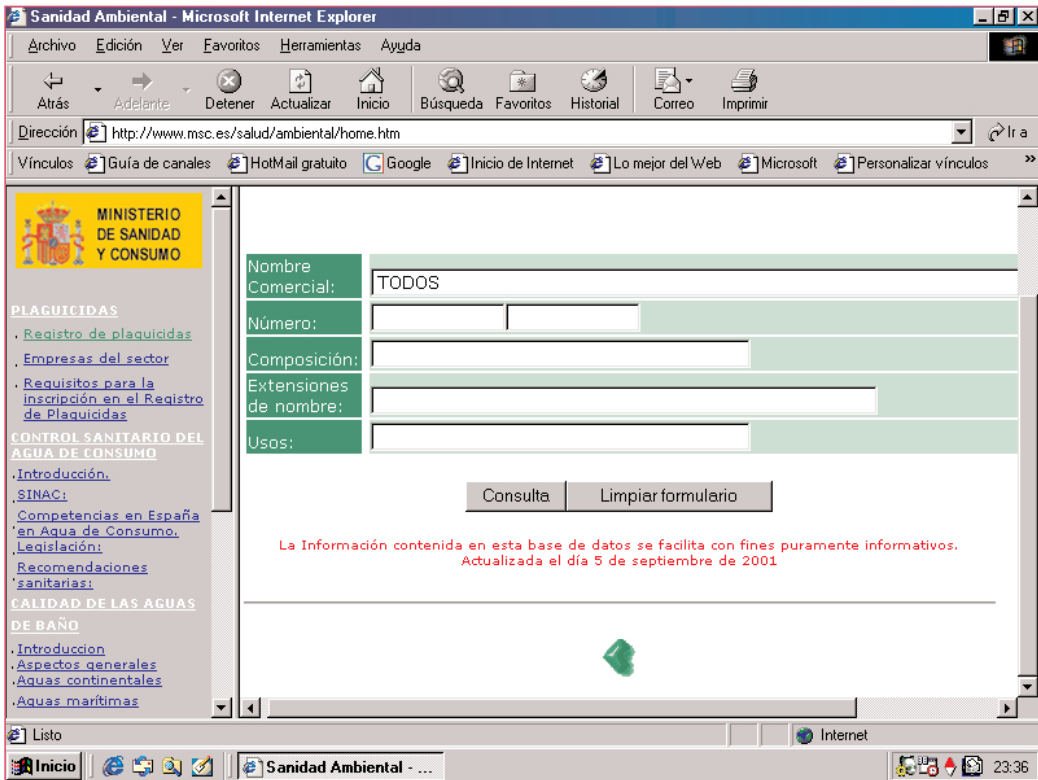


Figura 5.17: Página Web del Registro Oficial de plaguicidas de uso ambiental y en la industria alimentaria

- ❑ Los biocidas desinfectantes utilizados en torres y condensadores tienen todos un número de registro: xx-100-xxxxx

Por tanto, para obtener dicho listado, se pueden marcar en el campo “Número” los siguientes caracteres: “-100-” y hacer la consulta.

Si se desea un listado de sustancias activas (I.A.T) utilizadas en desinfección de torres de refrigeración, se puede marcar en el campo “Número” los caracteres: -00- y en el campo “Usos” algunos caracteres de la palabra “refrigerante”, por ejemplo: “refrig” y realizar la consulta.

- ❑ Otros biocidas que se podrían utilizar en tratamiento de torres o condensadores, además de desinfectantes y alguicidas, como son los fungicidas, tienen un número de registro: XX- 40 – XXXXX. En este caso, en el campo “Número” se marcan los caracteres “-40-”.

En el caso de querer comprobar si un producto biocida concreto está registrado, se puede buscar fácilmente por su nombre, en el listado que aparece haciendo clic en el campo “Nombre Comercial”.

Es importante comprobar que el producto desinfectante que se está utilizando esté registrado con su correspondiente nº de registro y que el registro no haya caducado. De otra forma, no se podrá utilizar en el tratamiento de torres de refrigeración ni de condensadores evaporativos.

El nº de Registro debe aparecer en la etiqueta del biocida. Sus dos primeros dígitos corresponden al año en que se inscribió el producto. La caducidad de este registro se produce, hasta ahora, a los cinco años.

No se debe confundir la caducidad del registro con la del producto que, en su caso, llevará indicado en la etiqueta el plazo límite para su comercialización.

5.6.5.4 REQUISITOS PARA EL TRATAMIENTO CON BIOCIDAS

Los biocidas para torres de refrigeración son plaguicidas de uso ambiental y como tales, productos químicos sujetos a control sanitario. Por sus particularidades de uso, composición, etc. se requiere reglamentariamente que las **personas** que los apliquen posean el **carnet de aplicador** de plaguicidas de uso ambiental/alimentario expedido por las Delegaciones Provinciales de la Consejería de Salud, una vez que el operario haya acreditado la correspondiente formación.

Además de lo anterior, el personal que efectúe las operaciones de tratamiento de instalaciones, deberá realizar los cursos que a tal efecto homologue el Ministerio de Sanidad y Consumo³⁴.

Las **empresas** que ofrezcan este servicio han de estar asimismo **registradas** en el correspondiente Registro Oficial de Establecimientos y Servicios Plaguicidas. En la Comunidad Autónoma de Andalucía, este registro se encuentra en las Delegaciones Provinciales de la Consejería de Agricultura.

5.6.5.5 OTROS PRODUCTOS QUIMICOS

En los circuitos de refrigeración semiabiertos, para prevenir efectos distintos a la contaminación microbiológica como la corrosión o las incrustaciones, se emplean diversos productos químicos, antes o simultáneamente a la aplicación del biocida.

Es muy importante que sean compatibles entre sí y con el o los biocidas utilizados.

Tratamiento antiincrustante

El tratamiento químico para este problema, ocasionado fundamentalmente por la deposición en las paredes de la instalación, de carbonatos cálcicos u otras sales que precipiten en el circuito,

consiste en la introducción de productos antiincrustantes que inhiben el depósito de precipitados cristalinos adheridos en las superficies, evitando la cohesión de los núcleos de cristalización o manteniendo en suspensión las sales insolubles.

Hay varias familias químicas que presentan estas propiedades, entre ellas:

- ❑ Ácidos minerales diluídos. Por ejemplo: ácido fosfórico (puede presentar problemas por ser fuente de fósforo asimilable para bacterias).
- ❑ Polifosfatos minerales (pueden presentar problemas por su falta de estabilidad térmica y por ser una fuente de fósforo asimilable para bacterias, actualmente su uso es decreciente).
- ❑ Productos organo fosforados o fosfonatos, que se comercializan como ácidos fosfónicos o ésteres, en general estables, sobre todo los ácidos, y que se emplean habitualmente junto a inhibidores de corrosión.
- ❑ Polímeros orgánicos como las poliacrilamidas o los poliacrilatos.

Tratamiento anti-corrosión

El tratamiento químico de la corrosión se realiza mediante la adición de productos que inhiben la destrucción de los metales por el medio, bien formando una delgada película protectora sobre el metal, bien induciendo la formación de una fina capa de óxidos metálicos que protege la superficie del metal o reaccionando con las sustancias agresivas que lleve el agua.

Para elegir el anticorrosivo adecuado, hay que tener en cuenta determinados parámetros del sistema como: tipo de antiincrustante, temperatura y salinidad del agua, entre otros.

Hay varias familias químicas que presentan estas propiedades, pudiendo clasificarse en base al tipo de reacción en la que intervienen como: anticorrosivos anódicos, catódicos o mixtos y a grandes rasgos, en base a su naturaleza química, como:

Anticorrosivos inorgánicos:

- ❑ Cromatos (sales de cromo hexavalente): Muy estables y enérgicos. Forman una película de óxido de hierro y cromo. Presentan graves problemas de vertidos por su alta toxicidad, por lo que no son recomendables en absoluto.
- ❑ Polifosfatos: pH de uso entre 6.5 y 7, dependientes de la temperatura. Forman una película de fosfato de hierro-calcio. Favorece el desarrollo de microorganismos por el aporte de fósforo asimilable.
- ❑ Silicatos: Son eficaces para acero, cobre y aluminio, a pH entre 7.5 y 10. Forman una película de silicatos sobre el metal. No son contaminantes.
- ❑ Otros productos inorgánicos: Molibdatos, boratos, sales de zinc. Estas últimas bajan su eficacia a pH superior a 8.0 por su solubilidad, son buenas para el acero pero es necesario contemplar el problema de su presencia en aguas residuales.

Anticorrosivos orgánicos

Son productos pertenecientes a diversas familias como azoles, aminas, ácido benzoico, compuestos heterocíclicos, que forman una película protectora adsorbida en la superficie metálica. Son especialmente utilizados para aleaciones muy específicas como cobre o aluminio.

Tratamiento Biodispersante

Los circuitos de sistemas semiabiertos acumulan lodos o suciedad de origen orgánico, como grasas o polvo, y suciedad de origen biológico que se adhiere a las superficies formando biocapas de microorganismos o “biopelícula”, que puede disminuir la acción del cloro y restar eficacia a los procesos de desinfección.

En los circuitos semiabiertos, la mejor solución contra lodos y fangos es la eliminación física de sólidos mediante filtración derivada en circuito cerrado y la instalación de una purga automática. Los biodispersantes, productos químicos que impiden la formación de la biopelícula, pueden ser un buen complemento de la filtración en este tipo de circuitos.

Los biodispersantes pueden ser mezclas de tensioactivos, aniónicos o no iónicos.

Los criterios para seleccionar los productos químicos a emplear en el mantenimiento de torres de refrigeración y condensadores evaporativos han de tener en cuenta, además de la relación coste-eficacia:

- Compatibilidad entre ellos
- Baja peligrosidad de los productos
- Baja carga contaminante de las aguas residuales a generar

5.6.5.6 SISTEMAS DE INFORMACION DE RIESGOS A LOS USUARIOS PROFESIONALES

Antes de adquirir y usar productos químicos para torres de refrigeración o condensadores evaporativos y en general, para cualquier aplicación, se debe solicitar al proveedor la ficha técnica del producto y la ficha de datos de seguridad (FDS), ambas **en español**.

La Ficha Técnica: Es un documento que se destina al usuario profesional, en el que el fabricante o responsable de la comercialización aporta información relativa a la composición del producto, características físico-químicas, **dosificación, recomendaciones de uso**, entre otras.

La Ficha de Datos de Seguridad: Es un documento mucho más completo que el anterior, exigido por la normativa de productos químicos peligrosos^(39,40), imprescindible en cuanto al tipo de información que suministra, para manipular correctamente el producto en cuestión.

La información se ordena en dieciséis epígrafes, enumerados a continuación:

1. Identificación del preparado y del responsable de su comercialización
2. **Composición/Información sobre los componentes**
3. **Identificación de los peligros**
4. **Primeros auxilios**
5. Medidas de lucha contra incendios
6. **Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental**
7. **Manipulación y Almacenamiento**
8. **Controles de exposición/protección individual**
9. Propiedades físicas y químicas
10. **Estabilidad y reactividad**
11. **Información toxicológica**
12. Información ecológica
13. **Consideraciones relativas a la eliminación**
14. Información relativa al transporte
15. Información reglamentaria
16. Otras informaciones

Esta Ficha de Datos de Seguridad se deberá proporcionar de forma gratuita al usuario profesional, al realizar el proveedor la primera entrega del producto o antes (de forma que el usuario pueda valorar la peligrosidad de los productos ofertados y elegir aquellos que sean menos peligrosos y más seguros). La FDS tiene que ir fechada. Siempre que se produzcan nuevos avances en los datos relativos a la protección de la salud y del medio, el proveedor debe entregar de forma gratuita a todos sus clientes revisiones actualizadas de la Ficha de Datos de Seguridad.

Además de todo lo anterior es necesario recordar que **la etiqueta** de los productos químicos es el **sistema más inmediato de información sobre su peligrosidad** (Pictogramas de peligro y frases R de riesgo) y sobre los consejos de prudencia (Frases S) para poder prevenir los riesgos derivados de su manejo.

Tanto la etiqueta como las Fichas de Datos de Seguridad de los productos químicos deben ajustarse a la normativa vigente sobre Sustancias y Preparados Peligrosos y en su caso, a la normativa sobre Biocidas.

5.6.6. PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

Con el fin de prevenir los accidentes de trabajo y los riesgos para la salud de los operarios de las instalaciones y del personal de mantenimiento, limpieza y desinfección, especialmente los riesgos derivados de la inhalación de aerosoles con *Legionella* y de la exposición a productos químicos y agentes físicos utilizados en el tratamiento de las instalaciones y del agua de las mismas, se tomarán las siguientes precauciones.

a) Planificación de tareas

Se planificarán y diseñarán las tareas de revisión, mantenimiento, limpieza y desinfección de forma que los riesgos para los trabajadores sean mínimos, siendo recomendable elaborar procedimientos de trabajo escritos.

Aquellas tareas en las cuales el riesgo pueda ser importante, como, por ejemplo, las que se realicen en espacios confinados, o las que impliquen la utilización de agentes químicos o la exposición a agentes físicos, no deben realizarse nunca en solitario. Aunque sean llevadas a cabo por un solo trabajador, siempre habrá en las inmediaciones otra persona con los equipos de protección individual (EPI) y medios apropiados para que, en caso de producirse un accidente o una exposición excesiva, pueda socorrer al afectado sin que ella misma se exponga al riesgo.

b) Información

Se informará a los trabajadores sobre los riesgos a los que pueden verse expuestos y sobre los medios y medidas preventivas establecidos y se les adiestrará en la ejecución segura de sus tareas y la observancia de las medidas de prevención.

c) Almacenamiento de productos

Los productos químicos deberán almacenarse en un local específico destinado a ellos y deberán existir normas escritas sobre su almacenamiento y manipulación, redactadas de acuerdo a las Fichas de Datos de Seguridad suministradas por los fabricantes.

d) Equipos de protección individual

Se suministrará a los trabajadores equipos de protección individual acordes al riesgo al que puedan estar expuestos en la realización de sus tareas, que no supongan un riesgo o esfuerzo añadido o sean penosos de llevar. Los trabajadores deberán ser adiestrados en su uso, limpieza, descontaminación, mantenimiento y conservación adecuados, siendo recomendable que existan procedimientos escritos para ello.

De acuerdo a la tarea que se realice y a los riesgos derivados de la exposición a agentes químicos y biológicos, se recomienda la utilización de los equipos de protección individual que se señalan en **la tabla 5.6.**

Tabla 5.6: Equipos de Protección Individual (EPI) recomendados para diferentes tareas

TAREA	RIESGO	EPI	
		Protección respiratoria	Ropa de protección
Revisión	Aerosol	Mascarilla autofiltrante contra partículas	No es necesaria
Limpieza y tratamiento químico en espacio bien ventilado	Aerosol y concentración baja de cloro u otros agentes químicos	Mascarilla con filtro contra partículas, gases y vapores	Traje completo resistente a agentes químicos, con protección de la cabeza, guantes, botas y gafas
Limpieza y tratamiento químico en espacio ventilado, sin movimiento de aire	Aerosol y concentración no muy alta de cloro u otros agentes químicos	Mascarilla completa con filtro contra partículas, gases y vapores	Traje completo resistente a agentes químicos, con protección de la cabeza, guantes, botas y gafas
Limpieza y tratamiento químico en espacio confinado	Aerosol y concentración alta de cloro u otros agentes químicos; posible falta de oxígeno	Equipo de protección respiratoria aislante autónomo, con adaptador facial tipo máscara completa	Traje completo resistente a agentes químicos, con protección de la cabeza, guantes, botas y gafas

Desde la perspectiva de la salud laboral, se debe tener en cuenta la existencia de la siguiente normativa:

- ❑ Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- ❑ R.D. 39/1.997 de 27 de Enero , por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- ❑ R.D. 664/1997 de 12 de Mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a **agentes biológicos** durante el trabajo.

Este Real Decreto a tener en cuenta especialmente en casos de trabajo en aparatos contaminados por *Legionella*.

- ❑ R.D. 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, entre otras.
- ❑ R.D. 374/2001, de 6 de Abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los **agentes químicos** durante el trabajo.

5.7 OTROS APARATOS Y DISPOSITIVOS

DISEÑO, MONTAJE Y MANTENIMIENTO

5.7.1 APARATOS DE ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO Y HUMIDIFICACION

Estos aparatos deberán revisarse, limpiarse a fondo, eliminando sedimentos y productos de la corrosión, y desinfectarse con la **frecuencia** que se indica:

Tabla 5.7: Frecuencia mínima de actuaciones de mantenimiento y desinfección

	Revisión	Limpieza	Desinfección
Separador de gotas	Anual	Semestral	Semestral
Relleno	Semestral	Semestral	Semestral
Bandeja	Mensual	Mensual	Mensual

1. Las condiciones del agua se mantendrán bajo **control de forma continua y automática**, mediante los aparatos de tratamiento químico y/o físico. La purga de agua sucia y la reposición de agua limpia serán automáticas.
2. La limpieza y desinfección de estos aparatos se realizará cuando no haya ocupantes en el edificio. Para la desinfección de los aparatos se seguirá las indicaciones del apartado 5.6.2.
3. En el caso de aparatos que **pulverizan agua** a partir de un depósito o usan agua recirculada no se permitirá que el agua esté más de un día en el depósito o en el aparato.
4. Se controlará del estado del **separador de gotas**, cuando exista, con la periodicidad detallada.
5. Cuando el aparato no esté en uso durante un cierto periodo de tiempo, la **bandeja** deberá quedar sin agua.

En el apartado 5.6.3. se describe el procedimiento de **mantenimiento y desinfección preventiva** a aplicar en estas instalaciones cuando se emplean reactivos clorados.

5.7.2 CONDUCTOS DE AIRE ACONDICIONADO

En los conductos, en los cuales pueda acumularse suciedad en zonas donde la velocidad del aire sea baja o existan turbulencias y se introduzca agua debido a la existencia de fugas en equipos o bombas o bien se produzcan condensaciones, hay riesgo de crecimiento de microorganismos, en particular la *Legionella*.

Las **medidas de prevención** que se proponen para reducir estos riesgos son las siguientes:

1. Se instalarán secciones de **filtración**, de eficacia adecuada al uso del edificio, para todo el aire en circulación, teniendo presente la gran importancia de la contaminación por partículas en el interior de los edificios.
2. Se impedirá la formación de **condensaciones** en el interior de los conductos mediante aplicación de aislamiento térmico, de espesor adecuado para las condiciones extremas de diseño.
3. Se utilizarán, preferentemente, conductos con superficie de **baja rugosidad**, fabricados con materiales resistentes a la corrosión y a la acción mecánica de la limpieza.
4. En general, las **secciones transversales** circulares, ovaladas o rectangulares con esquinas redondeadas son preferibles a las rectangulares, porque se facilitan las operaciones de limpieza.
5. Se prestará atención al diseño y montaje de las redes para reducir, en lo posible, las **turbulencias** en los cambios de dirección o sección, derivaciones, etc.
6. Las redes de conductos deberán disponer de **registros de inspección y trampillas** de acceso para su limpieza, de acuerdo a las indicaciones de la norma UNE-ENV 12097. En general el sistema de distribución de aire debe proyectarse, fabricarse e instalarse de forma que permita la limpieza de todas las superficies interiores y de todos los componentes. Las trampillas de acceso a los conductos deben ser perfectamente accesibles y se instalarán cada 10 metros como máximo en sus tramos rectos horizontales.
7. Todos los elementos instalados en las redes de conductos serán **desmontables** y dispondrán de registros de inspección.
8. Las redes de conductos de impulsión, retorno y tomas de aire exterior, deben de **inspeccionarse una vez al año** y se debe proceder a la limpieza de aquellos tramos que presenten suciedad, según recomienda la Norma UNE-100.030:2001.

5.7.3 UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE

Todas las **superficies** en contacto con el aire a tratar deberán **limpiarse** con frecuencia **anual**.

Las **bandejas de recogida de agua condensada** de las baterías de refrigeración estarán dotadas de fondos con fuerte pendiente (de más del 1 %) y de tubos de desagüe dotados de sifón de 5 cm

de cierre hidráulico, por lo menos, y conexión abierta a la red de saneamiento, tomándose las medidas necesarias para evitar que el sifón quede seco.

Las **bandejas** y las **baterías** se **limpiarán** con **frecuencia semestral**.

Los locales ocupados por unidades de tratamiento de aire se mantendrán limpios, no permitiéndose almacenamiento alguno en su interior.

5.7.4 UNIDADES TERMINALES CON BATERIA (INDUCTORES, FAN-COILS Y CONSOLAS)

Todas las superficies de las unidades terminales dotadas de **batería de enfriamiento** (inductores y fan-coils), así como las unidades autónomas, compactas o partidas, se **limpiarán con frecuencia semestral**, según recomienda la Norma UNE-100.030: 2001.

Las **bandejas de recogida de agua condensada** de las baterías de refrigeración estarán dotadas de fondos con fuerte pendiente (de más del 1 %) y de tubos de desagüe dotados de sifón de 5 cm de cierre hidráulico, por lo menos, y conexión abierta a la red de saneamiento, evitándose que el sifón quede seco.

Para evitar acumulación de suciedad en estas unidades terminales de difícil limpieza, se desprende la conveniencia de disponer siempre que sea posible, de instalaciones **tipo todo-aire**, con unidades de tratamiento de aire zonificadas, según condiciones térmicas e higiénico-sanitarias conforme al carácter asistencial de los locales.

5.7.5 UNIDADES TERMINALES SIN BATERIAS

Las superficies interiores de estas unidades terminales se **limpiarán semestralmente**, según recomienda la Norma UNE-100.030: 2001.

5.7.6 PISCINAS DE AGUA TEMPLADA

Las piscinas denominadas terapéuticas presentan un cierto riesgo debido a su temperatura, que suele estar entre 32°C y 40°C, a la recirculación del agua y al elevado aumento de la interfase entre el agua y el aire como consecuencia de la inyección de potentes chorros de agua y aire. Deben ser mantenidas con **desinfección constante**, utilizando productos autorizados.

En caso de emplear cloro, deberá proveerse de un sistema de **cloración** capaz de mantener una concentración de cloro residual libre máximo de 1,5 ppm (alternativamente, recomendado bromo residual libre entre 3 y 5 ppm) a lo largo de todo el día.

El cloro podrá sustituirse por otros productos desinfectantes debidamente autorizados para este fin.

5.7.7 APARATOS DE TRATAMIENTOS QUIMICOS DE AGUA (ABLANDADORES, DESMINERALIZADORES , ETC.)

Estos aparatos deben ser vaciados y limpiados con **frecuencia anual**.

5.7.8 FUENTES ORNAMENTALES

Dispondrán de sistema de cloración automática.

Se realizará una limpieza y desinfección exhaustiva de todo el sistema involucrado en la fuente (depósitos, filtros, difusores y cualquier otro accesorio utilizado) al menos **anualmente**.

5.8 ZONIFICACION DE RIESGOS :

PUNTOS CRITICOS

Entre otros puntos posibles, y a la vista del esquema de la **fig. 5.20** podemos destacar en una instalación, con carácter general y en relación a lo expuesto, entre otros, como **puntos críticos de riesgo** los que a continuación destacamos.

1. Aljibes de almacenamiento de agua
2. Depósitos acumuladores de agua caliente sanitaria (ACS)
3. Red de retorno de circuitos de distribución de ACS
4. Grifos y alcachofas del circuito de agua
5. Tramo ciego de tubería de agua
6. Torres de refrigeración
7. Circuito de condensación de la Planta Enfriadora de Agua
8. Bandejas de recogida de condensados de la batería (intercambiador) de frío de unidad climatizadora.
9. Conductos de aire acondicionado
10. Fan-coils o inductores (bandeja de condensados)

Como solución alternativa (ya mencionada en el apartado introductorio de este trabajo), que elimina el riesgo de proliferación de *Legionella* en torres de refrigeración, pueden proyectarse instalaciones de climatización con **plantas frigoríficas condensadas por aire**. En la **fig.5.18** se representa esquemáticamente este sistema, que comparado con los esquemas de las **figs.5.12 y 5.20** se observa que queda eliminada la torre de refrigeración (punto 6) y el circuito de condensación (punto 7). Mediante este sistema el **calor se transfiere directamente al exterior desde la planta enfriadora de agua** al espacio circundante. El estado del arte de la tecnología permite actualmente la disposición de máquinas frigoríficas de gran potencia con condensación por aire.

En la **fig.5.19** se incluye a título orientativo la fotografía de una **máquina enfriadora de agua de condensación por aire** (con refrigerante HFC-134a), en la que puede observarse, el evaporador, compresores y condensador, a través del cual mediante ventiladores se hace pasar el aire directamente al exterior, ya sin torre de refrigeración.

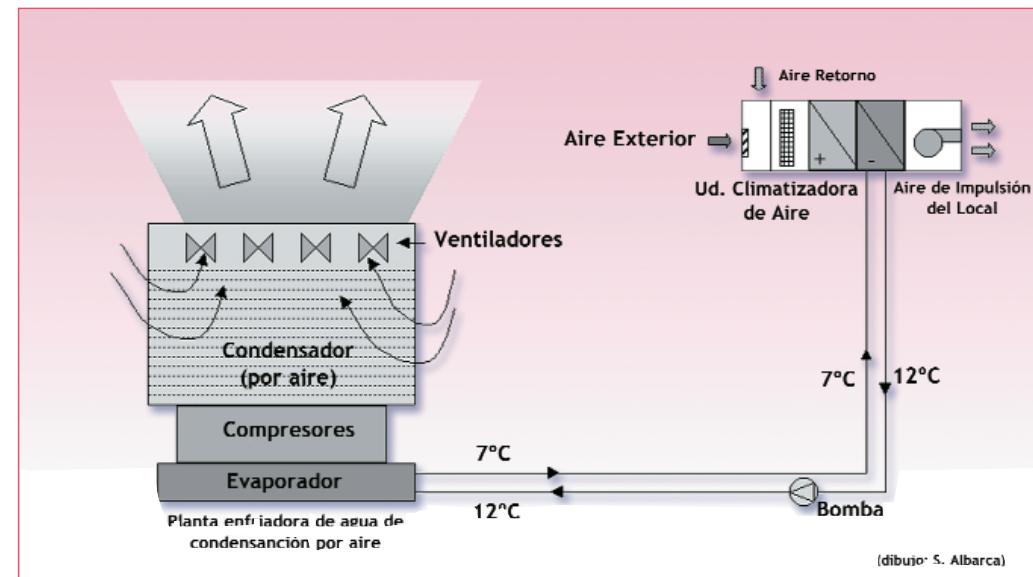


Figura 5.18: Esquema Instalación de climatización con condensación por aire

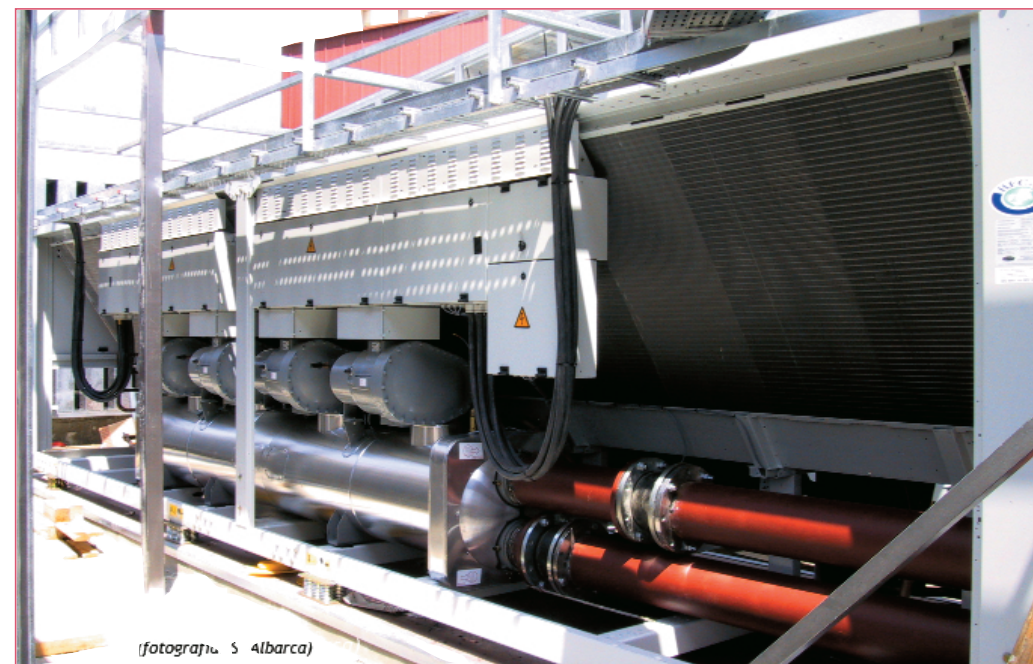


Figura 5.19: Máquina enfriadora de agua de condensación por aire de 1.000.000 frigorías /hora, montada en el hospital del SAS de Jerez de la Frontera (Cádiz). Abril de 2001. Potencia total de Central Frigorífica: 5.000.000 frigorías/hora (5 máquinas).

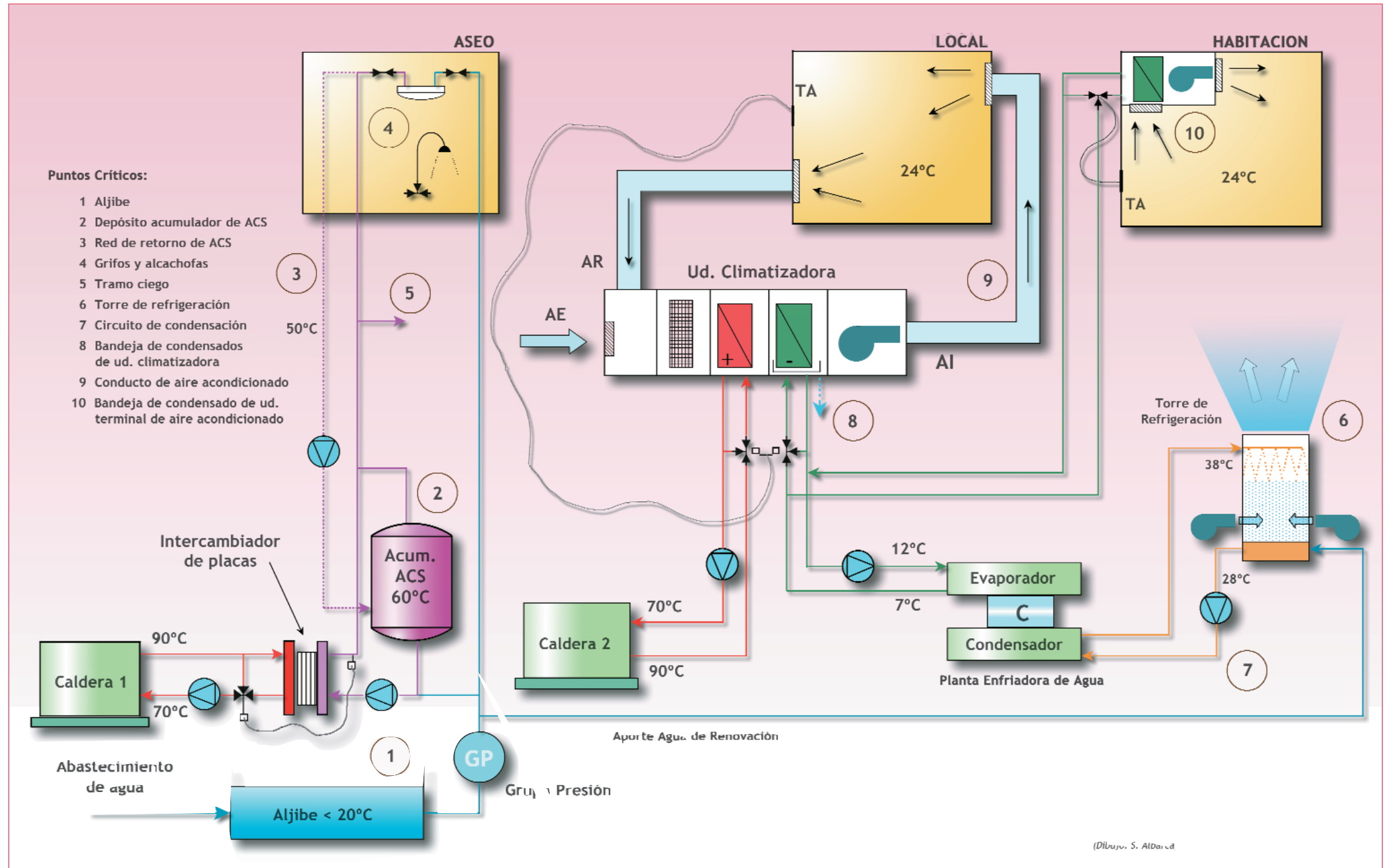


Figura 5.20: Zonificación de riesgos: Puntos críticos

ANEXO 5.1

Tratamiento de las instalaciones de agua sanitaria en caso de brote de legionelosis.

En primer lugar se deberá realizar un **tratamiento de choque** de toda la red, incluyendo el sistema de distribución de agua caliente sanitaria, con objeto de llevar a cabo una desinfección lo más rigurosa posible, que deberá ir seguido de un tratamiento posterior mantenido de forma continuada. Mientras duren estos tratamientos se deberá **avisar a los usuarios** que no deben beber agua sometida a tratamiento y sobre la posibilidad de quemaduras u otro tipo de accidentes, tomándose las oportunas medidas.

1. Tratamiento de choque

Consta de las siguientes actuaciones:

- Limpieza y desinfección de todos los depósitos e intercambiadores según se ha descrito en el protocolo de mantenimiento.

Desinfección con cloro

- Desinfección de toda la red, incluyendo el sistema de distribución de agua caliente sanitaria, con una cloración de **15 ppm** de cloro (manteniendo el agua a una temperatura inferior a 30° C y pH de 7 a 8), durante **24 horas**; alternativamente se podrán utilizar cantidades de **20 o 30 ppm** de cloro residual libre durante **3 o 2 horas** respectivamente.
- Neutralizar, vaciar, limpiar a fondo los depósitos, reparar las partes dañadas y llenar con agua limpia. (Para neutralizar el cloro véase **Anexo 5.2**).
- Volver a clorar con **4-5 ppm** de cloro residual libre y mantener durante **12 horas**. Esta cloración deberá hacerse secuencialmente, es decir, distribuyendo el desinfectante de manera ordenada desde el principio hasta el final de la red. Es preciso confirmar la distribución del cloro en toda la red.
- Neutralizar, vaciar y volver a llenar con agua limpia.
- Los elementos susceptibles de ser desmontados, se limpiarán a fondo con un cepillo duro y se sumergirán en una solución que contenga **20 ppm** de cloro residual libre, durante **30 minutos**, aclarando posteriormente con agua fría. Los elementos difíciles de desmontar o sumergir se cubrirán con un paño limpio impregnado en la referida solución durante el mismo tiempo.
- Es necesario renovar todos aquellos elementos de la red en los que se observe alguna anomalía, en especial aquellos que estén afectados por corrosión o incrustación.

Desinfección térmica

- ❑ Elevación de la temperatura del agua caliente a **70°C o más** en los acumuladores, dejando correr el agua por todos los puntos terminales de la red un mínimo de **30 minutos** y comprobando su temperatura que no deberá ser inferior a **60° C**. Mantener durante **12 horas**.

2. Tratamiento continuado

Se recomienda un tratamiento continuado durante un periodo de tres meses desde la aparición del último caso. Constará:

- ❑ Sistema de agua fría: Mantener **1-2 ppm** de cloro residual libre de forma constante en los finales de red, comprobando el nivel de cloro.
- ❑ Sistema de agua caliente: Mantener la temperatura entre **55°C y 60°C** en todos los finales de red, comprobando la temperatura.

Todas estas actividades se realizarán por **personal especializado**, suficientemente preparado, con todas las medidas de seguridad necesarias, avisando a los usuarios para evitar posibles accidentes, quedando reflejadas en el Libro Registro de Mantenimiento.

Posteriormente se continuará con las medidas de tratamiento habituales

ANEXO 5.2

Tratamiento de las torres de refrigeración y dispositivos análogos en caso de brote de legionelosis

Para la realización de las tareas que se detallan a continuación, es necesario tomar las siguientes precauciones previas:

- ❑ Se deberán **desconectar los ventiladores durante la recirculación del agua** en todos los casos y, si es posible, se cerrarán las aberturas de la torre para evitar salida de aerosoles.
- ❑ Los operarios observarán las **medidas de seguridad adecuadas**, como utilización de mascarillas protectoras, prendas impermeables y protecciones adecuadas al riesgo biológico y químico.

El **tratamiento** consistente básicamente en la limpieza, desinfección y reparaciones que procedan, en caso de emplear compuestos clorados, se realizará de la forma siguiente:

- ❑ **Precloración** del agua del sistema, hasta conseguir al menos **20 ppm** de cloro libre residual y añadir biodispersantes y anticorrosivos compatibles, en cantidad adecuada, manteniendo los ventiladores desconectados y cuando sea posible, las aberturas cerradas para evitar la salida de aerosoles.
- ❑ **Recircular** el agua a través del sistema durante **3 horas**, midiendo el nivel de cloro residual libre al menos cada hora, reponiendo la cantidad perdida.
 - Los **ventiladores** se deberán desconectar durante la circulación del agua y, si es posible, se cerrarán las aberturas de la torre para evitar salidas de aerosoles.
 - Los **operarios** llevarán las **medidas de seguridad adecuadas**, como mascarillas protectoras, prendas impermeables y protecciones adecuadas al riesgo biológico y químico.
- ❑ Pasadas las 3 horas, **neutralizar el cloro** mediante la adición de tiosulfato sódico en cantidad suficiente y se procederá a su recirculación de igual forma que en el punto anterior. La cantidad de **tiosulfato a añadir**, expresada en kg, se calcula multiplicando **0,005 x m³ de agua a neutralizar x número de ppm de cloro** que tiene en ese momento el agua a neutralizar.
- ❑ **Vaciar** el sistema y aclarar con agua a presión.
- ❑ Realizar las operaciones de **mantenimiento mecánico** del equipo y reparar las averías detectadas, **desmontando** los componentes de la torre que lo requieran.
- ❑ **Limpiar las superficies** del equipo a fondo con detergentes y agua a presión y aclarar, teniendo en cuenta que durante la limpieza de las paredes de la torre, deben tomarse las precauciones adecuadas ante métodos de limpieza que puedan generar aerosoles, a los

que puedan quedar expuestos los trabajadores, u otras personas del edificio o edificios colindantes; presentando menos riesgo raspar la suciedad de las paredes o limpiarlas manualmente con productos adecuados. Se deben eliminar también las incrustaciones calcáreas y se repararán o sustituirán los componentes dañados. Se aclarará bien con agua hasta que el agua de drenaje aparezca limpia.

- ❑ Se llenará con agua a la que se adicionará el reactivo **clorado** hasta lograr una concentración de cloro libre residual de **20 ppm**, añadiendo anticorrosivos compatibles y en cantidades adecuadas. Con los ventiladores parados se pondrá en funcionamiento el sistema de recirculación durante **2 horas**, controlándose cada 30 minutos los niveles de cloro y reponiendo la cantidad perdida.
- ❑ Pasadas 2 horas **neutralizar el cloro nuevamente**, de modo análogo a como se hizo anteriormente.
- ❑ **Vaciar** el sistema y limpiar a fondo, aclarando con agua.
- ❑ Por último, llenar de agua y añadir el desinfectante de mantenimiento. Cuando este desinfectante sea cloro, se mantendrán unos niveles de cloro residual libre de **2 ppm**, mediante un **dispositivo en continuo**, añadiendo anticorrosivo compatible con el cloro en cantidad adecuada.
- ❑ Las **piezas desmontadas** serán limpiadas y desinfectadas de la forma siguiente:
 - La desinfección se hará por inmersión en agua clorada a **20 ppm** al menos durante 20 minutos, aclarando posteriormente con abundante agua fría.
 - Las piezas no desmontables se limpiarán y desinfectarán pulverizándolas con agua clorada a **20 ppm** al menos durante **20 minutos**.
 - Los puntos de difícil acceso se limpiarán y desinfectarán pulverizándolos con agua clorada a **20 ppm** al menos durante **20 minutos**.
- ❑ En caso de equipos, que por sus **dimensiones o diseño**, no admitan la pulverización, la limpieza y desinfección se realizará mediante **nebulización eléctrica**, utilizando un desinfectante adecuado para este fin (la nebulización eléctrica no se puede realizar con cloro). Mientras se realizan las operaciones referidas, se tapanán con material impermeable las aberturas del equipo para evitar la salida de aerosoles.
- ❑ Posteriormente se continuarán con las medidas de mantenimiento habituales.

Todas estas actividades se realizarán por **personal autorizado** y suficientemente formado, con todas las medidas de seguridad necesarias, avisando a los usuarios para evitar posibles accidentes. Estas actividades se reflejarán en el **Registro de Mantenimiento**.

Los desinfectantes a usar serán aquellos que registre el Ministerio de Sanidad y Consumo en virtud de la legislación vigente.

ANEXO 5.3

Distancia entre torres y condensadores evaporativos, y tomas de aire acondicionado, ventanas y puertas

[Anexo tomado de la "Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de la Legionella en instalaciones", UNE 100.030:2001 (AENOR)].

El funcionamiento de las instalaciones de climatización produce la emisión al ambiente exterior de una gran variedad de sustancias contaminantes. Es evidente la necesidad de evitar que estos efluentes entren en el edificio que los ocasiona o en otros edificios cercanos.

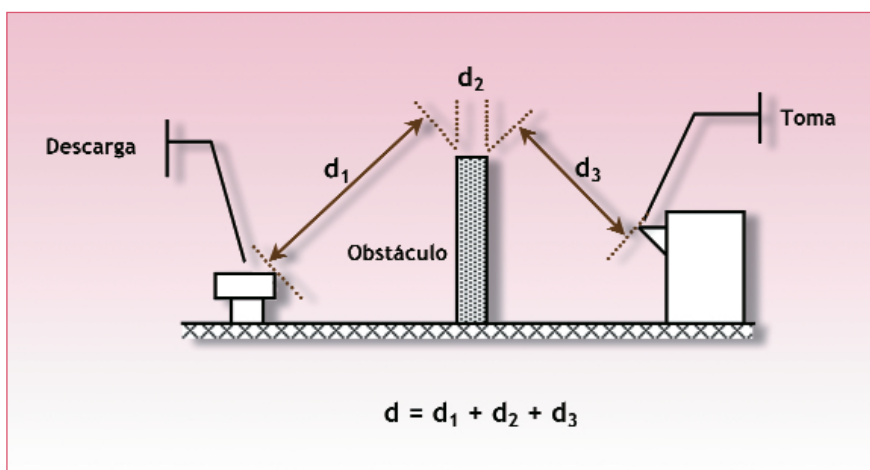


Figura 1: Determinación de la distancia entre la descarga y la toma de aire

La norma ASHRAE 62-1989R (apartado 5.4) clasifica los diferentes efluentes gaseosos de los edificios en cinco clases.

En adelante se tratará solamente de los efluentes de la clase 5, entre los que se cuentan las descargas de las torres de refrigeración y condensadores evaporativos.

La situación de las bocas de descarga (en adelante "descargas") de efluentes contaminantes con respecto a tomas de aire exterior o ventanas y puertas (en adelante "tomas") viene definida por la suma de las distancias indicadas en la **figura 1**.

La distancia total se calcula partiendo de los puntos más cercanos a la descarga y la toma.

Si la descarga de un efluente está por debajo de la toma, en el cálculo de la distancia no se tendrá en cuenta la separación vertical.

La distancia mínima de separación se calcula con esta ecuación:

$$d = 0,04 \times \sqrt{C} \times \left[\sqrt{50} \pm \frac{V}{2} \right]$$

en la que:

d	Distancia mínima de separación	m
C	Caudal de expulsión	l/s
V	Velocidad de descarga del efluente	m/s

Nota: cuando resulte $d < 0$ se tomará $d = 0$.

La ecuación es válida entre los límites de 75 y 1.500 l/s; para valores menores o mayores de los límites indicados, se tomará la distancia que corresponda al caudal límite inferior y superior respectivamente.

El signo que precede el término de la velocidad de descarga del efluente se tomará, según se indica en la **figura 2**:

- Positivo, si la dirección de la descarga del aire es hacia la toma, en un ángulo de 75°
- Negativo, si la dirección de la descarga del aire es en sentido contrario a la toma, en un ángulo de 105°

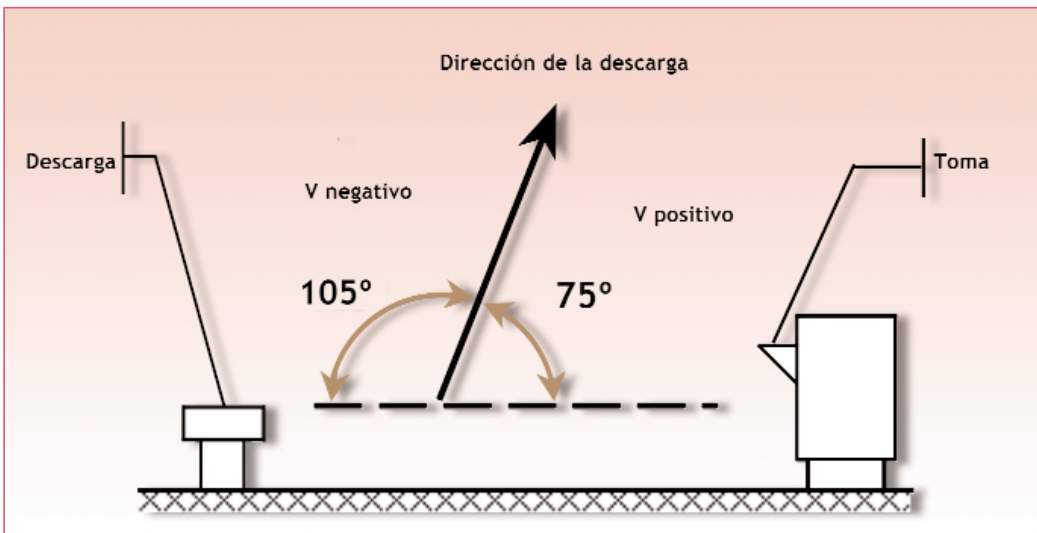


Figura 2: Asignación de signo a la velocidad de descarga

Según el tipo de toma de aire, las distancias mínimas a aplicar son las indicadas en la siguiente tabla (donde **d** es la distancia calculada con la ecuación indicada anteriormente):

Tipo de toma de aire	Efluente de Clase 5
Toma de aire exterior	d
Ventana o puerta	d
Línea de separación de propiedad	5 m

La siguiente figura representa gráficamente la distancia **d** en función del caudal con velocidades de descarga entre -5 m/s y +10 m/s.

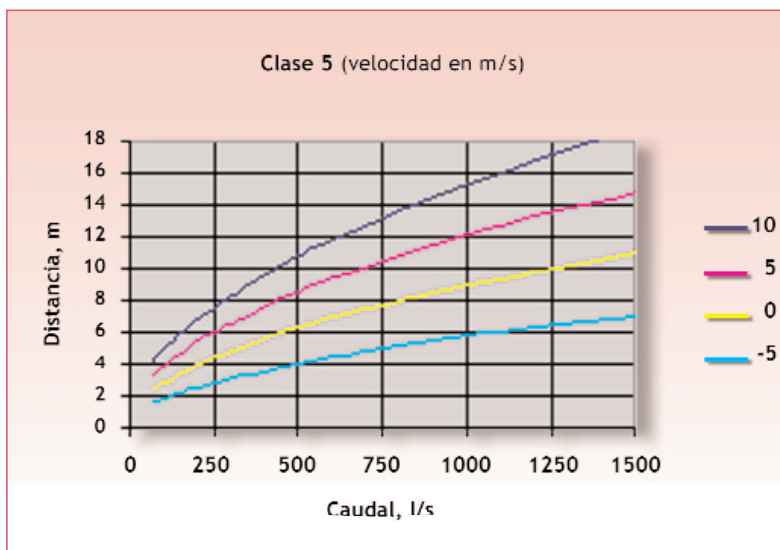


Figura 3: Determinación de la distancia en función del caudal del efluente al variar la velocidad de descarga

ANEXO 5.4

ANOTACIONES MINIMAS PARA EL LIBRO DE MANTENIMIENTO DE LA RED DE AGUA SANITARIA (AGUA CALIENTE SANITARIA Y AGUA FRIA)

1. DATOS GENERALES DEL ESTABLECIMIENTO

Tipo y nombre del establecimiento _____

Dirección. Calle/Avda _____ Municipio _____ Tfno. _____

Representante Legal _____

Identificación de la Instalación _____

Técnico Responsable del Servicio de Mantenimiento _____

Médico Responsable del Servicio de Medicina Preventiva _____

Plano/Esquema de la Instalación actualizado en fecha de _____ de _____ de 20__

Empresa Responsable del Mantenimiento (si procede) _____

Representante Legal _____

Dirección. Calle/Avda. _____ Municipio _____ Tfno. _____

Nº en el Registro Oficial de Establecimientos y Servicios Plaguicidas _____ Provincia/Comunidad Autónoma _____

DILIGENCIA

D. _____ como representante legal del Establecimiento hace constar que el presente Libro de Registro de

Mantenimiento se compone de _____ hojas selladas y numeradas.

En _____ a _____ de _____ de 20 _____ Fdo _____

2. DATOS DE LA INSTALACION

Procedencia del agua:.....red pública captación propia cubas Dispone de clorador automático: sí no

Red de distribución:única doble Número de depósitos o aljibes : _____ capacidad total _____

Número de depósitos acumuladores de agua caliente _____ Existe riego de zonas verdes por aspersion sí no Existen fuentes ornamentales sí no

3. LIMPIEZA Y DESINFECCION

Realizada por: Propia empresa Empresa contratadaNombre de la Empresa _____

DEPOSITOS DE AGUA FRIA

Fecha de la última limpieza y desinfección: __/ __/ __ Productos utilizados _____ Ficha de Datos de Seguridad sí no

Observaciones: _____

Responsable del Tratamiento _____

DEPOSITOS ACUMULADORES DE AGUA CALIENTE E INTERCAMBIADORES DE CALOR

Fecha de la última limpieza y desinfección: __/ __/ __ Productos utilizados _____ Ficha de Datos de Seguridad sí no

Observaciones: _____

Responsable del Tratamiento _____

CABEZAS PULVERIZADORAS DE AGUA Y OTROS ELEMENTOS

Fecha de limpieza/ desinfección	Elemento/Ubicación	Responsable del Tratamiento

4. MANTENIMIENTO / REVISION / VERIFICACION / REPARACION DE ELEMENTOS

Fecha	Elemento/Ubicación	Operación	Por el Servicio de Mantenimiento (Firma)

5. DETERMINACIONES FISICO-QUIMICAS Control diario de la cloración, temperatura y pH en la red de agua fría

Producto utilizado para la cloración _____ Ficha de Datos de Seguridad sí no

Fecha	Ubicación del punto de muestreo	Cloro Residual Libre (mg/l)	T °C	pH	Otros parámetros (especificar) Valor/unidades	Por el Servicio de Medicina Preventiva(Firma)

Control diario de la temperatura en la red de agua caliente

Fecha	Ubicación del punto de muestreo	T °C	Por el Servicio de Mantenimiento (Firma)

6. OTRAS ANOTACIONES _____

ANEXO 5.5

ANOTACIONES MINIMAS PARA EL LIBRO DE MANTENIMIENTO DE TORRES DE REFRIGERACION Y DISPOSITIVOS ANALOGOS

1. DATOS GENERALES DEL ESTABLECIMIENTO

Tipo y nombre del establecimiento _____

Dirección. Calle/Avda _____ Municipio _____ Tfno _____

Representante Legal _____

Identificación de la Instalación _____

Nº en el Registro de Instalaciones (notificación) _____

Técnico Responsable del Servicio de Mantenimiento _____

Médico Responsable del Servicio de Medicina Preventiva _____

Plano/Esquema de la Instalación actualizado en fecha de _____ de _____ de 20__

Empresa Responsable del Mantenimiento (si procede) _____

Representante Legal _____

Dirección. Calle/Avda _____ Municipio _____ Tfno _____

Nº en el Registro Oficial de Establecimientos y Servicios Plaguicidas _____ Provincia/Comunidad Autónoma _____

DILIGENCIA

D. _____ como representante legal del Establecimiento hace constar que el presente Libro de Registro de Mantenimiento se

compone de _____ hojas selladas y numeradas. En _____ a _____ de _____ de 20__ Fdo. _____

2. DATOS DE LA INSTALACION

TIPO DE INSTALACION	Nº DE EQUIPOS	MARCA / MODELO	Nº DE SERIE	AÑO DE INSTALACION	POTENCIA VENTILADOR (kW-CV)
Torres de refrigeración					
Condensadores evaporativos					
Otros (especificar)					

Régimen de funcionamiento (opciones excluyentes):

- Continuo (semanalmente, al menos un día)
- Estacional
- Intermitente (periódico, con paradas de más de una semana)
- Irregular

Captación de agua:

- Red pública
- Pozo
- Aguas superficiales

Depósitos:

- Existe depósito previo a la instalación sí no
- Existe depósito intermedio en el circuito de recirculación de agua sí no

Tratamiento del agua de recirculación:

- ¿Se realiza tratamiento en continuo? sí no
- Otros tratamientos sí no

3. LIMPIEZA

Fecha de la última limpieza: __ / __ / __ Realizada por: Propia empresa Empresa contratada Nombre de la Empresa _____

Productos químicos utilizados:

Tipo	Nombre Comercial	Nº de Registro	Dosis empleada	Ficha Datos de Seguridad (si/no)	Tiempo de actuación	Responsable del tratamiento(Firma)

4. DESINFECCION

Desinfección continua de la instalación Realizada por: Propia empresa Empresa contratada Nombre de la Empresa _____

Desinfectantes y otros productos químicos utilizados en el tratamiento continuo:

Nombre	Periodicidad de uso	Nº de Registro	Dosis empleada	Ficha Datos de Seguridad (si/no)	Responsable del tratamiento (Firma)

5. MANTENIMIENTO / REVISION / VERIFICACION / REPARACION DE ELEMENTOS

Fecha	Elemento/Ubicación	Operación	Por el Servicio de Mantenimiento (Firma)

6. CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA en tratamientos integrales en continuo

Parámetro	Valor del parámetro / unidades	Responsable del muestreo (Firma)	Fecha de muestreo	Por el Servicio de Medicina Preventiva (Firma)
T °C				
pH				
Conductividad				
Sólidos totales en disolución				
Turbidez				
Sólidos en suspensión				
Cloro u otro biocida				
Bacterias aerobias totales				
Otros				

7. OTRAS ANOTACIONES

BIBLIOGRAFIA

- 1 Recomendaciones para la prevención y control de la Legionelosis (M^o de Sanidad y Consumo - Dirección General de Salud Pública, 1.999).
- 2 Guía para la prevención de la Legionelosis en instalaciones de riesgo (Orden 1187/98 de la Consejería de Sanidad y Servicios Sociales de la Comunidad de Madrid, por la que se regulan los aparatos de transferencia de masa de agua en corriente de aire y aparatos de humectación para la prevención de la Legionelosis).
- 3 Recomendaciones Técnico-Sanitarias para el mantenimiento y desinfección preventiva de instalaciones de agua sanitaria y torres de refrigeración en edificios colectivos (Consejería de Salud. Junta de Andalucía).
- 4 Recomendaciones para la minimización de riesgos microbiológicos asociadas a las infraestructuras hospitalarias del S^o. Vasco de Salud.
- 5 Legionnaires' disease. The control of legionella bacteria in water systems. Approved code of practice & guidance. HSE books. (Healt and Safety Comission). 6/noviembre/2.000. U.K.
- 6 ASHRAE Guideline 12-2000:Minimizing the risk of legionelosis associated with building water systems.
- 7 Report of the Maryland Scientific Working Group to Sutdy Legionella in Water Systems in Healthcare Institutions.(Department of Healt & Mental Hygiene. State of Maryland). EE.UU. www.dhmh.state.md.us/html/legionella.htm
- 8 Preparación de agua caliente sanitaria para usos sanitarios. Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación DTIE 1.01 (ATECYR).
- 9 Refrigeración evaporativa (Dptt^o. de Tecnología. Universidad Valladolid)
- 10 ASRAHE HANDBOOK-1999. Heating, Ventilating and Air-Conditioning. Applications.
- 11 Centers for Disease Control and Prevention Draft Guideline for Environmental Infection Control in Healthcare Facilities, 2001.
- 12 Instalaciones y servicios en la edificación. (George Hassan).
- 13 Tratamientos de agua. (STENCO)
- 14 Control de incrustaciones y corrosión en instalaciones hidráulicas de edificios. (Russell W Lane).
- 15 Manual de instalaciones de fontanería y saneamiento. (Franco Martin).
- 16 Atrium de las instalaciones de agua. (Grupo editorial Océano).

- 17 Cálculo y Normativa Básica de las instalaciones en los edificios. (Luis Jesús Arizmendi).
- 18 Calefacción y Agua Caliente Sanitaria. (J. A. De Andrés Rodríguez-Pomata/Santiago Aroca/Manuel García Gándara)
- 19 Abastecimiento de Agua y Alcantarillado. (Ernest W. Steel).
- 20 Manual de Aire Acondicionado. Carrier Air Conditioning Company.
- 21 UNE 100.030: 2001 (AENOR). Climatización. Guía para la prevención y control de la proliferación y diseminación de Legionella en instalaciones.
- 22 UNE 100.050 IN. Climatización. Prevención de la corrosión en circuitos de agua.
- 23 UNE-ENV 12097. Ventilación de edificios. Conductos.
- 24 UNE 77204. Calidad de aire. Aspectos Generales.
- 25 UNE-EN 1822-1-2-3 y pr EN 1822-4-5. Filtros absolutos (HEPA y ULPA).
- 26 UNE-EN 779. Filtros de Aire.
- 27 UNE 77-073. Calidad del agua.
- 28 UNE 100.151:1988 Climatización. Puertas de estanqueidad de redes de tuberías.
- 29 DIN 1946 (part 4) Heating, ventilación and air conditioning. HVAC systems in hospitals. (VDI code of practice).
- 30 Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (RITE). (BOE nº 186, 5/8/98)
- 31 Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y el control de la calidad de las aguas potables de consumo público (BOE nº 226, 20/9/90 y BOE nº 282, 24/11/90).
- 32 Normas Básicas para instalaciones interiores de suministro de agua (BOE nº 11, 13/1/76 y BOE nº 37, 12/2/76).
- 33 Reglamento Sanitario de las piscinas de uso colectivo (BOJA nº 36, 25/3/99).
- 34 R.D. 664/1997 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición de agentes biológicos durante el trabajo. (BOE nº 124, 24/5/1997).
- 35 R. D. 374/2001 sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.(BOE nº104, 1/5/01).
- 36 R. D. 909/2001 por el que se establecen los "Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis".(BOE nº180, 28/7/2001).
- 37 Directiva 98/83/CE del Consejo de 3/7/98 relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano.
- 38 Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

- ³⁹ Liu Z, Stout JE, Tedesco L, et al. Controlled evaluation of copper-silver ionization in erradicatig Legionella Neumophila from a hospital water distribution system. J Infect Dis 1994; 169: 919-22.
- ⁴⁰ Liu Z, Stout JE, Boldin M et al. Intermittent Use of Copper-Silver Ionization for Legionella Control in Water Distribution Systems: A potencial Option in Buildings Housing Individualss at Low Risk of Infection. Clin Infect Dis 1998; 26: 138-140.
- ⁴¹ R.D. 363/1995 de 10 de Marzo por el que se aprueba el Reglamento sobre Notificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias Peligrosas. BOE nº 133, 5/6/1995.
- ⁴² R.D. 1078/1993 de 2 de Julio por el que se aprueba el Reglamento sobre Clasificación, Envasado y Etiquetado de Preparados Peligrosos. BOE nº 216, 9/9/1993.

6 Tuberculosis nosocomial: epidemiología y prevención

FERNANDO JOSE LOPEZ FERNANDEZ
Doctor en Medicina
Jefe Servicio de Medicina Preventiva
Hospital Universitario Puerta del Mar. Cádiz

7 Aspergilosis nosocomial: epidemiología y prevención

JOSE MIGUEL CISNEROS HERREROS
Licenciado en Medicina
Medico Adjunto Servicio de Infecciosos
Hospital Virgen del Rocío. Sevilla

8 Protección frente a patógenos de transmisión aérea

RAMON VELAZQUEZ VILA
Doctor Ingeniero Industrial
Catedrático Escuela Superior Ingenieros
Universidad de Sevilla

6 TUBERCULOSIS NOSOCOMIAL: EPIDEMIOLOGIA Y PREVENCIÓN

6.1 CONCEPTO

La tuberculosis es una infección bacteriana crónica causada por *Mycobacterium tuberculosis* que cursa con un período prolongado de latencia entre la fase de infección y la de enfermedad. Habitualmente, la enfermedad se localiza en los pulmones, pero puede afectar prácticamente a cualquier órgano del cuerpo humano.

El agente causal de la enfermedad es *Mycobacterium tuberculosis*, bacilo aerobio estricto y parásito intracelular facultativo, que se ha adaptado al organismo humano de tal manera que el hombre infectado o enfermo constituye prácticamente su único reservorio^{1,2}.

6.2 IMPORTANCIA EN SALUD PÚBLICA

La tuberculosis (TB), la enfermedad que mayor número de muertes ha ocasionado en toda la historia de la humanidad, continúa causando estragos, a pesar de encontrarnos en el siglo XXI. En la actualidad, sigue siendo la enfermedad infecciosa más importante.

Según datos de la OMS³, se calcula que en el mundo están infectados por *Mycobacterium tuberculosis* unos 1.700 millones de habitantes, lo que representa la tercera parte de la población mundial. Este reservorio condiciona que se produzcan anualmente entre 8 y 10 millones de casos nuevos de enfermedad, con una prevalencia aproximada de 16-20 millones de enfermos.

Estos datos son aún más graves si se tiene en cuenta que cada año mueren en el mundo de TB más de 3 millones de personas. Además, un nuevo agente, el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), va a complicar aún más su erradicación. La TB es la primera causa de muerte en las personas VIH/SIDA.

M. tuberculosis causa la muerte de más personas que cualquier otro agente infeccioso. Las defunciones por tuberculosis representan el 25 por ciento de toda la mortalidad evitable en los países en desarrollo, donde se registra el 95 por ciento de los casos y el 98 por ciento de los

fallecimientos causados por esta enfermedad; el 75 por ciento de los casos se sitúa en el grupo de edad económicamente productivo (15-54 años).

En España no existen cifras oficiales fiables sobre el estado de la enfermedad y de la infección tuberculosa⁴.

En el período comprendido entre mayo de 1996 y abril de 1997, se ha observado en 13 Comunidades Autónomas, que comprendían el 67% del total de la población española (PMIT), que la incidencia de tuberculosis era del 38,51/100.000 habitantes⁵.

Por lo tanto, se estima que cada año se producen entre 15.600 y 17.500 nuevos casos de tuberculosis (40-45/100.000 habitantes), aunque sólo se contabilizan la mitad al existir una importante infradeclaración.

6.3 RECUERDO MICROBIOLÓGICO, EPIDEMIOLOGICO Y CLINICO

6.3.1 ETIOLOGIA

La gran mayoría de los casos de tuberculosis están producidos por *Mycobacterium tuberculosis*^{2,6}, especie de la familia de Mycobacteriaceae, orden Actinomycetales. Junto con otras tres especies muy relacionadas, *M. bovis*, *M. africanum* y *M. microti*, forman el grupo de micobacterias tuberculosas (*M. tuberculosis complex*).

M. bovis es mucho menos frecuente. Se caracteriza por su resistencia uniforme a pirazinamida, aunque en los últimos años ha sido responsable de una epidemia en España de tuberculosis multirresistente asociada a enfermos VIH, pero con transmisión también a inmunocompetentes.

M. africanum (se considera una forma intermedia entre las dos anteriores) es una rara causa de tuberculosis humana en África.

Las micobacterias son bacilos ácido alcohol resistentes, aerobios estrictos, inmóviles, no esporulados. De 0,2 a 0,4 µm de ancho y 1 a 4 µm de longitud. Se reproducen muy lentamente, dividiéndose por fisión binaria cada 18-24 h. Son resistentes a los ácidos y álcalis y tienen una gran envoltura de ácidos micólicos. Son bacterias intracelulares, capaces de vivir dentro de las células, en concreto en los macrófagos, de forma que son capaces de enlentecer su metabolismo de forma indefinida.

6.3.2 TRANSMISION

La tuberculosis es transmitida de persona a persona principalmente por vía respiratoria, a través de las gotitas de Pflüge (droplet nuclei)^{7,8}.

Los bacilos tuberculosos (en número de 1 a 3) forman los núcleos de estas pequeñas gotitas, lo suficientemente pequeñas (1-5 µm de diámetro) como para evaporarse, y permanecer suspendidas en el aire varias horas.

Las partículas de mayor tamaño, aunque tengan mayor número de bacilos, son menos contagiosas, pues caen por gravedad, o en el caso de ser inhaladas, son eliminadas por el sistema mucociliar y la tos.

Cuando una persona con tuberculosis pulmonar o laríngea tose, estornuda, habla o canta, emite estas pequeñas partículas. Si otra persona inhala aire conteniendo estas gotitas puede resultar infectada.

Tabla 6.1: Infectividad

FACTORES ASOCIADOS CON LA INFECTIVIDAD	FACTORES NO ASOCIADOS CON LA INFECTIVIDAD
TB pulmonar o laríngea	TB extrapulmonar
Lesiones cavitadas en pulmón	Ausencia de lesiones cavitadas en pulmón
Tos o procedimientos de inducción	Ausencia de tos o procedimientos de inducción
Enfermo que no cubre su boca al toser	Enfermo que cubre su boca al toser
B.A.A.R en el esputo	Ausencia de B.A.A.R en el esputo
Enfermo que no realiza tratamiento adecuado	Enfermo con tratamiento correcto en 2-3 semanas

La infección se produce desde personas con enfermedad tuberculosa, no con infección latente.

La probabilidad de que la enfermedad se transmita depende de cuatro factores⁹:

- ❑ Las características de infectividad del enfermo (nº de microorganismos en el aire espirado).
- ❑ El entorno en que tiene lugar la exposición.
- ❑ La duración de la exposición.
- ❑ La virulencia del microorganismo.

La capacidad de infectar de un enfermo determinado va a depender de la cantidad de bacilos que expulse con sus secreciones respiratorias, estando ésta en relación directa con la frecuencia de la tos, la existencia de lesiones cavitadas y con las formas de diseminación broncógena. La tuberculosis laríngea es especialmente infectiva (Tabla 6.1).

La exposición en espacios reducidos y mal ventilados y el hacinamiento, facilitará la posibilidad de transmisión.

El contagio se puede producir en un contacto esporádico con un enfermo, pero cuanto más íntimo y prolongado sea el contacto, mucho mayor será la probabilidad: familiares, compañeros de habitación, compañeros de trabajo etc., serán los que más frecuentemente se infecten.

La tuberculosis extrapulmonar rara vez es contagiosa. Sin embargo, se han publicado casos de transmisión al realizar técnicas que producen aerosoles, como puede ocurrir en las autopsias.

Las personas más frecuentemente expuestas a la enfermedad son¹⁰:

- ❑ Contactos cercanos (aquellos que comparten el mismo hogar u otros ambientes cerrados) de personas que se sospecha o conoce que padecen tuberculosis.
- ❑ Infectados por el VIH.
- ❑ Convertidores de tuberculina recientes (menos de 2 años).
- ❑ Portadores de lesiones fibróticas pulmonares residuales.
- ❑ Adictos a drogas inyectadas u otras: crack, cocaína, alcohol.
- ❑ Poblaciones marginales: inmigrantes, personas sin hogar, etc.
- ❑ Residentes y empleados de centros donde se congregan personas de alto riesgo: prisiones, instituciones de salud mental, albergues, etc.
- ❑ Inmigrantes recientes (menos de 5 años) de regiones donde la tuberculosis es prevalente (África, Asia, América Latina).
- ❑ Personas que presentan situaciones clínicas que aumentan el riesgo de tuberculosis activa, tales como:
 - Diabetes mellitus insulino dependiente o con mal control metabólico.
 - Silicosis.
 - Peso corporal inferior en un 10% al ideal.
 - Insuficiencia renal crónica avanzada.
 - Tratamientos prolongados (a dosis altas) con corticoesteroides u otros inmunosupresores.
 - Gastrectomía, derivación yeyunoileal.
 - Alteraciones hematológicas (leucemia, linfoma).
 - Lesiones malignas (cáncer de cabeza o cuello).
- ❑ Profesionales sanitarios que están en contacto con pacientes de alto riesgo.

6.3.3 PATOGENIA

Para considerar a un paciente infeccioso por vía aerógena, éste debe padecer TB pulmonar y aerosolizar partículas que contengan bacilos en su interior. Una vez que las secreciones respiratorias se expelen desde la nariz o la boca, su contenido acuoso se evapora muy rápidamente, dejando tan sólo un pequeño residuo de material sólido, el núcleo goticular, en cuyo

interior existen muy pocos microorganismos infectantes. Estos núcleos goticulares pueden mantenerse y transportarse por el aire durante un largo período de tiempo. Cuando una persona inhala esas partículas suspendidas en el aire, lo suficientemente pequeñas como para llegar a los alvéolos, comienza la infección.

Una vez en los alvéolos, los bacilos son fagocitados por los macrófagos alveolares. Parte de esos macrófagos pueden alcanzar vía linfática los ganglios regionales, y desde aquí, vía hematogena, al resto del organismo. No se sabe muy bien por qué causas, existen zonas del organismo que favorecen la retención y multiplicación de los bacilos: riñones, epífisis de los huesos largos, cuerpos vertebrales, áreas meníngeas cercanas al espacio subaracnoideo y, sobre todo, las zonas apicales posteriores del pulmón. En estas zonas se producen focos de multiplicación hasta que de 2-3 a 10 semanas después de la primoinfección el sistema inmune detiene esta multiplicación y previene una futura diseminación. Esta primoinfección (lesiones pulmonares y diseminación) suele ser asintomática. Durante este periodo el organismo desarrolla las dos características de la infección tuberculosa: una hipersensibilización a las proteínas del bacilo (viraje de la prueba tuberculínica) y una respuesta inmunitaria mediada por células. Cuando esta aparece, se frena la diseminación y los bacilos implantados en un órgano mueren o permanecen en estado de latencia en el interior de los macrófagos.

En este momento la persona está infectada (infección tuberculosa latente), pero no enferma y no es transmisora del bacilo. En algunas personas, el bacilo sobrepasa las defensas del sistema inmune y se multiplica dando lugar al desarrollo de la enfermedad.

La infección no progresa a enfermedad en el 90% de las personas. El 10% de los infectados desarrollará la enfermedad en algún momento de su vida. En los individuos inmunocompetentes infectados, el 5 por ciento desarrollará la enfermedad en los dos años siguientes a la primoinfección. Otro 5 por ciento la desarrollará más tarde^{11,12,13}, (Figura 6.1).

Algunas situaciones médicas aumentan el riesgo de que la infección progrese a enfermedad, pero no todas en la misma medida ^{14,15,16,17} (Tabla 6.2). Así, por ejemplo, la diabetes aumenta 3 veces el riesgo, la infección por VIH más de 100 veces, y en fase de SIDA, hasta 170 veces.

Tabla 6.2: Situaciones médicas que aumentan el riesgo de que la infección progrese a enfermedad

SITUACIONES MÉDICAS	INCREMENTOS DEL RIESGO*
SIDA	170
Infección VIH	113
Infección Tuberculosa reciente (En los dos primeros años)	15
Otras situaciones médicas (Diabetes...)	3-16

* Comparado con el riesgo de personas sin factores de riesgo conocidos.

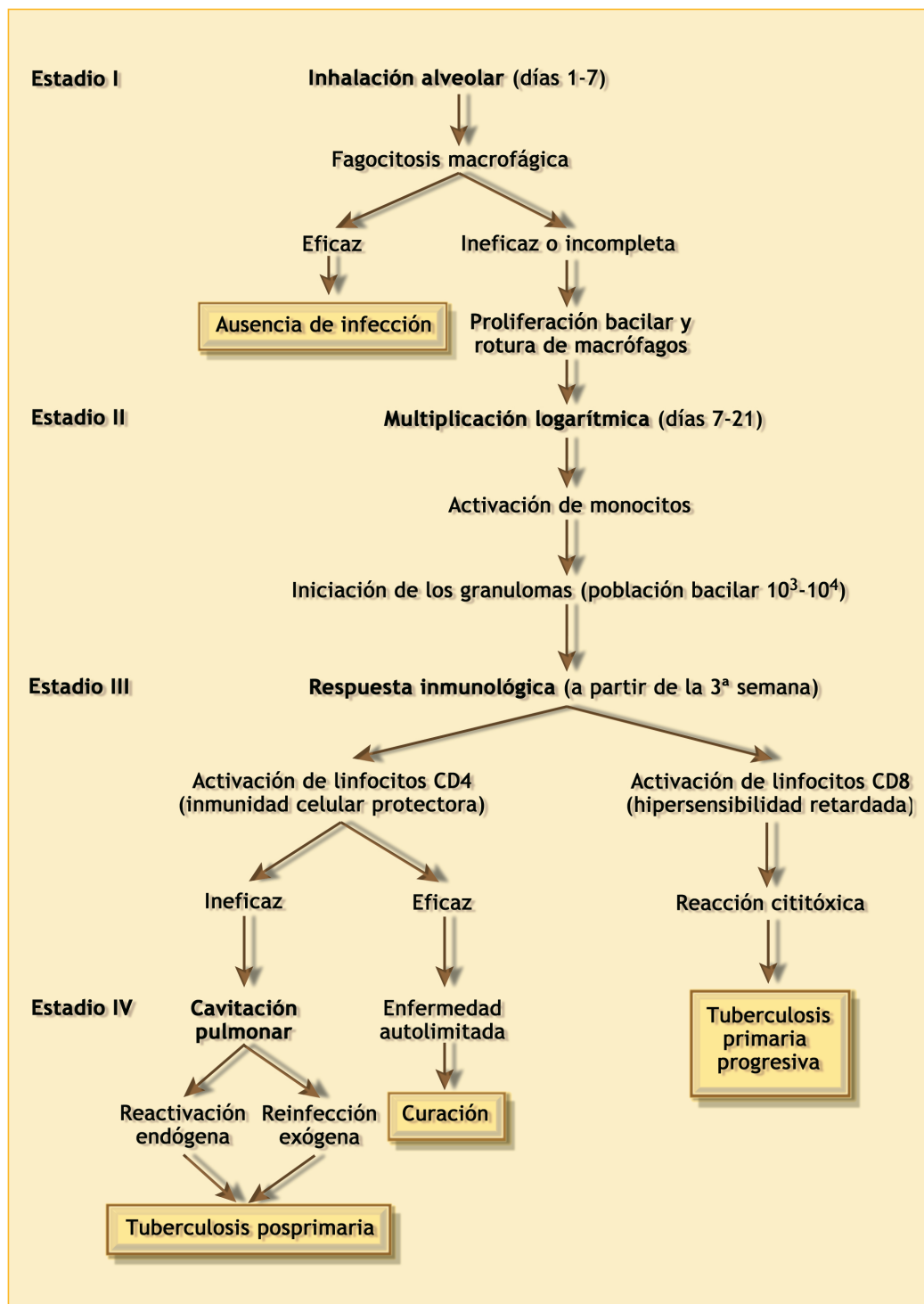


Figura 6.1: Patogenia de la tuberculosis¹⁸

Algunas de estas circunstancias son:

- Infección por VIH-SIDA.
- Adicción a drogas, especialmente por vía parenteral.
- Infección reciente (en los dos años previos).
- Hallazgos radiológicos sugestivos de TB previa.
- Diabetes Mellitus.
- Silicosis.
- Terapia prolongada con corticoides.
- Otras terapias inmunosupresoras.
- Cáncer de cabeza y cuello.
- Enfermedades hamatológicas y del Sistema reticuloendotelial (ej. leucemia y enfermedad de Hodgkin).
- Insuficiencia renal crónica.
- Gastrectomía o bypass intestinal.
- Síndromes de malabsorción crónica.
- Bajo peso corporal (10 % o más por debajo del peso ideal).

En cuanto a la edad, los tres períodos de la vida asociados con más riesgo de progresión a enfermedad son la infancia (sobre todo los dos primeros años de vida), la década comprendida entre los 15 y los 25 años y la edad avanzada¹⁹.

6.4 TUBERCULOSIS NOSOCOMIAL

Aunque la tuberculosis es fundamentalmente una infección comunitaria, puede también adquirirse en el hospital, por los pacientes, visitantes y trabajadores sanitarios .

Numerosos estudios^{18,19,20} en países industrializados demuestran que el personal sanitario en contacto con enfermos tuberculosos activos tienen un riesgo mayor que la población general, de adquirir la infección tuberculosa y desarrollar la enfermedad.

La magnitud del riesgo es difícil de estimar, ya que va a depender de varios factores: prevalencia de tuberculosis en la comunidad, tipo de institución sanitaria, área del hospital, tipo de trabajo y efectividad de las medidas de control^{21,22}.

El personal sanitario, en general, tiene un riesgo relativo de 2 o menos, en relación a la población general. En el ámbito hospitalario es difícil diferenciar entre personas expuestas y no expuestas, debido a la gran movilidad del personal en los centros. Además, es posible que personas no expuestas en el hospital lo sean en otras actividades extrahospitalarias, lo que podría incrementar la incidencia de tuberculosis en la cohorte de teóricamente no expuestos²⁴.

El riesgo suele ser mayor en las áreas donde se atienden a pacientes antes del diagnóstico, y antes del inicio del tratamiento y de la aplicación de medidas de aislamiento: Unidades de urgencia, cuidados intensivos, neumología, medicina interna, enfermedades infecciosas, etc.

El riesgo también es mayor en aquellas unidades donde se realizan procedimientos de inducción de la tos y se generan aerosoles: broncoscopias, intubación y aspiración traqueales, autopsias, inducción de esputos y tratamientos con aerosoles.

El problema de la transmisión nosocomial se agrava con la aparición de la multirresistencia. En Estados Unidos primero^{23,25,26,27} y en prácticamente todos los países (España²⁸ incluida) después, se han producido brotes epidémicos de Tuberculosis nosocomial por bacilos multirresistentes (TBMR) que han afectado a pacientes y trabajadores sanitarios, alcanzando una mortalidad en torno al 75 % en los casos VIH positivos.

Este tipo de resistencias engloba, necesaria aunque no exclusivamente, formas de resistencia adquirida y/o transmitida a los dos fármacos antituberculosos básicos, rifampicina e isoniacida, aunque en muchos casos existe también resistencia asociada a otros fármacos antituberculosos.

En 1992 se reconoce por primera vez en España un brote de TBMR dentro de una sala de pacientes con infección VIH, en el Instituto de Salud Carlos III de Madrid. A partir de entonces se han descrito brotes en toda la geografía española^{29,30}. El último brote fue detectado en 1995, en el Centro de Investigaciones Clínicas del Instituto de Salud Carlos III, originado por la misma cepa de *Mycobacterium bovis* multirresistente. La epidemia tuvo una duración de 5 años, 1992-

1997, con 111 casos declarados en 18 hospitales, aunque el 90% de los casos se concentraron en 6 hospitales: Centro de Investigaciones Clínicas 17 casos, Hospital Ramón y Cajal 22 casos, Hospital Virgen de la Victoria de Málaga 32 casos, Hospital Carlos Haya de Málaga 10 casos, Hospital Puerta del Mar de Cádiz 8 casos, y el Hospital Arnau de Vilanova de Valencia 12 casos.

La TBMR representa un riesgo mayor para la transmisión nosocomial debido al retraso en el diagnóstico y a la mala respuesta al tratamiento. El paciente con TBMR, por tanto, presenta un período inefectivo mucho mayor que el paciente con tuberculosis sensible.

Los motivos fundamentales que explican la aparición de cepas multirresistentes en los hospitales son^{28,31,32}:

1. Retraso en el *diagnóstico* de pacientes con TB.
2. Inicio tardío del tratamiento, uso de pautas terapéuticas incorrectas, o identificación tardía de fracasos del tratamiento.
3. Coexistencia en las unidades de enfermedades infecciosas o de medicina interna de pacientes con tuberculosis activa y pacientes con VIH-SIDA que son más susceptibles a la infección y a desarrollar la enfermedad activa.
4. Ausencia de prácticas correctas de *aislamiento respiratorio*: instauración tardía, habitaciones con ventilación inadecuada y una falta de medidas de precaución al realizar los procedimientos de inducción de esputos y de administración de aerosoles.

6.5 CONTROL DE LA TUBERCULOSIS NOSOCOMIAL

El control deberá realizarse sobre los distintos eslabones de la cadena epidemiológica e incluir, por tanto: el control sobre el paciente hospitalizado, el control medio ambiental y la protección a las personas susceptibles (personal sanitario, pacientes y visitantes)²⁰.

Los programas de control de la TB en el hospital debe conseguir los siguientes objetivos:

- a) Prevenir la generación de núcleos infecciosos.
- b) Evitar su diseminación en la circulación general del aire.
- c) Reducir la concentración de dichos núcleos en el aire ya contaminado.
- d) Cumplir las Normas de desinfección y esterilización de los materiales contaminados.
- e) Controlar la transmisión de la TB al personal sanitario por medio de la vigilancia de su estado de salud y la aplicación de medidas preventivas.

Los *Centers for Disease Control and Prevention (CDC)*^{8,9} y la Organización Mundial de la Salud (OMS)³³ jerarquizan en tres niveles, por orden de importancia decreciente, las medidas que recomiendan para alcanzar los objetivos anteriores: 1) Medidas "administrativas". 2) Medidas de control ambiental y 3) Medidas de protección respiratoria.

6.5.1 MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Tienen como objetivo "reducir la exposición de personas no infectadas" a los pacientes con TB activa. Son las más importantes, sin ellas, el resto de las medidas no se pueden aplicar eficazmente.

6.5.1.1 DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE PROTOCOLOS

Desarrollo e implementación de recomendaciones y protocolos que garanticen:

- a) La Identificación rápida
- b) El aislamiento precoz
- c) El diagnóstico y tratamiento de los casos

6.5.1.2 CUMPLIMIENTO EFECTIVO DE LAS PRACTICAS DE PREVENCION DE LA TRANSMISION POR EL PERSONAL SANITARIO

- ❑ Programas de formación y actualización científica sobre TB para el personal sanitario.
- ❑ Programas de Vigilancia de TB en el personal sanitario (Examen de salud, screening, indicación de quimioprofilaxis).
- ❑ Educación sanitaria de enfermos de TB y familiares.
- ❑ Realizar la evaluación del riesgo y la clasificación de las zonas del hospital basado en:
 1. Prevalencia de la TB en la comunidad
 2. N° de casos atendidos el año anterior
 3. Análisis de los convertores a la tuberculina entre el personal sanitario.

6.5.2 MEDIDAS DE CONTROL AMBIENTAL

Tienen como objetivo "la reducción de la concentración de partículas infecciosas en el aire y la prevención de su diseminación".

Una de las clave para prevenir la transmisión de *M. tuberculosis* en los hospitales está en disponer de un buen sistema de ventilación. Las recomendaciones incluyen dos tipos de aproximaciones: ventilación mediante sistemas de evacuación local y medidas sobre los sistemas de ventilación general.

Las medidas que influyen en la disminución del número de partículas infecciosas en el aire se basan en actuaciones sobre los sistemas de ventilación: número de renovaciones de aire y otras medidas adicionales que aumenten la eficacia como los filtros HEPA; Ninguna de estas medidas elimina totalmente el riesgo de transmisión de tuberculosis, pero lo disminuye de forma significativa.

6.5.2.1 SISTEMAS DE VENTILACION MEDIANTE EXTRACCION LOCAL

Estos sistemas permiten capturar las partículas contaminantes en la propia fuente o lo más cerca posible de ella y eliminarlas sin exponer a las personas al agente infeccioso. Se utilizan campanas de extracción de aire. La evacuación de los gases puede hacerse al exterior o al interior, en este último caso se debe colocar un filtro tipo HEPA para permitir la retirada del 99,99% de partículas infecciosas entre la salida de un paciente y la entrada del otro. Una descripción detallada de estos sistemas de confinamiento de zonas mediante ventilación localizada se encuentra en el apartado 8.3.4 y **figura 8.9** del capítulo 8.

Estos sistemas están indicados en las zonas de realización de técnicas diagnósticas o terapéuticas que generen aerosoles (inducción de esputos, administración de pentamidina etc) y en los laboratorios de microbiología para procesamiento de muestras de *M. tuberculosis*. Estas son las denominadas zonas de alto riesgo por lo que requieren adaptaciones en el sistema de ventilación

para eliminar las partículas infecciosas en el intervalo de tiempo de salida de un paciente y llegada del siguiente. El tiempo para eliminar un porcentaje de partículas de un espacio cerrado depende del número de recambios de aire por hora. El número de renovaciones de aire debe ser igual o superior a 6. La sala ha de tener presión negativa en relación con las salas adyacentes.

6.5.2.2 SISTEMAS DE VENTILACION GENERAL

La ventilación general se utiliza para diluir y eliminar el aire contaminado y para controlar la dirección de los flujos de aire dentro de las habitaciones y entre las habitaciones y las áreas adyacentes.

La dilución y eliminación de las partículas que contaminan el aire se consigue por medio de sistemas apropiados de ventilación, consistentes en la introducción de aire limpio en la habitación y la eliminación mediante un sistema de extracción forzada, bien al exterior, o al sistema de aire general del edificio (sistema recirculante). La recirculación no puede utilizarse en áreas de alto riesgo.

Un sistema de ventilación requiere una mezcla de aire adecuada que se favorece mediante un sistema de entrada de aire localizado en el techo y uno de extracción forzada colocado en el suelo. De esta forma, se consigue que la dirección del aire limpio sea hacia abajo, permitiendo la respiración de aire libre de partículas infecciosas.

La dirección del aire es también un factor importante para el control de la tuberculosis. Está determinada por la diferencia de presión entre las áreas adyacentes.

En un área ocupada por un paciente con tuberculosis activa el aire debe fluir hacia el área contaminada, es decir, la habitación del paciente. Para ello, la habitación del paciente deberá tener una presión negativa respecto a las áreas adyacentes. Los CDC establecen que la mínima diferencia necesaria para que el aire fluya de las zonas no contaminadas a las contaminadas es de 0,001 pulgadas de agua.

Es importante considerar que aunque exista una instalación con presión negativa, si se tienen las puertas abiertas, hay movimiento de pacientes o de personal sanitario, el sistema pierde su efectividad. Las puertas deben permanecer cerradas para mantener el gradiente de presiones.

En áreas de especial riesgo donde la dirección del aire es muy importante, personal especializado deberá monitorizar la frecuencia de recambio del aire y las demás condiciones para asegurarse de que se mantienen las condiciones adecuadas.

6.5.2.3 FILTROS HEPA

Los filtros HEPA pueden utilizarse en áreas generales como salas de espera, zonas comunes, pero no deben utilizarse para la recirculación del aire de una zona de aislamiento tuberculoso a la circulación general. En este último caso se utilizará un filtro HEPA en la salida de aire al exterior.

Los CDC establecen el requisito de un programa de mantenimiento regularizado para monitorizar el filtro HEPA a fin de detectar posibles pérdidas de filtración y alteraciones en el entramado del filtro. El personal encargado de los test de medición y de mantenimiento del filtro deberá llevar una adecuada protección respiratoria.

6.5.3 MEDIDAS DE PROTECCION RESPIRATORIA

Son medidas de carácter individual, que se aplican en áreas con alto riesgo de exposición y en aquellas en las que no se pueden reducir la concentración de partículas infecciosas.

Se basan en el uso de:

- ❑ Equipos de protección respiratoria para partículas.
- ❑ Mascarillas higiénicas de uso clínico.

6.5.3.1 EQUIPOS DE PROTECCION RESPIRATORIA PARA PARTICULAS

Su finalidad es proteger la función respiratoria de quien la utiliza, y por lo tanto evitar inhalar el aire contaminado.

La protección respiratoria está indicada :

- ❑ Al entrar en la habitación de aislamiento
- ❑ Cuando el paciente con TB o sospecha de TB vaya a ser sometido a procedimientos de inducción de esputo o tenga aumento importante de la tos por inhalación de aerosoles, independientemente de que el sistema de ventilación sea el correcto.
- ❑ Al realizar broncoscopias, espirometrías, aspiración de secreciones traqueobronquiales y en la sala de autopsia.

La capacidad de filtración del aire inhalado debe incluir las partículas inferiores a 1 μm . Su eficacia de filtración (eficacia del filtro y ajuste facial) debe ser superior al 98%.

Se colocará cubriendo totalmente nariz y boca y adaptándola hasta conseguir un perfecto ajuste facial.

Será de uso personal, pudiendo reutilizarse hasta que el filtro esté saturado de forma que se dificulte la respiración, y desecharse cuando esté dañado.

6.5.3.2 MASCARILLAS HIGIENICAS

Las mascarillas de uso clínico por el contrario, se utilizan para reducir o evitar la exhalación del paciente tuberculoso. Están diseñadas para evitar que las secreciones respiratorias de las personas que las llevan pasen al aire ambiente, por ello los pacientes con TB bacilífera deben usar la mascarilla para reducir en lo posible la salida de microorganismos al exterior.

6.6 RECOMENDACIONES ESPECIFICAS DE AISLAMIENTO Y CONTROL EN EL HOSPITAL

6.6.1 AISLAMIENTO RESPIRATORIO

Los pacientes con TB deben estar ubicados en habitaciones especialmente diseñadas con sistemas de ventilación adaptados para minimizar el riesgo de transmisión de tuberculosis. Es una medida de eficacia demostrada para prevenir la transmisión de la infección en el medio sanitario.

Indicaciones del aislamiento:

- ❑ Los enfermos con mayor infecciosidad son los diagnosticados de TB pulmonar o laringea, especialmente los que tienen baciloscopia positiva, tos productiva o cavitación pulmonar.
- ❑ Los pacientes con TB extrapulmonar sin datos de afectación pulmonar concomitante (ausencia de síntomas respiratorios, RX de tórax normal o baciloscopia de esputo negativa) no entrañan riesgo de contagio, por lo que no requieren aislamiento.
- ❑ No parece que el potencial de transmisión de infección de un paciente con TB y SIDA sea diferente que la de los casos sin infección por VIH.

Duración:

El inicio de aislamiento respiratorio se hará cuando se den las siguientes circunstancias:

- a) Paciente con sospecha de TB pulmonar o de la vía aérea y con baciloscopia positiva.
- b) Paciente a la espera de datos bacteriológicos (baciloscopia o cultivo o datos de sensibilidad) y con:
 - Lesiones pulmonares no diagnosticadas y sospecha de TB en un paciente con infección VIH.
 - Clínica respiratoria sospechosa de TB y antecedentes de: TB resistente, TB mal tratada o exposición reciente a enfermos con TB activa.

La *suspensión* del aislamiento debe llevarse a cabo si la sospecha de TB no se confirma (baciloscopia negativa o diagnóstico alternativo) o cuando el paciente no precise hospitalización y sea posible su control domiciliario. En el caso de un paciente con baciloscopia de esputo positiva, el aislamiento debe retirarse cuando habiendo seguido un tratamiento adecuado, haya una respuesta clínica favorable (reducción de la tos, la producción de esputo, la fiebre, mejoría del cuadro general, etc.) y microbiológica, con negativización de la baciloscopia (tres tinciones negativas).

La suspensión del aislamiento en el caso de pacientes con TB multirresistente o sospecha de la

misma, debe regirse por unos criterios más rígidos, dada la menor efectividad de las pautas terapéuticas.

Es importante que el enfermo conozca el motivo del aislamiento e instruirle para que se cubra nariz y boca con un pañuelo cuando tosa o estornude. Si tiene que salir de la habitación debe llevar una mascarilla higiénica.

La **habitación de aislamiento** debe tener las siguientes características:

- ❑ Presión negativa respecto al pasillo, y para ello el aire de la habitación debe ir directamente al exterior del edificio, lejos de tomas de aire o de personas, y al menos con 6 recambios de aire por hora. La dirección del aire debe monitorizarse para confirmar la existencia de presión negativa respecto al pasillo.
- ❑ La puerta de la habitación debe mantenerse cerrada.
- ❑ El número de personas que entren en la habitación debe ser el mínimo, especialmente visitas, debiendo colocarse una mascarilla de protección respiratoria para partículas.

En hospitales con un número importante de pacientes que requieran aislamiento respiratorio es útil agrupar las habitaciones de aislamiento en una misma zona, pues esta medida puede reducir la posibilidad de transmisión de la infección a otros enfermos, facilita su cuidado y permite con más facilidad la instalación y mantenimiento de las medidas de ventilación y circulación del aire.

6.6.2 OTRAS RECOMENDACIONES

6.6.2.1 TRASLADO DE PACIENTES

Siempre que tenga que desplazarse el paciente debe llevar una mascarilla higiénica. Así por ejemplo, cuando sea preciso que el enfermo acuda al Servicio de Radiología, debe siempre llevar puesta la mascarilla y volver lo más pronto posible a su habitación una vez realizada la exploración correspondiente.

6.6.2.2 CUIDADOS INTENSIVOS

Los enfermos con TB que requieran ingreso en Cuidados Intensivos deben someterse a las mismas medidas de aislamiento que los enfermos que no están en estado crítico ("box" individual, presión negativa, etc.). En el caso de enfermos intubados y/o ventilados deben colocarse filtros bacterianos en el efluente de aire procedente del paciente. El personal sanitario debe utilizar sistemáticamente mascarillas de protección respiratoria, especialmente al realizar aspiración de secreciones traqueobronquiales.

6.6.2.3 QUIROFANOS

Las puertas del quirófano deben mantenerse cerradas durante la intervención, el número de personas que entren debe ser el mínimo imprescindible. Debe evitarse que haya otros pacientes en las áreas adyacentes.

Es conveniente colocar un filtro bacteriano en el tubo endotraqueal del paciente o en el lado expiratorio del circuito de ventilación, para disminuir el riesgo de contaminación del equipo de anestesia y el aire ambiental.

El personal sanitario deberá llevar en este caso mascarilla con doble finalidad: proteger el campo operatorio como en otras intervenciones, y protegerse de la transmisión de tuberculosis. Deben utilizarse mascarillas de protección respiratoria para partículas.

6.6.2.4 URGENCIAS

Se deberá disponer de técnicas que permitan un diagnóstico rápido de los casos. Mientras tanto, ante sospecha diagnóstica, el paciente deberá permanecer separado del resto, idealmente en una zona de presión negativa y que cumpla los requerimientos de aislamiento de tuberculosis. Si no existe esta área, al paciente se le facilitarán pañuelos desechables para cubrirse boca y nariz cuando tosa y se le colocará una mascarilla tipo quirófano.

El personal sanitario que les atienda llevará una mascarilla de protección respiratoria para partículas.

Los hospitales que atienden a una población con alta prevalencia de TB deben dedicar algún local o "box" individual para ser utilizado para aislamiento respiratorio. En cualquier caso, los pacientes con TB o sospecha de la misma deben ser trasladados cuanto antes a la planta si requieren ingreso, o dados de alta si no precisan hospitalización.

6.6.2.5 LUGARES DONDE SE REALIZAN PROCEDIMIENTOS QUE INDUCEN LA TOS O GENERAN AEROSOL

En enfermos con TB activa, estos procedimientos sólo deben llevarse a cabo cuando sea absolutamente imprescindible.

Cuando sea posible, deben realizarse en la habitación del enfermo, la cual debe cumplir estrictamente las medidas de ventilación para habitaciones de aislamiento de TB.

Existe también la posibilidad de realizar estas exploraciones en unas cabinas que disponen de sistemas propios de extracción de aire (véase **figura 8.9** del capítulo 8).

En el caso de realizarse en una sala específica (broncoscopias etc.), ésta debe cumplir también todos los requisitos de ventilación.

Por último, el paciente no debe salir de la habitación o de la cabina hasta que la tos haya remitido. El local debe ventilarse durante tiempo suficiente, antes de que sea utilizado por otro enfermo.

El personal debe utilizar protección respiratoria en todo momento.

6.6.2.6 LABORATORIOS Y SALAS DE AUTOPSIAS

Los laboratorios que procesan muestras biológicas para micobacterias han de tener las medidas adecuadas de protección en cuanto a los cuidados de los aerosoles generados y del aire en general.

Las salas de autopsias en las que se realizan estudios necrópsicos de pacientes con TB o sospecha de la misma, deben disponer de las mismas características revisadas previamente en cuanto a las medidas de ventilación.

De igual manera, el personal sanitario debe utilizar mascarillas de protección respiratoria para partículas, pues es bien conocido el riesgo de adquisición de TB del mismo al realizar autopsias.

La limpieza y desinfección de los materiales y de la habitación utilizados por los pacientes con tuberculosis activa se realizará como en el resto del hospital. No es necesario adoptar medidas adicionales.

6.7 VIGILANCIA DE LA TUBERCULOSIS EN PERSONAL SANITARIO

Uno de los objetivos de cualquier programa en el hospital es controlar la transmisión de la TB al personal sanitario por medio de la vigilancia de su estado de salud y la aplicación de medidas preventivas.

La prueba de Mantoux y la utilización profiláctica de la isoniacida son las coordinadas básicas de estas intervenciones de salud^{4,10,13,34}.

Para la valoración individual de cada trabajador debe seguirse un algoritmo diagnóstico (**figura 6.2**) y de interpretación del Mantoux, como el indicado a continuación³⁵.

En relación con la vacunación con BCG, el Consenso Nacional sobre TB⁴ desaconsejó su uso sistemático en la población general, sin embargo, consideró que la vacuna podía ser ofertada de forma individualizada al personal sanitario en contacto frecuente con enfermos con TB o sus muestras biológicas. En el caso de optar por su uso, el receptor debe obviamente tener un Mantoux negativo, no tener ninguna inmunodepresión subyacente y ser VIH negativo. La Sociedad Británica de Tórax³⁶, recomienda la vacunación con BCG al personal sanitario en riesgo de adquisición de TB.

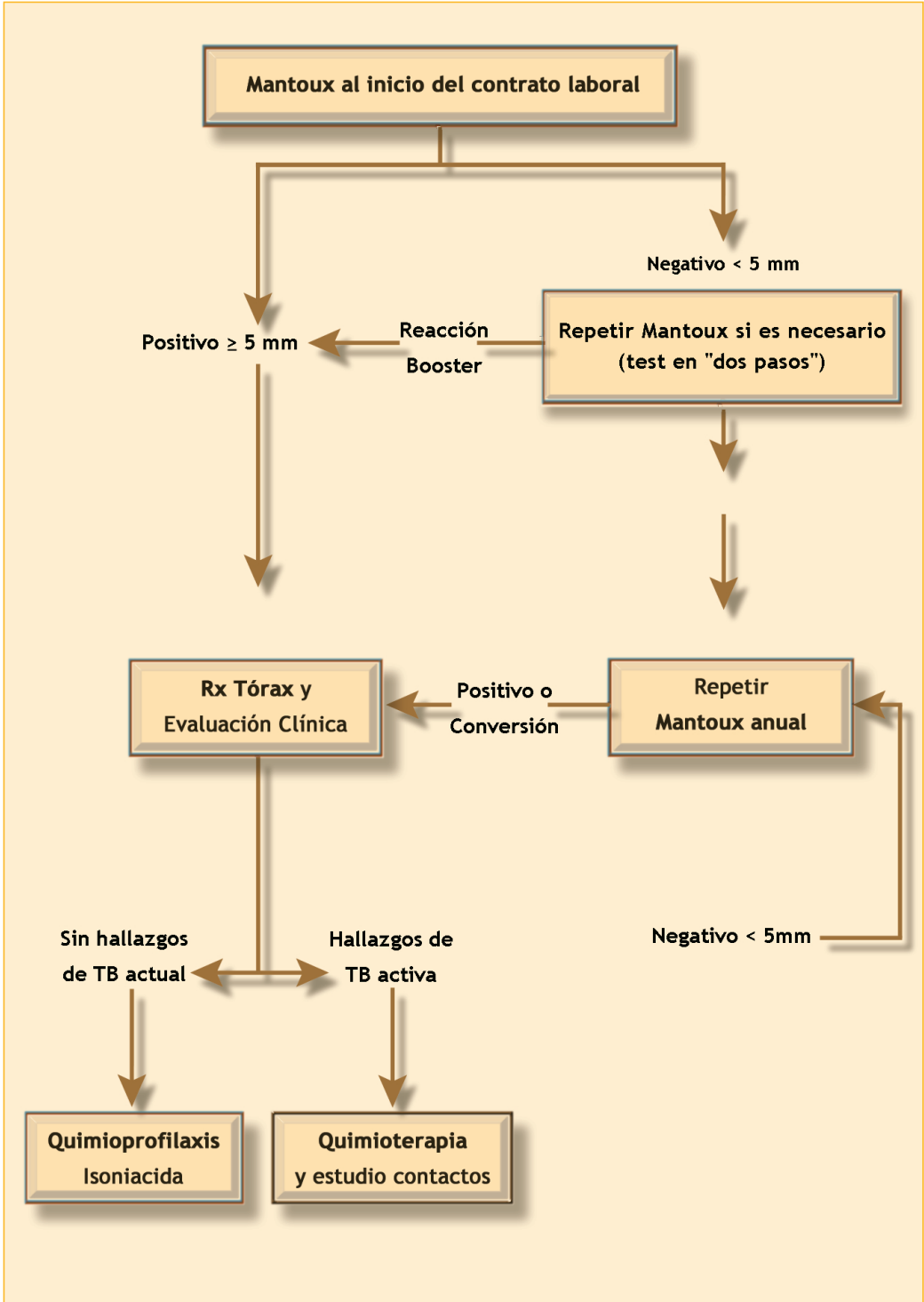


Figura 6.2: Vigilancia de la tuberculosis en personal sanitario

LECTURAS RECOMENDADAS

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Guidelines for Preventing the Transmission of Mycobacterium tuberculosis in Health-Care Facilities, 1994. MMWR 1994; 43 (RR-13).

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Essential Components of a Tuberculosis Prevention and Control Program. MMWR 1995; 44 (RR-11).

World Health Organization. Guidelines for the prevention of tuberculosis in health care facilities in resource-limited settings. Geneva, Switzerland, 1999.

Hans L.Rieder. Epidemiologic Basis of Tuberculosis Control. International Union Against Tuberculosis and Lung Disease. First edition, Paris, 1999.

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Core curriculum on Tuberculosis. What the Clinician should know. Fourth Edition. Atlanta, Georgia, 2000.

Ministerio de Sanidad y Consumo. Secretaría del Plan Nacional sobre el SIDA. Subcomisión de Asistencia y Formación. Control de la transmisión Nosocomial de la tuberculosis. Madrid, 1995.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Iseman MD. Tuberculosis. En: Bennett JC et al, editors. Cecil Textbook of Medicine. 20th ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1996. p. 1683.
- 2 Ausina Ruiz V. Tuberculosis. En: Farreras, Rozman. Medicina Interna. 13ª edición. Barcelona: Ediciones Doyma, 1996: 2357-2367.
- 3 World Health Organization. Global tuberculosis Control. WHO Report 2000. World Health Organization, Geneva 2000.
- 4 Documento de consenso sobre la prevención y control de la tuberculosis en España. Med Clin (Baec) 1999; 113: 710-715.
- 5 Incidencia de la tuberculosis en España: resultados del Proyecto Multicéntrico de Investigación en Tuberculosis (PMIT). Grupo de Trabajo del PMIT. Med Clin (Barc) 2000; 114: 530-537.
- 6 Casal M. Mycobacterium tuberculosis. En: Perea EJ. Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. Barcelona: Ediciones Doyma, 1992:754-766.
- 7 Hans L.Rieder. Epidemiologic Basis of Tuberculosis Control. International Union Against

- Tuberculosis and Lung Disease. First edition, Paris, 1999.
- 8 Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Core curriculum on Tuberculosis. What the Clinician should know. Fourth Edition. Atlanta, Georgia, 2000.
 - 9 Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Guidelines for Preventing the Transmission of Mycobacterium tuberculosis in Health-Care Facilities, 1994. MMWR 1994; 43 (RR-13).
 - 10 Moffitt MP et al. Tuberculosis. Recommendations for screening, prevention, and treatment. Postgrad Med 1996; 100: 201-220.
 - 11 Normativa sobre diagnóstico de la tuberculosis. Recomendaciones SEPAR. Barcelona: Doyma, 1994.
 - 12 Sutherland I, Svandová E, Radhakrishna S. The development of clinical tuberculosis following infection with tubercle bacilli. 1. A theoretical model of clinical tuberculosis following infection, linking data on the risk of tuberculous infection and the incidence of clinical tuberculosis in the Netherlands. Tubercle 1982; 63:255-268.
 - 13 Diagnostic Standards and Classification of Tuberculosis in Adults and Children. Am J Respir Crit Care Med. 2000 Apr;161(4 Pt 1):1376-1395.
 - 14 Rieder HL, Cauthen GM, Comstock GW, Snider DE. Epidemiology of tuberculosis in the United States. Epidemiol Rev 1989;11:79-98.
 - 15 Centers for Disease Control and Prevention. Management of persons exposed to multidrug-resistant tuberculosis. MMWR 1992;41(RR-11):38-44.
 - 16 Selwyn PA, Hartel D, Lewis VA, et al. A prospective study of the risk of tuberculosis among intravenous drug users with human immunodeficiency virus Infection. N Engl J Med 1989;320:545-550.
 - 17 Selwyn PA, Sckell BM, Alcabes P, et al. High risk of active tuberculosis in HIV-infected drug users with cutaneous anergy. JAMA 1992;268(4):504-509.
 - 18 Sauret Valet J. Tuberculosis. En Rodés Teixidor J y Guardia Massó J editores. Medicina Interna. Barcelona: Masson S.A., 1997:1141-1151.
 - 19 Vynnycky E, Fine PEM. The natural history of tuberculosis: the implications of age-dependent risks of disease and the role of reinfection. Epidemiol Infect 1997; 119:183-201.
 - 20 Ministerio de Sanidad y Consumo. Secretaría del Plan Nacional sobre el SIDA. Subcomisión de Asistencia y Formación. Control de la transmisión Nosocomial de la tuberculosis. Madrid, 1995.
 - 21 Sepkowitz KA. Tuberculosis and the health care worker: a historical perspective. Ann Intern Med 1994; 120:71-79.

- 22 Raviglione MC, Snider DE, Kochi A. Global epidemiology of tuberculosis: morbidity and mortality of a worldwide epidemic. *J Am Med Assoc* 1995; 273:220-222.
- 23 Menzies D, Fanning A, Yuang L. Tuberculosis among health care workers. *N Eng J Med* 1995; 332: 92-98.
- 24 Martínez Hernández J, González Solana J, Criado J, Lucerna M. Tuberculosis y salud laboral: elementos de prevención y control. *Med Preven* 1997; 3: 27-34.
- 25 Centers for Disease, Control. Nosocomial transmission of multidrug-resistant tuberculosis among HIV infected persons. Florida and New York, 1988. *MMWR* 1991; 40:585-591.
- 26 Edlin BR, Tokars JI, Grieco MH, Crawford JT, Williams JN, Sordillo ME et al. An outbreak of multidrug-resistant tuberculosis among hospitalized patient with the acquired immunodeficiency syndrome. *N Engl J Med* 1992; 326: 1.514 1.521.
- 27 Centers for Disease Control. National action plan to combat multidrug-resistant tuberculosis. *MMWR* 1992; 41: 5-47.
- 28 Ausina V. Tuberculosis multirresistente. Puntualizaciones y reflexiones sobre un tema polémico y de candente actualidad. *Med Clin (Barc)* 1996; 106: 15-18.
- 29 Moreno V, Ortega A, Valencia E, March I, Laguna F, Soriano V et al. First outbreak of nosocomial multidrug resistant tuberculosis in AIDS patients in Spain (resumen 355). Fourth European Conference on Clinical Aspects and treatment of HIV infection. 1994.
- 30 Peña JM, Ortega A. coordinadores del Grupo de Estudio de Tuberculosis Resistente de Madrid. Estudio transversal multihospitalario de tuberculosis y resistencias en Madrid (octubre de 1993-abril de 1994). *Med Clin (Barc)* 1996; 106: 1-6.
- 31 Schwartzman K, Menzies D. Tuberculosis:11. Nosocomial disease. *CMAJ* 1999; 161(10): 1271-1277.
- 32 Venkatarama K. Rao, MD, PhD; Elizabeth P. Iademarco, RN, MPH; Victoria J. Fraser, MD; and Marin H. Kollef, MD. Delays in the Suspicion and Treatment of Tuberculosis among Hospitalized Patients. *Ann Intern Med.* 1999;130:404-411.
- 33 World Health Organization. Guidelines for the prevention of tuberculosis in health care facilities in resource-limited settings. Geneva, Switzerland, 1999.
- 34 Targeted tuberculin testing and treatment of latent tuberculosis infection. American Thoracic Society. *MMWR* 2000;49(RR-6):1-51.
- 35 López Fernández FJ. Guía de higiene y prevención de la infección hospitalaria. Madrid: Diaz de Santos. 1998: 96.
- 36 Control and prevention of tuberculosis in the United Kingdom: Code of Practice 2000. Joint Tuberculosis Committee of the British Thoracic Society. *Thorax* 2000; 55: 887-901.

7

ASPERGILOSIS NOSOCOMIAL: EPIDEMIOLOGIA Y PREVENCIÓN

7.1 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

El género *Aspergillus* comprende más de 500 especies de distribución universal, de las que solo unas pocas como *Aspergillus fumigatus*, *A. flavus*, *A. niger*, *A. terreus*, *A. glaucus*, *A. versicolor*, *A. nidulans* y *A. ustus* son las responsables de la aspergilosis invasora (AI) en el hombre. Entre ellas *A. fumigatus* es la causa del 90% de los casos de AI y es por lo tanto, la especie de mayor interés clínico y también la mejor conocida por lo que en adelante nos referiremos principalmente a ella^{1,2}. La identificación de la especie se realiza por la morfología característica de los conidios y conidióforos de cada especie en el cultivo. Esta identificación morfológica ha sido mejorada por la caracterización bioquímica y molecular de cada cepa mediante el estudio de los metabolitos secundarios y las secuencias específicas de DNA.

Un vez confirmada la especie, el análisis molecular del aislado tiene un extraordinario interés epidemiológico pues permite establecer con precisión si dos cepas, por ejemplo una muestra obtenida del cultivo de esputo y otra del cultivo ambiental de una habitación son idénticas o no lo son. El análisis mediante patrones de hibridación obtenidos con secuencias repetidas de DNA y el estudio de polimorfismos microsátélites son los métodos más útiles para el estudio molecular de *A. fumigatus*, por su mayor poder de discriminación y reproducibilidad.

A. fumigatus es una especie termofílica, crece muy rápido a temperaturas de 55°C y sobrevive a 70°C, su desarrollo se favorece en condiciones de humedad elevada. Su nicho ecológico natural es la tierra, y crece en los residuos orgánicos, principalmente vegetales, calentados por la fermentación bacteriana. *A. fumigatus* es una especie muy ubicua, con una gran capacidad de transmisión aérea por los conidios (esporas asexuadas). La esporulación es muy abundante, cada cabeza de conidios libera al ambiente miles de esporas que se diseminan con facilidad por las corrientes de aire. Estudios ambientales indican que el hombre puede inhalar cientos de conidios al día¹.

A. fumigatus es un microorganismo oportunista que precisa de un huésped inmunodeprimido para causar la AI. Pero tiene varios mecanismos de patogenicidad que lo diferencian de otras especies: capacidad para crecer a 37°C; mayor velocidad de crecimiento; y las esporas son muy resistentes al medio ambiente y de tamaño tan pequeño (3-5 µm) que pueden alcanzar los alveolos pulmonares con facilidad. Otros factores menos conocidos son las adhesinas que facilitan la interacción con las células del huésped; los pigmentos que inhiben la fagocitosis de los conidios;

la gliotoxina que induce la apoptosis en los macrófagos e inhibe la fagocitosis por los macrófagos; y las enzimas que promueven la colonización y el daño de la mucosa pulmonar¹. Entre todos explican por qué *A. fumigatus* es la especie más importante de la AI.

7.2 CARACTERISTICAS CLINICAS

A. fumigatus, además de la AI, es la causa de las aspergilosis inmunoalérgicas y de las aspergilosis de colonización en pacientes inmunocompetentes. Aunque es la AI la que nos interesa en este documento, nos referiremos brevemente a los otros síndromes por la importancia de distinguir entre ellos y la AI, cuando se aísla *A. fumigatus* en una muestra clínica.

7.2.1 FORMAS CLINICAS

7.2.1.1 ASPERGILOSIS INMUNOALERGICAS

Comprende el asma aspergilar, la aspergilosis broncopulmonar alérgica y la bronquiolitis alérgica extrínseca. Tienen en común que las esporas de *A. fumigatus* al ser inhaladas desencadenan reacciones de hipersensibilidad que son las responsables de los síntomas respiratorios. En la aspergilosis broncopulmonar alérgica y en la alveolitis alérgica extrínseca existen además infiltrados en la radiografía de tórax, por lo que estas enfermedades pueden confundirse con la AI. Los antecedentes de asma bronquial y de exposición al alérgeno, la eosinofilia en sangre periférica y la ausencia de inmunosupresión son las claves para diferenciarlas de la AI.

7.2.1.2 ASPERGILOSIS DE COLONIZACION

Se caracterizan porque los conidios de *A. fumigatus* llegan a la cavidad pulmonar (generalmente cavernas tuberculosas inactivas) o a los senos paranasales, germinan y desarrollan una masa micelial (bola fúngica) que coloniza las paredes de la cavidad sin causar invasión.

7.2.1.3 ASPERGILOSIS INVASORA

La AI es la manifestación más grave de la infección por *A. fumigatus*. Afortunadamente es una enfermedad rara que afecta casi exclusivamente a pacientes inmunodeprimidos. La neumonía es la presentación clínica más común de la AI, con más del 90% de frecuencia. La rinosinusitis, la traqueobronquitis, la afectación cutánea, la endocarditis, la endoftalmitis, y la enfermedad diseminada, son manifestaciones poco frecuentes^{1,3,4}. En pacientes inmunocompetentes la infección por *Aspergillus* puede ocasionar AI asociada a cuerpos extraños y materiales protésicos

como endoftalmitis, infección de los injertos cutáneos del tratamiento de las quemaduras, y endocarditis sobre válvula protésica.

La incidencia de AI varía según el tipo de paciente inmunodeprimido como se recoge en la **tabla 7.1**. En ella se incluyen tanto la AI nosocomial como la comunitaria, diferenciación que como veremos resulta con frecuencia difícil. La aparición de brotes de AI nosocomial explica las diferencias en la incidencia de AI entre centros que atienden a pacientes similares.

El riesgo para desarrollar la AI está estrechamente relacionado con la situación inmune y con el grado de exposición ambiental del paciente. En los pacientes con leucemia aguda el riesgo se centra en la fase tardía de la neutropenia postquimioterapia, después de los primeros 12 días de neutropenia. En los receptores de trasplante el período de máximo riesgo sigue al tratamiento de los episodios de rechazo con bolos de corticoides y de la enfermedad injerto contra huésped en los receptores de progenitores de células hematopoyéticas. Los pacientes con sida tienen riesgo de AI cuando el número de linfocitos CD4 es inferior a 50 mm³, especialmente si reciben tratamiento con corticoides y/o presentan neutropenia. En los pacientes con enfermedad granulomatosa crónica la situación de riesgo dura toda la vida.

En el Hospital Universitario Virgen del Rocío, la incidencia de AI en los programas de trasplante de órgano sólido está recogida en la **tabla 7.2**.

Tabla 7.1: Incidencia de aspergilosis invasora en diferentes tipos de pacientes inmunodeprimidos¹

Tipo de paciente	Rango (%)
Trasplante alogénico de progenitores de células hematopoyéticas	4-9
Trasplante autólogo de progenitores de células hematopoyéticas	0.5-6
Leucemia aguda	5-24
Trasplante de pulmón	19-26*
Trasplante de riñón, corazón e hígado	0,5-10
Sida	1-12
Enfermedad granulomatosa crónica	25-40
Inmunodeficiencia congénita combinada grave	3.5
Quemados	1-7
Lupus eritematoso sistémico	1

* La diferenciación entre colonización y enfermedad es muy difícil en este grupo de pacientes

El período de incubación de la AI es muy variable, desde pocos días hasta semanas, y está condicionado por el grado de inmunosupresión del huésped, y en menor medida por el inóculo, la localización y la especie de *Aspergillus*. Estos factores determinan también la forma de presentación clínica y la velocidad de progresión de la AI, que va desde la neumonía difusa y bilateral, de progresión rápida e invariablemente fatal, propia de los pacientes hematológicos con neutropenia profunda, hasta formas focales de presentación subaguda-crónica de curso indolente, en pacientes menos debilitados. La amplia variabilidad del período de incubación es una dificultad para establecer con precisión el lugar de adquisición de la AI: nosocomial vs. comunitaria. En general se acepta como AI nosocomial la que se produce después de 48 h de ingreso y los síntomas y signos no estaban presentes al ingreso del paciente en el hospital.

La neumonía por *Aspergillus* spp. no tiene manifestaciones clínicas patognomónicas que la diferencien de la causada por otros microorganismos, excepto la expectoración hemoptoica que es más común que en la neumonía por *Aspergillus* spp. (54% vs 6%, $p < 0.05$). En la **tabla 7.3** se recogen las principales características clínicas de la neumonía por *Aspergillus* spp. en receptores de trasplante cardíaco⁸.

La aspergilosis cerebral ocurre en el 14% de los casos de AI, casi siempre como manifestación de la enfermedad diseminada en pacientes hematológicos. En estos casos el curso es rápido e invariablemente fatal⁹.

La endocarditis es una forma poco común de AI que se presenta en forma de enfermedad diseminada en el paciente inmunodeprimido o bien, como endocarditis protésica en el paciente inmunocompetente. La incidencia estimada de endocarditis protésica por *Aspergillus* spp. es de 6 casos por 10.000 reemplazos valvulares. En este caso el mecanismo patogénico de la enfermedad es la contaminación de la prótesis durante la producción, el almacenaje o más frecuentemente, la contaminación intraoperatoria. La endocarditis protésica en pacientes inmunocompetentes es por lo tanto una infección nosocomial por infracción grave de las medidas de seguridad en el procesamiento o almacenaje de la prótesis o en el mantenimiento de la bioseguridad del

Tabla 7.2: Incidencia de aspergilosis invasora en receptores de trasplante de órgano sólido en el Hospital Universitario Virgen del Rocío de Sevilla.

Trasplante	Período	Nº trasplantes	Casos AI (%)	Ref.
Hepático	1991-98	209	5 (2.3)	5
Cardíaco	1991-98	100	2 (2.0)	6
Renal	1989-90 y 1995-98	220	0	7

AI: aspergilosis invasora

Tabla 7.3: Características clínicas de la neumonía por *Aspergillus* en receptores de trasplante cardíaco⁸.

Características (n=13 episodios)	(Frecuencia %)
Días postrasplante (media [Rango])	36 [19-139]
Días de evolución de los síntomas	2 [2-16]
Fiebre	(69)
Tos	(69)
Disnea	(62)
Dolor costal	(54)
Expectoración hemoptoica*	(54)

*p<0.05 comparada con las otras etiologías.

quirófano. La evolución natural de esta enfermedad es hacia la disfunción valvular y la insuficiencia cardíaca, y el pronóstico es muy grave. El diagnóstico precoz y la sustitución valvular inmediata son la única posibilidad de curación. Se han descrito otras formas de infección quirúrgica de la AI, relacionadas con la implantación de prótesis o bien de un órgano, como el trasplante hepático, la endoftalmitis y la infección de los injertos cutáneos.

7.2.2 DIAGNOSTICO DE LA ASPERGILOSIS INVASORA

El diagnóstico precoz de la AI es difícil, porque las manifestaciones clínicas son generalmente inespecíficas y ocurren en pacientes muy complejos, con múltiples posibilidades diagnósticas. En pacientes de riesgo de AI, con manifestaciones clínicas compatibles y con radiografía de tórax normal o no diagnóstica, se debe realizar una tomografía computarizada (TC) de tórax de alta resolución. La TC es más sensible para la detección de lesiones pulmonares características como los nódulos, el signo del halo y la cavitación, que establecen el diagnóstico presuntivo de AI, y permite decidir la mejor técnica para la toma de muestras, iniciar el tratamiento antifúngico y valorar la necesidad de tratamiento quirúrgico^{8,9}. Para el diagnóstico de la AI pulmonar, la broncoscopia con lavado broncoalveolar es el procedimiento de elección, excepto en las lesiones nodulares en las que la punción percutánea guiada por TC es la mejor técnica. Las muestras obtenidas deben ser procesadas para microscopía, cultivo y estudio histopatológico. La microscopía aumenta la rentabilidad del cultivo en un 15%-20%, especialmente en pacientes con tratamiento previo y, sobre todo, permite el diagnóstico en pocos minutos¹¹. El cultivo es necesario para la identificación de la especie de *Aspergillus* y, cuando sea preciso, para el estudio

molecular del aislado con fines epidemiológicos. El aislamiento de *Aspergillus* spp. en las secreciones respiratorias no establece el diagnóstico de AI, al ser un colonizante ocasional de las superficies cutáneo-mucosas, pero se asocia con ella en una proporción que varía desde el 72% en los pacientes con trasplante de progenitores de células hematopoyéticas o neutropenia; el 56% en los receptores de trasplante de órgano sólido; el 63% en los pacientes en tratamiento esteroideo; y el 14% en los pacientes con infección por el VIH¹². La rentabilidad de los hemocultivos en el diagnóstico de la AI es prácticamente nula, incluso en pacientes con endocarditis.

La aplicación de las técnicas de serología, esencialmente la determinación de antígenos de *Aspergillus*, y de la PCR al diagnóstico de la AI están en fase de investigación clínica¹³.

7.2.2.1 CRITERIOS DIAGNÓSTICOS DE LA ASPERGILOSIS INVASORA¹⁴

Diagnóstico definitivo de AI si cumple alguno de los siguientes criterios:

- ❑ Evidencia histológica de la invasión del tejido pulmonar por las hifas septadas con ramificaciones a 45 ° con o sin aislamiento de *Aspergillus* spp. en el cultivo de la misma muestra.
- ❑ Aislamiento de *Aspergillus* spp. en muestras estériles

Diagnóstico probable de AI: si cumple alguno de los siguientes criterios:

- ❑ Pacientes con trasplante de progenitores de células hematopoyéticas o neoplasia hematológica y neutropenia reciente con al menos uno de los siguientes:
 - Lesiones pulmonares en la TC con signo del halo positivo o cavitación
 - Nuevas lesiones pulmonares en la radiología con cultivo o citología del esputo o del lavado broncoalveolar positivos para *Aspergillus* spp
- ❑ Otros pacientes inmunodeprimidos en riesgo de AI con nuevos infiltrados pulmonares con dos esputos o un lavado broncoalveolar positivos para *Aspergillus* spp por cultivo o citología.

7.2.3 PRONOSTICO DE LA ASPERGILOSIS INVASORA

La AI es una infección muy grave, con una mortalidad superior al 50% aunque con grandes variaciones dependiendo del tipo de huésped y de la forma de presentación focal vs. diseminada y, aguda vs. crónica. La mortalidad de la AI pulmonar en los receptores de trasplante cardíaco es del 50%, del 70% en el trasplante renal, del 77% en el pulmonar y del 92% en el hepático. *A. fumigatus* es un factor independiente de mal pronóstico en los receptores de trasplante cardíaco con neumonía, y también la etiología con mayor mortalidad⁸.

En los pacientes con AI pulmonar son factores de mal pronóstico la neutropenia mantenida, la recaída de la leucemia, la persistencia de la inmunosupresión, la neumonía con afectación bilateral, la hemoptisis grave, la demora del tratamiento antifúngico, las dosis bajas de anfotericina B, la ausencia de niveles plasmáticos de itraconazol y la disfunción del injerto en los receptores de trasplante hepático^{1,15}. La sensibilidad de *Aspergillus* a la anfotericina puede convertirse en un factor pronóstico importante de la AI, si se confirman los datos de un estudio en el cual la mortalidad de los pacientes con AI con resistencia in vitro a la anfotericina (MIC >2 mg/l) fue del 96% (22 de 23) comparada con mortalidad nula en los casos sensibles a la misma (6 de 6)¹⁶.

7.3 CARACTERÍSTICAS EPIDEMIOLÓGICAS DE LA ASPERGILOSIS INVASORA

7.3.1 FUENTES DE INFECCIÓN

A. fumigatus es un microorganismo tan ubicuo, que es fácil encontrarlo en cualquier lugar. Las bodegas, los sótanos, las cuevas, los gallineros, las macetas y las plantas, especialmente las de marihuana, las especies como la pimienta, los excrementos de las aves y las maderas húmedas son fuentes clásicas de *A. fumigatus*. Durante las obras de construcción y de renovación de los hospitales se ha demostrado el incremento de la contaminación ambiental por esporas de *Aspergillus spp.* y también de los casos de AI nosocomial. Desde cualquiera de estas fuentes las corrientes de aire forman aerosoles con las esporas de *Aspergillus* y las diseminan por el suelo y por otras superficies, pudiendo alcanzar los alveolos pulmonares. Estudios ambientales indican que el hombre puede inhalar diariamente cientos de esporas de *Aspergillus*, que son fácilmente eliminadas por el sistema inmune, pero que pueden ocasionar AI en los pacientes inmunodeprimidos^{1,2}.

La investigación del nivel de contaminación ambiental en el hospital demuestra la presencia permanente de conidios de *A. fumigatus* en bajas concentraciones (<50 conidios/m³) en áreas convencionales, mientras que el aislamiento de *A. fumigatus* es inusual en las habitaciones con flujo laminar. La utilidad de la determinación de la contaminación ambiental en la prevención de la AI no está establecida, porque no se sabe cuál es la concentración de conidios por encima de la cual aumenta el riesgo de AI. Se han empleado diversos métodos para medir el nivel de contaminación ambiental por *A. fumigatus*: cultivos de los equipos de filtración del aire, cultivos por contacto de los suelos y de las paredes, cultivos por sedimentación y, cultivos volumétricos de aire. AI. Los métodos de muestreo con aparatos volumétricos de impacto son los preferidos porque pueden medir las esporas suspendidas que son teóricamente las de mayor riesgo y, porque sus resultados son cuantificables y permiten comparar la eficacia de las medidas de control¹.

7.3.2 MECANISMOS DE TRANSMISION

Existen tres mecanismos de transmisión de *A.fumigatus* al hombre. El más importante es la inhalación de las esporas suspendidas en el aire y también es el más difícil de controlar, porque solo es posible descontaminar de *Aspergillus* áreas limitadas. La contaminación directa del lecho quirúrgico durante la intervención es un mecanismo de transmisión de *Aspergillus* spp. mucho menos frecuente, pero de gravísimas consecuencias en la cirugía protésica. El tercer mecanismo, exclusivo de los receptores de trasplante, principalmente pulmonar, se produce mediante la transmisión a través del injerto colonizado o con infección subclínica por *Aspergillus* spp¹⁷.

La mayoría de las AI se presentan como casos aislados, pero se han descrito brotes de adquisición nosocomial relacionados con las obras en el hospital¹⁸. La epidemiología molecular es imprescindible para el esclarecimiento de estos brotes, ya que solo mediante la comparación genética de los aislamientos clínicos y ambientales es posible la confirmación del origen y la aplicación de las medidas de control específicas¹⁹. La demostración del origen de un brote de AI no es fácil, especialmente en áreas de hospitalización no protegidas. Primero porque en ellas el nivel de contaminación ambiental por hongos es elevado, y es difícil encontrar la cepa responsable de la enfermedad entre decenas de cepas y especies diferentes y, en segundo lugar, porque la contaminación ambiental por *Aspergillus* es dinámica y con frecuencia transitoria por lo que cuando se diagnostican los casos puede haber desaparecido la contaminación ambiental que los causó.

La transmisión de persona a persona de *Aspergillus* spp. es anecdótica, como demuestra que sólo se ha descrito un caso por este mecanismo de transmisión, en el cual una madre que padecía aspergilosis broncopulmonar alérgica transmitió *Aspergillus* spp. a su hija, receptora de un trasplante renal, que desarrolló una AI²⁰.

7.3.3 PACIENTES Y AREAS DE RIESGO

Neutrófilos, monocitos y macrófagos constituyen el sistema defensivo fundamental frente a la infección por *Aspergillus*. La inmunidad humoral tiene un papel poco relevante. Los macrófagos capturan y destruyen las esporas que llegan al tracto respiratorio mientras que los neutrófilos y los monocitos se encargan de las hifas. Por eso la quimioterapia y los corticoides, que reducen intensamente la cantidad y la capacidad funcional de estas células, son los principales factores de riesgo para la infección por *Aspergillus*, de tal forma que los primeros casos de AI se describieron en los años 50 coincidiendo con la introducción de los corticoides y la quimioterapia¹.

Desde entonces la AI es cada vez más frecuente, y en la última década ha aumentado 14 veces según datos de estudios necrópsicos, porque los pacientes de riesgo son cada vez más numerosos²¹. El grupo de riesgo más importante lo componen los pacientes con inmunodeficiencias adquiridas: receptores de trasplante de progenitores de células

hematopoyéticas, pacientes con cáncer y quimioterapia, receptores de trasplante de órgano sólido, pacientes con sida, grandes quemados y pacientes con conectivopatías y enfermedades autoinmunes en tratamiento con fármacos inmunosupresores. Los pacientes con inmunodeficiencias congénitas principalmente la enfermedad granulomatosa crónica, constituyen un pequeño número. Un tercer grupo de pacientes de riesgo de AI, está formado por los pacientes quirúrgicos con implantación de material protésico, independientemente de su situación inmune. El ejemplo más conocido de AI quirúrgica es la endocarditis protésica, pero también se ha descrito la AI por infección del lecho quirúrgico durante el acto quirúrgico en los receptores de trasplante hepático y pulmonar; en intervenciones neuroquirúrgicas y ortopédicas con colocación de material protésico.

El factor de riesgo más importante para el desarrollo de AI es la intensidad ($<100 \text{ mm}^3 \text{ PMN}$) y la duración (>14 días) de la neutropenia. Otros factores de riesgo son la quimioterapia de inducción en los pacientes con leucemia aguda, la enfermedad injerto contra huésped (EICH) en los receptores de progenitores de células hematopoyéticas, los bolos de esteroides y el tratamiento del rechazo con OKT3 en los receptores de trasplante de órgano sólido, y la insuficiencia renal y la disfunción del injerto en el trasplante hepático^{15,22,23}.

Clasificación de los pacientes según la intensidad del riesgo para el desarrollo de aspergilosis invasora nosocomial (AIN)^{24,25}:

a) Pacientes de alto riesgo:

- Receptores de trasplante alogénico de progenitores de células hematopoyéticas durante la fase de aplasia postrasplante hasta el prendimiento, que habitualmente se extiende desde el día 0 hasta la 2-4ª semana postrasplante.
- Pacientes con cualquier patología que desarrollan neutropenia profunda (<100 neutrófilos durante más de 7 días) o neutropenia prolongada (<1.000 neutrófilos durante más de 14 días). Esta circunstancia puede ocurrir tras la quimioterapia intensiva para el tratamiento de la leucemia y más rara vez del linfoma.

b) Pacientes de riesgo intermedio:

- Receptores de trasplante autólogo de progenitores hematopoyéticos durante la fase de aplasia medular.
- Pacientes con leucemia o linfomas que reciben quimioterapia intensiva durante la fase de neutropenia.
- Receptores de trasplante de órgano sólido durante la intervención y en las 2 semanas que siguen al tratamiento del rechazo con bolos de esteroides y/o con OKT3.
- Pacientes con infección por el virus de la inmunodeficiencia humana muy avanzada, con menos de 50 CD4/mm^3 si están en tratamiento esteroideo y/o presentan neutropenia.

- Pacientes con implantación de prótesis cardíacas, neuroquirúrgicas y ortopédicas, el riesgo dura mientras la herida quirúrgica está abierta.

Clasificación de las áreas de hospitalización según el riesgo de desarrollo de AI son:

a) Áreas de alto riesgo. Son las áreas en las que están hospitalizados los pacientes de alto riesgo, definidos previamente.

b) Áreas de riesgo intermedio. Son las áreas en las que están hospitalizados o son atendidos los pacientes de riesgo intermedio definidos previamente, incluidos para los pacientes de riesgo quirúrgico los quirófanos en los que se realice cirugía con implantación de prótesis cardíacas, neuroquirúrgicas y traumatológicas y, los quirófanos en los que se realicen trasplantes de órgano sólido, principalmente de pulmón y hepático.

7.3.4 PREVENCIÓN

La prevención de la AI en los pacientes de riesgo se ha abordado de tres maneras diferentes: 1) reduciendo el principal factor de riesgo exógeno: la exposición a las esporas de *Aspergillus*; 2) controlando los principales factores de riesgo intrínsecos: la neutropenia; los corticoides y los inmunosupresores y; 3) administrando antifúngicos profilácticos. Las siguientes medidas para la prevención y control de la AIN se basan en las recomendaciones realizadas por el CDC, la Sociedad Americana de Enfermedades Infecciosas y la Sociedad Americana de Sangre y Trasplante de Médula Ósea^{24,25}. Entre paréntesis se expresa la firmeza de la recomendación y el grado de evidencia en el que se fundamenta.

7.3.4.1 EDUCACIÓN DEL PERSONAL SANITARIO Y VIGILANCIA DE LA INFECCIÓN

7.3.4.1.1 Educación del personal sanitario

Se recomienda la educación de todos los aspectos sobre la AIN, especialmente los relacionados con los pacientes de riesgo de AI y, sobre los procedimientos del programa de control de la infección utilizados para reducir su incidencia (IA).

7.3.4.1.2 Vigilancia

- 1) Alto índice de sospecha diagnóstica en los pacientes de riesgo de AIN (IB).
- 2) Vigilancia activa de la existencia de casos de AIN mediante la revisión periódica de los datos de Anatomía Patológica, Microbiología y los estudios necrópsicos (IB).
- 3) No se recomienda la realización de rutina de cultivos de muestras clínicas en pacientes de alto riesgo²⁷, ni ambientales en las habitaciones ocupadas por pacientes de alto riesgo (No resuelto).

7.3.4.2 INTERRUPTIÓN DE LA TRANSMISIÓN DE LAS ESPORAS DE *ASPERGILLUS* SPP.

7.3.4.2.1 Planificación de nuevas unidades o remodelación de unidades antiguas, especializadas en el cuidado de los pacientes de alto riesgo de AI:

1. La habitación para estos pacientes debe tener la capacidad adecuada para minimizar el recuento ambiental de las esporas de hongos mediante el mantenimiento de: a) aire filtrado a través de filtros de alta eficacia (HEPA); b) flujo de aire dirigido en la habitación; c) presión positiva en la habitación respecto al pasillo; d) sellado de las habitaciones y; e) alta frecuencia de renovación del aire de la habitación (IB).

a) Los filtros HEPA son los que eliminan el 99,97% de las partículas de 0,3 μm de diámetro. Se pueden instalar centralmente o bien en el lugar de uso (ej.: zona de entrada del aire de la habitación) (IB).

b) Flujo de aire en la habitación dirigido. Las entradas y salidas de aire se deben colocar de tal forma que el aire entre desde un lateral de la habitación, cruce la cama del paciente y salga por la zona contraria. (IB).

c) Sellado de la habitación. Se debe asegurar que las ventanas, las puertas, la entrada y salida de aire y del material eléctrico estén selladas de forma que no se produzcan fugas de aire. (IB).

d) Presión en la habitación. Se debe asegurar que la presión dentro de la habitación esté por encima de la que existe en el pasillo, a menos que esté contraindicado por normas clínicas o de control de la infección (IB).

1) Para mantener una presión positiva en relación con el pasillo hay que suministrar aire a la habitación un 10-20% por encima de la tasa de salida. (IB). O bien mantener una presión diferencial entre la habitación del paciente y el pasillo mayor de 2.5 Pa²⁵.

2) Para aquellos pacientes con riesgo de aspergilosis y con una infección (ej. varicela o tuberculosis) que necesite aislamiento en una habitación con presión negativa en relación al pasillo, se recomienda que la habitación tenga una antesala con una salida independiente. (II).

e) N° de renovaciones de aire. Se recomienda una ventilación que asegure ≥ 12 renovaciones de aire por hora. (II).

2. El sistema de flujo laminar no ha demostrado beneficio substancial en la supervivencia de los receptores de trasplante de progenitores hematopoyéticos por lo que su uso es opcional²⁵.

3. Disposición de normas que minimicen la exposición de los pacientes de riesgo de AI a las fuentes potenciales de hongos filamentosos patógenos como son: la realización de obras, las actividades de limpieza, de forma especial la de alfombras y moquetas; las plantas de interior y los ramos de flores. (IB).

4. No hay recomendación sobre la profilaxis con el biocida 8-quinolato de cobre en los materiales ignífugos (No resuelto).

7.3.4.2.2 Planificación de nuevas unidades o remodelación de unidades antiguas, especializadas en el cuidado de los pacientes de riesgo intermedio de AI:

1. Las medidas de protección ambiental, incluidos los filtros HEPA, descritas en el anterior apartado no han demostrado el beneficio en los pacientes con riesgo intermedio de AI, incluidos los receptores de trasplante autólogo de progenitores hematopoyéticos, por lo que su uso es opcional²⁵.

2. El Ministerio de Sanidad y Consumo²⁶ recomienda que los quirófanos en los que sean intervenidos pacientes de riesgo intermedio de AI, utilicen filtros HEPA. Además aconseja que se realice mensualmente cultivos de vigilancia, antes de comenzar la sesión y antes de terminar, considerándolos como valores admisibles los siguientes resultados:

- ❑ Ausencia de hongos: 0 UFC / m³)
- ❑ Ambiente muy limpio: < 10 UFC/ m³
- ❑ Ambiente limpio: 10-100 UFC/ m³
- ❑ Ambiente aceptable: 100-200 UFC/ m³

7.3.4.2.3 Medidas recomendadas para hospitales sin casos de AIN

1. Colocar a los pacientes de alto riesgo en un ambiente protegido que reúna las condiciones descritas anteriormente. (IB).

2. Inspección rutinaria de los sistemas de ventilación de las áreas con pacientes de alto riesgo, manteniendo el número de renovaciones de aire adecuado, las diferencias de presión y, eliminando los escapes de aire. Coordinar las reparaciones de los sistemas de ventilación con el traslado de los pacientes a otras zonas con sistemas de ventilación adecuados (IB).

3. Minimizar el tiempo que los pacientes de alto riesgo están fuera de sus habitaciones para procedimientos diagnósticos u otras actividades. Cuando estén fuera de su habitación deben llevar máscaras bien ajustadas capaces de filtrar las esporas de *Aspergillus* spp. (IB).

4. Prevenir la acumulación de polvo mediante la limpieza diaria de las superficies de la habitación con paños húmedos. Limpieza regular de los techos y de las rejillas de salida del aire acondicionado cuando las habitaciones no estén ocupadas por pacientes. Mantener un adecuado aislamiento de las ventanas que evite la entrada de aire externo. (IB).

5. Revisar sistemáticamente y coordinar las estrategias para control de la infección en todo el personal de mantenimiento del hospital incluyendo el relacionado con los suministros y la elaboración y distribución de los alimentos. (IB).

6. Cuando se planean obras, evaluar si los pacientes de riesgo de AI pueden quedar expuestos a un elevada concentración de esporas en el aire. En tal caso, desarrollar un plan para evitar dicha exposición. (IB).
7. Durante las obras de construcción o de renovación del hospital:
 - a) Levantar barreras, impermeables a *Aspergillus*, entre los pacientes y las áreas de obras para evitar la entrada de polvo (IB).
 - b) Instalar y mantener una presión negativa en las áreas de obras, en relación con las áreas de hospitalización, siempre que no exista contraindicación para la misma; por ejemplo áreas de pacientes con tuberculosis (II).
 - c) Dirigir el tráfico de personas en el área en obras evitando su paso a las zonas con pacientes ingresados, para limitar la apertura y el cierre de las puertas o de otras barreras que pueden causar dispersión de polvo, y entrada de aire contaminado en las zonas de hospitalización (IB).
 - d) Limpiar las áreas recién construidas antes de permitir la entrada de pacientes (IB).
8. Eliminar la exposición de los pacientes de riesgo a actividades que pueden causar aerosoles de esporas de *Aspergillus* spp. como aspirar el suelo y las alfombras (IB).
9. Eliminar la exposición de los pacientes con riesgo a una fuente ambiental potencialmente contaminada con hongos patógenos como comida contaminada, plantas de interior o ramos de flores. (II).
10. Impedir que los pájaros tengan acceso a los conductos de entrada de aire del hospital (IB).

7.3.4.2.4 Medidas a seguir si se produce un caso de aspergilosis invasora nosocomial (ver figura 7.1).

1. Iniciar la búsqueda prospectiva de nuevos casos en pacientes hospitalizados y otra búsqueda retrospectiva de datos microbiológicos, anatomopatológicos y de necropsia. (IB).
2. Si no hay evidencia de otros casos, continuar los procedimientos rutinarios encaminados a prevenir la AIN descritos previamente. (IB).
3. Si hay evidencia de más casos de infección, realizar una investigación ambiental para determinar y eliminar el origen de la misma como se describe a continuación. (IB). Además se recomienda contactar con el Sistema de Vigilancia Epidemiológica de Andalucía, a través del Servicio de Medicina Preventiva y Salud Pública de cada centro.
 - a) Muestreo ambiental adecuado de las fuentes sospechadas mediante cultivos cuantitativos de aire obtenidas con métodos volumétricos (IB)

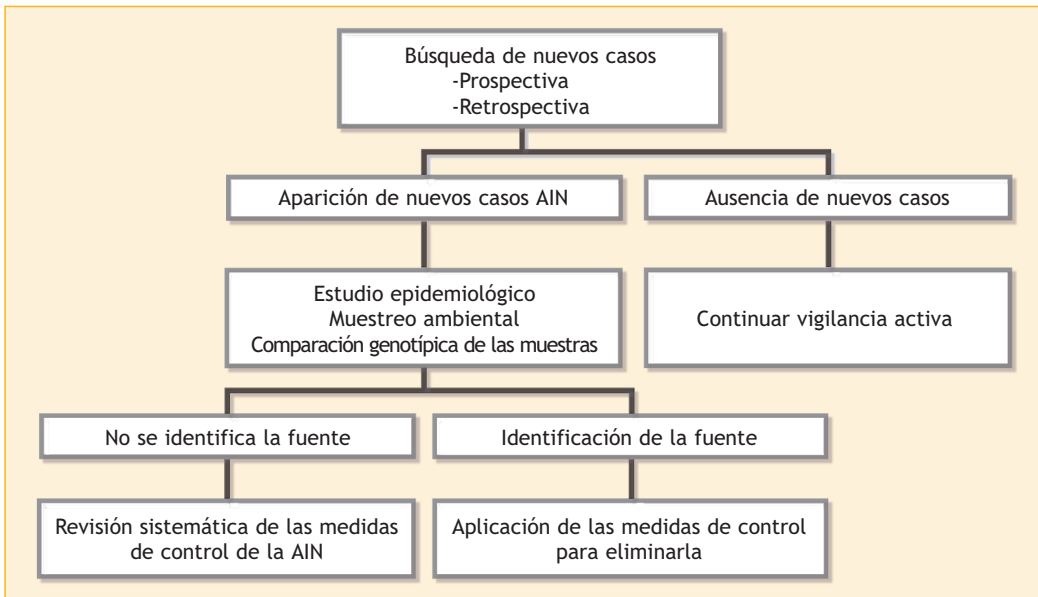


Figura 7.1: Estrategia ante la aparición de un caso de aspergilosis invasora nosocomial (AIN)

- b) Comparación de la identidad genética de las cepas de *Aspergillus* aislados en las tomas ambientales con las procedentes de muestras clínicas (IB). Si estas técnicas no están disponibles se aconseja contactar con: **Unidad de Micología. Centro Nacional de Microbiología. Instituto de Salud Carlos III. Teléfono: 915097961. Fax: 915097966.**
- c) Si se comprueba que el sistema de suministro de aire en las áreas con pacientes de alto riesgo no está en óptimas condiciones, se recomienda la utilización temporal de filtros HEPA portátiles, hasta que se disponga de habitaciones que reúnan las condiciones adecuadas para dichos pacientes. (II).
- d) Si se identifica el origen del brote de AIN, aplicar las medidas necesarias para eliminarlo del área de los pacientes de alto riesgo (IB).
- e) Si no se indentifica el origen del brote de AIN, revisar las medidas de control de la infección nosocomial incluyendo aspectos de ingeniería del hospital, para identificar las áreas que necesiten ser corregidas o mejoradas (IB).

7.3.4.3 MODIFICACION DE LOS FACTORES DE RIESGO DEL HUESPED

- a. La administración de citoquinas, incluyendo factor estimulante de colonias de granulocitos y de macrófagos, acortan la duración y la intensidad de la neutropenia, pero no hay datos que indique que reduce la AI. Por ello no se pueden realizar recomendaciones para el uso de los factores de crecimiento en la profilaxis de la AI²⁵.
- b. No se recomienda la administración de antifúngicos para la prevención de la AI en pacientes de alto riesgo²⁵.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Denning DW. *Aspergillus* species. In: Mandell GL, Bennett JE, Dolin R, eds. *Mandell, Douglas and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases*. 5th ed. New York: Churchill Livingstone, 2000;2674-2685.
- 2 Verweij PE, van den Bergh MF, Rath PM, de Pauw BE, Voss A, Meis JF. Invasive aspergillosis caused by *Aspergillus ustus*: case report and review. *J Clin Microbiol* 1999; 37:1606-9.
- 3 Kaiser L, Huguenin T, Lew PD, Chapuis B, Pittet D. Invasive aspergillosis. Clinical features of 35 proven cases at a single institution. *Medicine (Baltimore)* 1998 May;77(3):188-94.
- 7 Weishaar PD, Flynn HW Jr, Murray TG, Davis JL, Barr CC, Gross JG, Mein CE, McLean WC Jr, Killian JH. Endogenous *Aspergillus* endophthalmitis. Clinical features and treatment outcomes. *Ophthalmology* 1998;105:57-65.
- 5 Cañas E, Bernabéu-Wittel M, Cisneros JM. Complicaciones infecciosas en los receptores de trasplantes de órganos sólidos. En: *Actualizaciones en trasplantes 2000*. Ed. Hospitales Universitarios Virgen del Rocío.
- 6 Bernabeu M, Cañas E, Herrero M, Ordóñez A, Martínez A, Pérez J, Cisneros JM. Complicaciones infecciosas del trasplante cardíaco. Estudio prospectivo de los seis primeros años de programa de trasplante. *Rev Clin Esp* 1999;199:489-95.
- 7 Martínez-Marcos F, Cisneros JM, Gentil M, Algarra G, Pereira P, Aznar J, Pachón J. Prospective study of renal transplant infections in 50 consecutive patients. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis*; 1994;13:1023-1028.
- 8 Cisneros JM., Muñoz P, Torre-Cisneros J, Gurgui M, Rodríguez-Hernández M^aJ, Aguado JM^a, Echaniz A and the Spanish Transplantation Infection Study Group. Pneumonia after Heart Transplantation: A Multiinstitutional Study. *Clin Infect Dis* 1998;27:324-31.

- 9 Pagano L, Ricci P, Montillo M, Cenacchi A, Nosari A, Tonso A, Cudillo L et al. Localization of aspergillosis to the central nervous system among patients with acute leukemia: report of 14 cases. *Clin Infect Dis* 1996;23:628-30.
- 10 Caillot D, Casanovas O, Bernard A, Couaillier JF, Durand C, Cuisenier B, Solary E, Piard F, Petrella T, Bonnin A, Couillault G, Dumas M, Guy H. Improved management of invasive pulmonary aspergillosis in neutropenic patients using early thoracic computed tomographic scan and surgery. *J Clin Oncol* 1997;15:139-47
- 11 Baselski VS, Wunderink RG. Bronchoscopic diagnosis of pneumonia. *Clin Microbiol Rev* 1994;7:533-58.
- 12 Horvath JA, Dummer S. The use of respiratory-tract cultures in the diagnosis of invasive pulmonary aspergillosis. *Am J Med* 1996;100:171-8.
- 13 Verweij PE, Brinkman K, Kremer HPH, Kullberg BJ, Meis JF. *Aspergillus meningitis: diagnosis by non-culture-based microbiological methods and management.* *J Clin Microbiol* 1999;37:1186-9.
- 14 Denning DW, Lee JY, Hostetler JS, Papas P, Kauffman CA, Dewsnup DH et al. NIAID mycoses study group multicenter trial of oral itraconazol therapy for invasive aspergillosis. *Am J Med* 1994;97:135-44.
- 15 Singh N, Arnow PM, Bonham A, Dominguez E, Paterson DL, Pankey GA, Wagener MM, Yu VL. Invasive aspergillosis in liver transplant recipients in the 1990s. *Transplantation* 1997;64:716-20.
- 16 Lass-Flörl C, Kofler G, Kropshofer G, Hermans J, Kreczy A, Dierich MP, Niederwieser D. In-vitro testing of susceptibility to amphotericin B is a reliable predictor of clinical outcome in invasive aspergillosis. *J Antimicrob Chemother* 1998;42:497-502.
- 17 Keating MR, Guerrero MA, Daly RC, Walker RC, Davies SF. Transmission of invasive aspergillosis from a subclinically infected donor to three different organ transplant recipients. *Chest* 1996;109:1119-24.
- 18 Gaspar C, Mariano A, Cuesta J, Roríguez G, Diaz J, Picazo J, Fereres J. Brote de micosis pulmonar invasiva en pacientes hematológicos neutropénicos en relación con obras de remodelación. *Enf Infecc Microbiol Clin* 1999;17:113-8.
- 19 Leenders A, van Belkum A, Janssen S, Marie S, Kluytmans J, Wielenga J, Löwenberg B, Verbrugh H. Molecular epidemiology of apparent outbreak of invasive aspergillosis in a hematology ward. *J Clin Microbiol* 1996;34:345-51.
- 20 Polkey M, Rees PJ, Ogg Ch. Possible person-to-person transmission of aspergillus. *Lancet* 1993;342:435.
- 21 Groll A, Shah PM, Mentzol CH et al. Trends in the postmortem epidemiology of fungal infections in a university hospital. *J Infect* 1996;33:23-32.

- 22 McWhinney PH, Kibbler CC, Hamon MD, Smith OP, Berger LA, Walesby RK, Hoffbrand AV, Prentice HG. Progress in the diagnosis and management of aspergillosis in bone marrow transplantation: 13 years' experience. *Clin Infect Dis* 1993;17:397-404.
- 23 Kusne S, Torre-Cisneros J, Mañez R, et al. Factors associated with invasive lung aspergillosis and the significance of positive *Aspergillus* culture after liver transplantation. *Clin Infect Dis* 1992;166:1379-83.
- 24 Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for prevention of nosocomial pneumonia. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 1997;46(RR-1);1-79.
- 25 Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for preventing opportunistic infections among hematopoietic stem cell transplant recipients: recommendations of CDC, the Infectious Disease Society of America, and the American Society of Blood Marrow Transplantation. *MMWR* 2000;49/No. (RR-10);1-95.
- 26 Ministerio de Sanidad y Consumo. Instituto Nacional de la Salud. Guía práctica para el diseño y mantenimiento de la climatización en quirófanos. Madrid 1996.

8 PROTECCION FRENTE A PATOGENOS DE TRANSMISION AEREA

8.1 EL AMBIENTE INTERIOR

8.1.1 INTRODUCCION

El ser humano vive en el seno de una atmósfera gaseosa, el aire, que es sede y portador de diversos componentes que pueden agruparse en dos categorías: componentes energéticos y componentes materiales. Entre los primeros figuran, entre otros, la energía térmica, acústica y lumínica. Los componentes materiales pueden incluir, además de los componentes propios de la constitución química del aire (oxígeno, nitrógeno, anhídrido carbónico y vapor de agua, principalmente) materias en estado sólido, líquido y gaseoso de naturaleza inorgánica, procedente de los elementos constructivos de los edificios y de la actividad en ellos desarrollada, así como materia orgánica, esta última en forma de hongos, bacterias y virus.

8.1.2 CONTAMINANTES MATERIALES POTENCIALES

Algunos de los componentes del medio interior, procedentes a veces del exterior, cuando sus valores son adecuados, hacen posible la vida humana y su sistema relacional-informacional; es el caso del oxígeno, de la temperatura y humedad del aire y de la capacidad del mismo para transportar el sonido y permitir el paso de la radiación lumínica.

Otros componentes por el contrario pueden ocasionar molestias a los ocupantes o representar un peligro potencial para su salud; a estos se denominan contaminantes en sentido genérico y la **tabla 8.1** muestra algunos de ellos, de naturaleza material.

8.1.3 CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR

Se dice que un ambiente interior es de "calidad" cuando en su seno los ocupantes manifiestan una sensación de confort térmico, acústico y lumínico y al mismo tiempo no existen sustancias contaminantes que puedan afectar a su salud o provocar una sensación de disconfort sensorial vía sentido olfativo.

Tabla 8.1 Contaminantes materiales potenciales en ambientes interiores

Sólidos		Gaseosos	
Inorgánicos	Orgánicos	Ambiente exterior	Ambiente interior
1. Polvos originados por la erosión de los agentes atmosféricos	1. Virus	1. Gases de combustión	1. Compuestos orgánicos volátiles
2. Materia particulada de origen industrial	2. Bacterias	2. Gases procedentes del tráfico urbano	2. Compuestos procedentes de materiales, acabados, barnices y pinturas
	3. Hongos	3. Gases de actividades industriales	
	4. Esporas		
	5. Ácaros		
	6. Materia particulada de origen vegetal		

Por tanto la Calidad del Ambiente Interior se ocupa tanto de los componentes energéticos (térmico, acústico y lumínico) que afectan al confort como a los componentes materiales que afectan a la sensación olfativa y salud de los ocupantes; también es campo de la Calidad del Ambiente Interior aquellos componentes energéticos, especialmente radiantes, que pueden afectar a la salud de los ocupantes.

8.1.4 EL PORCENTAJE DE PERSONA INSATISFECHAS

La sensación de bienestar en los campos térmico, acústico, lumínico y olfativo, aunque descansa sobre factores objetivos y cuantificables, incluye un componente personal y subjetivo que impide que la totalidad de un colectivo manifieste su conformidad con un ambiente determinado. De aquí que los criterios para calificar la Calidad del Ambiente Interior en esos cuatro aspectos, y especialmente en el terreno térmico y olfativo, se basen en la determinación del Porcentaje de Personas Insatisfechas (PPI), esto es, en el número de personas, referido a la totalidad de los ocupantes de un espacio, que manifiestan su disconformidad con un determinado aspecto de la Calidad de Aire. El PPI nunca es nulo, aceptándose que su valor mínimo oscile entre un 5% y 20%; un porcentaje de insatisfacción superior al 20% se suele tomar como indicación de una apreciable falta de calidad del ambiente, tipificándose a veces tales estados como el de Edificio Enfermo; no obstante debe advertirse que edificios donde los ocupantes no manifiesten disconformidad pueden adolecer seriamente de falta de calidad de aire; basta considerar para ello la existencia de sustancias peligrosas para la salud no detectables olfativamente.

Para mayor información puede consultarse las normas ISO y CEN al respecto.

8.1.5 EL BINOMIO CONCENTRACION-TIEMPO DE PERMANENCIA

Los componentes que potencialmente pueden dañar la salud de los ocupantes lo hacen realmente cuando la combinación de la concentración del contaminante y el tiempo de exposición al mismo alcanzan unos valores determinados, recogidos en la bibliografía específica de cada componente; la relación concentración- tiempo de exposición se aplica no sólo a los componentes materiales del medio ambiente interior sino también a los componentes energéticos (térmicos, lumínicos, acústicos y radiantes no lumínicos).

8.1.6 EL SINDROME DEL EDIFICIO ENFERMO

Se denomina así a aquellos edificios cuyos ocupantes (en una proporción significativa) acusan molestias y una patología difusa de carácter temporal vinculada a su permanencia en el edificio. El síndrome del Edificio Enfermo por regla general es indicio de una mala Calidad del Ambiente Interior; por el contrario la ausencia del síndrome no es sinónimo de una Calidad Ambiental aceptable, ya que pueden existir contaminantes, incluso fuertemente perjudiciales, no detectables por los ocupantes, y en consecuencia no producirse quejas las cuales son las que motivan la tipificación del edificio como enfermo.

8.1.7 DETERMINACION DE LA CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR

Esta cualidad, exigible a todo edificio, sólo puede garantizarse si el proyecto y ejecución del mismo han sido realizados de acuerdo con las prescripciones adecuadas y si el estado de mantenimiento del edificio una vez en operación el mismo es capaz de garantizar los valores establecidos en el proyecto.

Esta exigencia de calidad irrenunciable del inmueble únicamente se puede determinar mediante Auditorias en las fases de proyecto, recepción del inmueble y posterior vida del edificio.

8.1.8 CONTAMINANTES MAS FRECUENTES

Según experiencias de Health Building Industries (HBI), basadas en la medición de contaminantes en edificios, los contaminantes mas frecuentes en el interior de edificios se recogen en la **figura 8.1**, en el que se observa que hongos y bacterias figuran entre los factores contaminantes más frecuentes.

8.1.9 METODOLOGIA GENERICA PARA LA REDUCCION DE LA CONTAMINACION INTERIOR

Conceptualmente el método para reducir el nivel de contaminación interior es muy simple. Aquí se aborda esa metodología genérica y en posteriores apartados se tratan específicamente algunas de las medidas mencionadas a continuación.

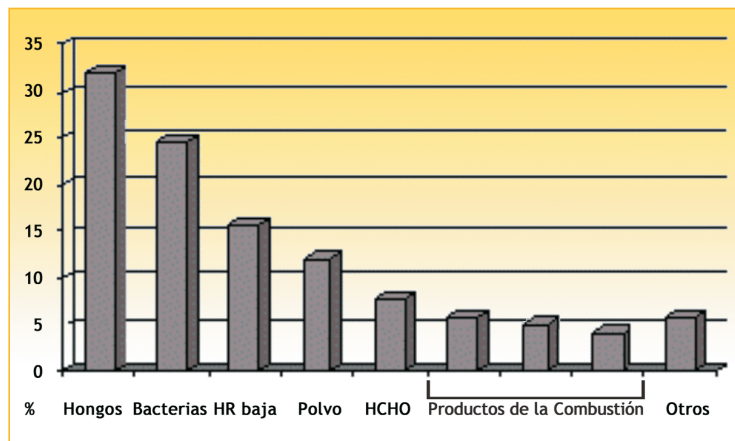


Figura 8.1 Factores de contaminación más importantes

8.1.9.1 OBJETIVOS Y ACCIONES

En primer lugar es necesario reducir las vías de entrada de los contaminantes procedentes del exterior; esto implica evitar las infiltraciones de aire exterior para lo cual es preciso someter al edificio a una cierta sobrepresión en relación con el exterior; a su vez las tomas de aire exterior deben ser cuidadosamente emplazadas y dicho aire exterior ser adecuadamente filtrado.

El segundo paso de la cadena de la prevención es reducir el nivel de contaminación que tiene como origen el propio interior del edificio; estas fuentes interiores son de muy diversa procedencia y entre ellas la propia ocupación del edificio figura en primer lugar y aunque es de difícil eliminación por razones obvias, sí puede controlarse en cierta medida facultando el acceso a determinadas áreas únicamente al personal funcionalmente imprescindible y tomando las medidas oportunas respecto a la vestimenta y calzado de dicho personal cuando sea pertinente.

Algunos materiales de construcción, decoración y acabados interiores potencialmente contaminantes pueden eliminarse si durante la fase de proyecto se está advertido de tal circunstancia y se recurre a la sustitución de los mismos siempre que sea posible.

Las plantas empleadas como ornamentación pueden igualmente ser focos potenciales a los que hay que añadir algunos de los productos empleados en su tratamiento tales como fungicidas, insecticidas y similares.

De carácter igualmente contaminante es una amplia familia de productos empleados en la limpieza y desinfección de los propios edificios y finalmente el humo del tabaco.

Las fuentes de contaminación, tanto exterior como interior, de origen biológico pueden potenciarse enormemente en el interior del propio edificio; los lugares en los que la proliferación de la materia orgánica es más frecuente son:

- a) Algunos materiales de decoración y revestimiento tales como moquetas, alfombras, cortinas, etc.
- b) Los propios ocupantes del edificio, animales de compañía y plantas ornamentales.
- c) El sistema de climatización especialmente en las unidades de tratamiento de aire, conductos, baterías de calor o frío terminales, ventiladores, los propio filtros, bandejas de recogida de condensados, humidificadores, drenajes, sumideros, etc.

Evitar la proliferación de los microorganismos interiores no es nada fácil y depende en gran parte de la existencia de un servicio permanente de mantenimiento adecuado, así como de la disciplina en el buen uso de los espacios.

Una vez que se hayan arbitrados las medidas precisas para evitar o/y disminuir la contaminación exterior, interior y la multiplicación orgánica del interior el siguiente escalón preventivo es el de confinar las fuentes de contaminantes en su propio sitio de generación, para lo cual se emplean básicamente dos medidas: las extracciones localizadas de aire y la circulación de las corrientes de aire en determinados sentidos mediante la situación de determinadas áreas del hospital en depresión o sobrepresión.

Si no resulta posible confinar la fuente de contaminación y la misma se dispersa por los espacios hospitalarios hay que acudir a diluir el contaminante a fin de reducir la tasa concentración-tiempo de exposición y a eliminar la contaminación generada mediante procedimientos de limpieza del aire, entre los que se encuentra la filtración del mismo.

8.1.9.2 NATURALEZA DE LAS ACCIONES

La cadena de Calidad de Aire

Las acciones necesarias para lograr una Calidad de Aire Interior aceptable constituyen un Sistema Funcional de manera que el fallo en una de ellas conlleva desgraciadamente el fracaso del Sistema.

Las acciones o etapas de este Sistema Funcional son:

- 1) Las Especificaciones Básicas y Características Ocupacionales y Funcionales
- 2) El Proyecto.
- 3) La Ejecución.
- 4) La Recepción.
- 5) El Mantenimiento.
- 6) Las medidas Funcionales y Organizativas.

Así por ejemplo un Sistema que haya cumplido escrupulosamente las cuatro primeras etapas no

Tabla 8.2 Metodología genérica para la reducción de la contaminación interior

Objetivo perseguido	Tipo de actuación	Naturaleza de la acción
1 Reducción entrada de contaminantes del exterior	1.1 Presurización del edificio 1.2 Adecuado emplazamiento tomas de aire de ventilación 1.3 Filtración del aire de ventilación	1.1 Preventiva: a prever en proyecto 1.2 Preventiva: a prever en proyecto 1.3. Preventiva: a prever en proyecto
2 Reducción de la contaminación generada internamente en el edificio	2.1 Control de acceso de personal a determinadas zonas 2.2. Substitución de materiales de construcción, acabados y decoración de carácter contaminantes por otros inocuos 2.3 Empleo de productos no contaminantes para el tratamiento de plantas y limpieza del edificio 2.4 Establecimiento de control sobre los animales de compañía 2.5. Impedir la generación interna ligada al funcionamiento de instalaciones	2.1 Organizativa 2.2 Preventiva: a prever en proyecto. 2.3 Organizativa 2.4 Organizativa 2.5 Mantenimiento
3 Confinamiento de la contaminación a determinadas áreas	3.1 Utilizar los flujos de aire para colocar locales a sobrepresión o depresión según sea necesario	3.1 Preventiva: a prever en proyecto
4 Reducción de la concentración de la contaminación	4.1. Dilución de la concentración mediante introducción de aire 4.2 Limpieza del aire mediante filtración y técnicas afines	4.1 Preventiva: a incluir en proyecto 4.2 Preventiva: a incluir en proyecto.

dará un servicio satisfactorio si el Mantenimiento es inadecuado o incluso si siéndolo, no se observan las medidas adecuadas de funcionalidad previstas.

1) Las Especificaciones Básicas y Características Ocupacionales y Funcionales.

Las primeras realmente constituyen las prestaciones funcionales solicitadas al edificio. En lo que se refieren a Calidad de Ambiente Interior están constituidas principalmente por:

- Temperatura y humedad relativa y los márgenes de variación de estas magnitudes, a mantener en los locales.
- Nivel de Ventilación expresado como caudal de aire exterior a proporcionar a cada espacio.
- Número de circulaciones y renovaciones.
- Sobrepresión o depresión a mantener.
- Nivel de filtrado requerido.
- Nivel máximo de infiltración permitido.
- Velocidad máxima de aire en los locales.
- Estratificación máxima de temperatura permitida.
- Nivel acústico.
- Nivel de iluminación.

Estas especificaciones deben hacerse para cada local o espacio para tener en cuenta las especificidades propias de cada uno de ellos.

No se deben realizar estas Especificaciones Básicas sin expresar y concretar bajo qué condiciones se han de cumplir. Se denominan Características Ocupacionales y Funcionales precisamente a las condiciones bajo las cuales se han de mantener las Especificaciones anteriores.

Estas Características Ocupacionales y Funcionales están constituidas por:

- Temperatura y Humedad relativa de Proyecto con indicación de los percentiles aludidos en el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación).
- Características constructivas de los cerramientos.
- Sombreamiento producido por el propio edificio sobre sí mismo y por los "obstáculos" lejanos.
- Protecciones solares (toldos, persianas...) y su estado funcional (levantados/as total o parcialmente en el momento de exigir la prestación).
- Perfiles temporales de ocupación, iluminación, electrificación y ventilación. Se entiende por perfil temporal la variación de la magnitud a lo largo del día, semana y año.
- Perfiles de funcionamiento de los espacios o/ y zonas.

Estas Características Ocupacionales y Funcionales tienen que ser definidas para cada espacio.

En definitiva las Especificaciones Básicas y las Características Ocupacionales y Funcionales, están constituidas por dos bloques de datos:

- 1) El primero de ellos, las Especificaciones Básicas, está formado por el conjunto de valores que se desea para las magnitudes de las que depende la Calidad del Ambiente Interior.
- 2) El segundo, las Características Ocupacionales y Funcionales, incluye la concreción de las "circunstancias" bajo las cuales se van a exigir las Especificaciones Básicas.

Las Especificaciones Básicas (EB) y las Características Ocupacionales y Funcionales (COF) deben ser redactadas por la "Propiedad", contando con la colaboración técnica que estime oportuna.

Las EB constituyen un documento de "exigencia", esto es: será lo que se va a exigir que cumpla la instalación en el momento de ser entregada a la Propiedad.

Las COF constituyen un documento de "autoobligación", esto es: la Propiedad se compromete a exigir lo estipulado en las EB cuando se cumplan las COF, siendo obligación de la Propiedad el cumplimiento de las COF.

De aquí se derivan dos consecuencias:

- Las EB y las correspondientes COF son los documentos técnicos a partir de los cuales se realiza el proyecto de las instalaciones de climatización.
- Las EB serán las magnitudes que se midan al recepcionar el Edificio.

2) El Proyecto.

Partiendo de las Especificaciones Básicas y de las Características Ocupacionales y Funcionales el proyectista diseña las instalaciones de climatización para que cumplan lo prescrito en ellas.

En general la tendencia del mercado, pasado y actual, es de considerar el proyecto como un mal menor impuesto por la legalidad vigente; de aquí que dicho mercado tienda a reducir todo lo posible los denominados "honorarios" de proyecto. Ello conduce a una situación compleja a los profesionales del diseño del edificio y de sus instalaciones que con gran frecuencia se ven imposibilitados para realizar dicho proyecto con el grado de calidad deseable. La Propiedad, responsable en último término de esta situación tiene que considerar que la calidad de la instalación nunca supera a la que venga definida en el proyecto. En consecuencia los defectos de calidad del proyecto serán defectos de calidad de la instalación posterior.

Profesionalmente hay distintos tipos o modalidades de proyecto: básico, ejecución, ingeniería, ingeniería de detalle, etc. Todo aquello que no sea proyectado no podrá ser valorado económicamente en el momento del concurso de la obra; como consecuencia de ello, lo no proyectado aparecerá posteriormente durante la ejecución de la obra como partida adicional,

reformado o precio contradictorio, lo que encarecerá la inversión prevista.

La carencia de calidad de un proyecto no sólo es debido a la omisión de partidas, sino que se traduce con frecuencia en la no consideración de las interrelaciones entre las diversas instalaciones, entre las instalaciones y el propio edificio y muy especialmente en defectuosas o imposibles ubicaciones de equipos y materiales, defectos todos ellos que se traducirán posteriormente en fuentes de problemas, especialmente de mantenimiento.

Los documentos del proyecto están definidos por la propia legislación que afecta a los colectivos profesionales encargados de su redacción y son al menos: Memoria descriptiva, de cálculo, planos, mediciones, presupuesto y pliego de condiciones.

Aquello que no quede incluido en ese conjunto de documentos no podrá ser valorado a la hora del concurso de obra y por tanto no podrá ser exigible en un futuro salvo el aumento presupuestario correspondiente.

3) La Ejecución.

Se ejecuta lo que se proyecta, o al menos así debería ser. El Instalador en principio lleva a la realidad aquello que ha sido proyectado, que a su vez es la consecuencia de lo que haya sido especificado en las EB.

Si la Propiedad, con un falso sentido de la economía, ha escatimado los honorarios profesionales, es muy posible que el proyecto que reciba adolezca de imprecisiones y carencias que tendrán que ser resueltas durante la fase de la ejecución por el último eslabón de la cadena, o sea por el Instalador, el cual de una manera u otra tendrá que repercutir el coste que para él representan las horas de ingeniería que tendrá que dedicar al proyecto y que no constituyen la razón de su ser empresarial.

Durante la ejecución aparecen dos actividades que a veces se confunden, tales como la Dirección de Obra y el Control de Calidad.

Este último es el que garantiza que la ejecución que lleva a cabo el Instalador es conforme a lo previsto en el proyecto. Ello implica las siguientes consideraciones:

- ❑ Únicamente se puede controlar la calidad de lo que se ha definido anteriormente; por tanto si en el proyecto no ha sido definida la calidad de los equipos estos no pueden ser sometidos posteriormente a un control de calidad.
- ❑ De igual manera, en el proyecto tienen que quedar definidos los procedimientos de ejecución de una serie de partidas (tales como tuberías, conductos, aislamientos, instalaciones eléctricas, bancadas, etc.) para que las mismas puedan ser objetos del control de calidad.

Cuando en el Proyecto no ha quedado definida la calidad de Equipos y Ejecución, el control de Calidad es una permanente situación de conflicto entre el controlador y el instalador, que va en detrimento del plazo de finalización y de la calidad de la obra.

Se quiere dejar claro que al Instalador no se le puede exigir aquello que no ha sido definido y especificado en el proyecto.

Por último el Control de Calidad es una actividad que tiene su coste; la experiencia personal del autor es que con el porcentaje previsto en los mínimos de la legislación vigente dedicados a la Dirección de Obra no se pueden realizar las dos funciones, la de dirección de la Obra y la del Control de Calidad, con lo cual con frecuencia se prescinde de esta última, quedando el Control de Calidad supeditado totalmente a la deontología profesional del Instalador principalmente, la cual chocará inevitablemente con la realidad imperiosa de hacer rentable económicamente su actividad.

4) La recepción de obra.

Durante ésta se tiene que dar fe técnica de que las prestaciones previstas en las EB se cumplen, para lo cual hay que establecer en el proyecto un Plan de Pruebas.

La legislación actual, el RITE principalmente, dice "lo que hay que medir" pero no especifica "como medir". Así por ejemplo para comprobar que a un determinado local llega el caudal de aire necesario que acredite que se cumple el número de circulaciones posiblemente especificado para el mismo, hay que medir ese caudal de aire. Medir en laboratorio es difícil; medir en obra es mucho más difícil; por ello si no queda especificado el procedimiento de medida es muy posible que las medidas carezcan de fiabilidad suficiente. A título de ejemplo, el balance térmico en una batería de calefacción puede hacerse, por lo general, con sondas de temperatura de precisión no superior a un grado, pudiendo obtenerse así resultados con fiabilidad del orden del 5%. Estas mismas sondas empleadas en la batería de frío pueden conducir a errores del orden del 20%.

Además de especificar los procedimientos de medida en el proyecto, en éste, se tienen que recoger las implicaciones que el procedimiento de medida va a suponer en la instalación. Por ejemplo, si para asegurar la fiabilidad de la medida de un caudal de aire es preciso disponer de una cierta longitud sin accidentes en la red de conductos, esto tendrá que quedar posibilitado en el proyecto. De igual modo ocurre con las tomas de temperatura, presión, etc. a dejar previstas durante la ejecución de la instalación.

Finalmente las Especificaciones Básicas han de cumplirse cuando en el edificio se den las circunstancias recogidas en las Características Ocupacionales y Funcionales; estas son variables en el tiempo y por consiguiente lo más frecuente es que cuando se lleve a cabo el Plan de Pruebas, las COF del edificio en ese momento no coincidan con las que acompañan a las EB. Por tanto será necesario hacer una prognosis, a partir de las medidas tomadas durante las pruebas, de lo que ocurrirá en el edificio y sus locales cuando los mismos estén sometidos a las COF de proyecto. Esta prognosis requiere el empleo de métodos de simulación de sistemas para asegurar que las EB se cumplirán, salvo que se pueda esperar a repetir el plan de pruebas cuando las COF del momento garanticen la proximidad a las establecidas junto con las EB.

Otros términos de lo que constituye la recepción de obra puede verse en RITE.

Por lo general no hay partida presupuestaria en los proyectos ordinarios para la cumplimentación de esta actividad, que queda reducida con frecuencia a una simple inspección visual y a una apreciación subjetiva de las prestaciones previstas.

5) El Mantenimiento.

Nunca se insistirá suficientemente sobre las actividades englobadas bajo el nombre de mantenimiento. En el supuesto de que la instalación haya acreditado durante la recepción de la misma que suministra las prestaciones establecidas en las EB, la permanencia en el tiempo de dichas prestaciones depende del servicio de mantenimiento.

Finalmente una serie no desdeñable de medidas caen en el campo puramente organizativo de la vida hospitalaria; la inexistencia de tales medidas organizativas puede dar al traste con la eficacia de las acciones de tipo preventivo y de mantenimiento.

8.2 EL SISTEMA DE CLIMATIZACION

8.2.1 INTRODUCCION

El sistema de climatización puede ser el origen de una parte de la contaminación interior de los edificios y potenciar dicha contaminación interior ya que en él se dan las condiciones adecuadas de temperatura, humedad relativa y nutrientes; adicionalmente es el principal factor de dispersión de la contaminación interior debido al transporte de aire entre diversos locales.

Pero al mismo tiempo es uno de los procedimientos más eficaces para eliminar y reducir dicha contaminación. Algunas de las funciones vinculadas al Sistema de Climatización son:

- a) Controlar, dentro de lo posible la entrada de la contaminación exterior mediante una adecuada ubicación de las tomas de aire exterior, la pertinente filtración del aire tomado del entorno externo y la presurización del edificio que impida las entradas parásitas e incontroladas del aire exterior.
- b) Controlar dentro de lo posible, la proliferación de la contaminación interior de origen orgánico, especialmente mediante un adecuado servicio de limpieza y mantenimiento de las instalaciones.
- c) Disminuir los niveles de concentración de los contaminantes mediante dilución con aire suficientemente limpio.
- d) Confinar la contaminación a través del juego de sobrepresiones/depresiones de las diversas áreas del edificio.
- e) Asegurar la limpieza del aire mediante procedimientos de filtración y otros.

Debe advertirse que una gran parte de las funciones del sistema de climatización anteriormente enumeradas coincide con las denominadas "preventivas" en la **tabla 8.2** con lo cual el relevante papel del sistema de Climatización en la prevención y eventual corrección de la Calidad del Aire Interior queda patente.

En consecuencia, ninguna de las anteriores funciones puede realizarse sin la instalación de climatización, la cual adicionalmente tiene como misión el mantener las condiciones de confort higrotérmico de los locales sin perturbar el nivel acústico adecuado de los mismos y llevar a cabo dichas funciones dentro de las normas de seguridad física para los ocupantes y de seguridad patrimonial del inmueble. Finalmente se le exige a la mencionada instalación que lleve a cabo todas estas funciones optimizando el consumo de energía y posibilitando las acciones de mantenimiento precisas.

8.2.2 NORMATIVA APLICABLE

Las instalaciones de climatización están sometidas a diversos reglamentos entre los cuales se mencionan los siguientes:

- a) Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación, RITE, aprobado por el Real Decreto 1751/1998 de 31 de Julio y sus Instrucciones Técnicas complementarias, ITE.
- b) La Ley Laboral, aprobada por el Real Decreto 486/1997 de 14 de Abril (BOE 97 de 23 de Abril).

En el RITE se referencia la numerosa normativa técnica adicional de aplicación a estas instalaciones; la Ley Laboral se refiere fundamentalmente a las condiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo e igualmente remite a legislaciones complementarias.

8.2.3 CARACTERISTICAS DIFERENCIALES DE LAS INSTALACIONES HOSPITALARIAS DE CLIMATIZACION

Estas instalaciones poseen unas rasgos específicos que las diferencian de las instalaciones análogas en otros tipos de edificios.

Las diferencias básicas son:

- a) La necesidad de restringir la circulación de aire entre determinadas dependencias para evitar contaminaciones cruzadas. Esto implica que en ocasiones no se pueda emplear aire de retorno procedente de determinados locales; adicionalmente la necesidad de mantener algunos de estos en sobrepresión o depresión en relación con los colindantes supone a su vez la exclusión de determinados sistemas de climatización que no tienen capacidad para ello.
- b) Requerimientos específicos de ventilación y filtración de aire para cada zona funcional del hospital a fin de diluir olores, reducir la concentración de microorganismos y de sustancias de naturaleza química o radioactiva que pudieran estar presentes.
- c) Exigencias igualmente específicas, para cada zona funcional, de temperatura y humedad relativa.
- d) Localización y tratamiento de las expulsiones de aire evitando condiciones de insalubridad en las inmediaciones del edificio y evitando posibles recirculaciones y cortocircuitos de aire entre las expulsiones y tomas de aire.
- e) Cuidada elección de las ubicaciones de los equipos de climatización para que sea posible un adecuado mantenimiento de los mismos con una mínima perturbación de la vida hospitalaria.

Esto implica que el diseño de las instalaciones de climatización requiera una suficiente experiencia en este campo y una estrecha colaboración con el equipo gestor del hospital y especialmente con el de Medicina Preventiva y Mantenimiento.

8.2.4 CONDICIONES TERMOHIGROMETRICAS INTERIORES: CONSIDERACIONES GENERALES

Las condiciones a mantener en el interior de los locales se establecen en el RITE por medio de la Instrucción Técnica Complementaria ITE 02.2. "Condiciones de diseño"; estas han sido establecidas tras incorporar los conocimientos actualizados provenientes del estudio del balance térmico del cuerpo humano.

Sin embargo la elección de estas condiciones en hospitales tienen que estar precedidas adicionalmente por las siguientes consideraciones:

- a) El balance térmico del cuerpo humano que da lugar a las condiciones interiores de diseño tiene plena aplicación para personas sanas, por lo que sus conclusiones no son enteramente aplicables para muchas dependencias hospitalarias.
- b) Dada la gran variabilidad de circunstancias que se dan en la vida hospitalaria hay que considerar siempre la posibilidad de que las condiciones interiores de temperatura y humedad relativa de los locales puedan ser modificadas por el personal sanitario.
- c) Con carácter general los valores recomendables son:
 - ❑ Temperatura seca entre 22°C y 26°C.
 - ❑ Humedad relativa entre 40% y 60%
- d) Se recomienda que la humidificación que fuere necesario realizar para mantener las condiciones anteriormente indicadas se efectúe mediante vapor de agua saturado a 100° C, evitándose el empleo de vapor procedente de calderas por el riesgo de contaminación ambiental.
- e) Es igualmente admisible la humectación mediante pulverización por ultrasonidos sin recirculación de agua.
- f) Se evitará la humectación por pulverización con recirculación de agua por el riesgo de introducir *Legionella*, aunque dicho riesgo en tal operación sea considerado actualmente como mínimo.

8.2.5 CONDICIONES ESPECIFICAS DE DISEÑO

El RITE permite que las condiciones de diseño sean modificadas, a juicio del proyectista, en relación con las recomendaciones de carácter general que hace el Reglamento. En España no existe normativa que regule específicamente las condiciones a mantener en las diversas áreas de los hospitales. En los Apéndices I y II "Criterios de Diseño Específicos" y "Niveles de Presión y de Ventilación para las distintas Áreas del Hospital", se incluyen traducciones de las recomendaciones contenidas en *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.* (ASHRAE) relativas a condiciones de diseño debiéndose tener en cuenta que en todo momento es el proyectista quien tiene que decidir las condiciones a aplicar de acuerdo con las reglas del arte y ateniéndose a la normativa legal en vigor en cada momento.

8.2.6 SISTEMAS DE CLIMATIZACION

En un centro hospitalario concurren diversos sistemas de climatización conocidos por sus nombres específicos tales como sistemas de Caudal Constante, Variable, Equipos Autónomos, Fan-coil, Inductores..etc

La capacidad de estos sistemas para mantener las condiciones de confort requeridas y la calidad de aire precisa es muy diferente de unos a otros; se diferencian además estos sistemas entre sí por el nivel sonoro que producen en los recintos, por el espacio ocupado y por el grado de mantenimiento requerido.

Finalmente entre ellos pueden existir notables diferencias con respecto al consumo de energía.

En consecuencia la elección del sistema adecuado a cada zona hospitalaria tal vez sea una de las decisiones de mayor influencia en la consecución de los objetivos perseguidos.

A los efectos aquí propuestos los sistemas de climatización pueden agruparse en dos categorías: sistemas con Unidades Centrales de Tratamiento de Aire (UTAS) y Sistemas con Unidades Terminales (UTES).

Los primeros pueden dar servicio a un solo espacio, módulo, local, habitación o a varios de ellos. A su vez y en cualquier caso, las UTAS pueden trabajar a Todo Aire Exterior o con Aire Recirculado.

Los sistemas con Unidades Terminales (UTES) tienen una unidad de tal tipo por cada local o dependencia y siempre recirculan aire, aunque pueden o no tener una aportación de aire exterior. En las figuras siguientes se describen brevemente estos sistemas.

8.2.6.1 SISTEMAS MEDIANTE UTAS, SIRVIENDO A UN SOLO ESPACIO (UNIZONAS) Y CON AIRE RECIRCULADO

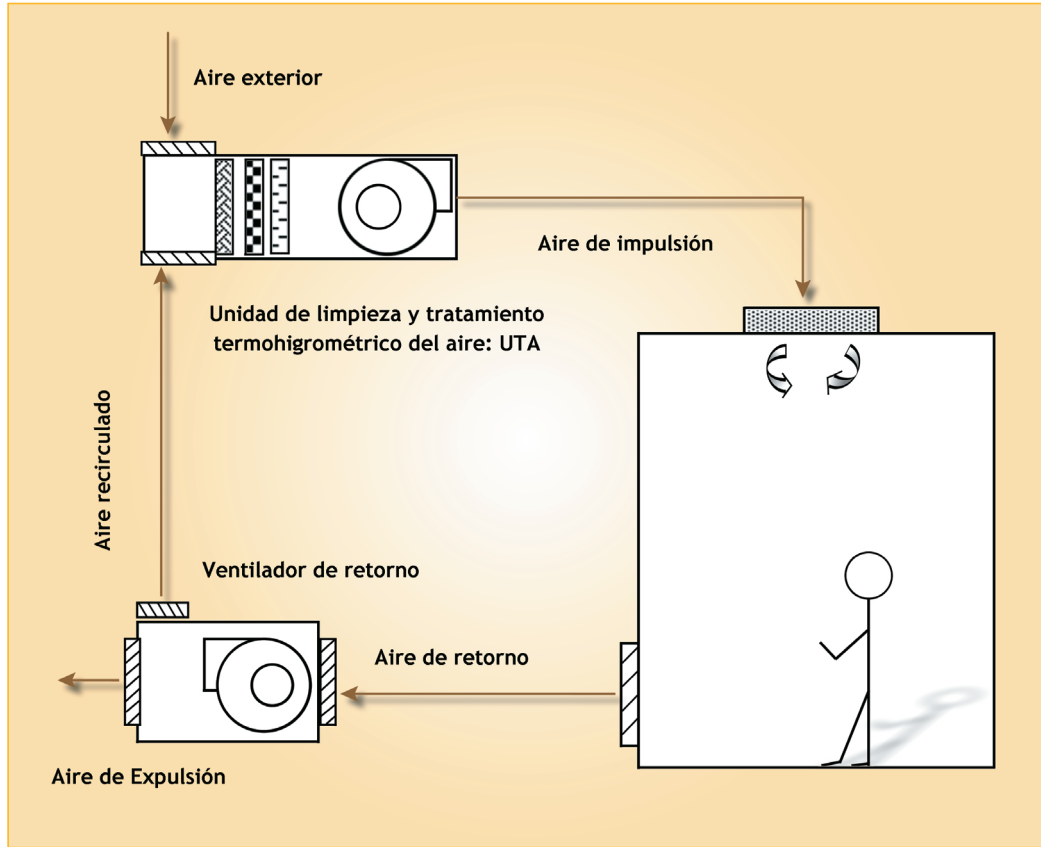


Figura 8.2: Sistemas mediante UTAS, sirviendo a un solo espacio (Unizonas) con aire recirculado

En estos sistemas, la Unidad de Tratamiento de aire situada por lo general fuera del local a acondicionar, se encarga del tratamiento térmico e higrométrico del aire así como de su limpieza, por lo general esta última realizada a través de filtros. El aire se envía al módulo mediante una red de conductos.

Un ventilador de retorno, a veces incorporado en la misma UTA, toma aire de la habitación (aire de retorno) una parte del cual se expulsa al exterior y otra es recirculado a la UTA. En ésta el aire de recirculación se mezcla con el aire tomado del exterior (aire de ventilación).

8.2.6.2 SISTEMAS MEDIANTE UTA, SIRVIENDO A UN SOLO MODULO (UNIZONA) Y CON TODO AIRE EXTERIOR

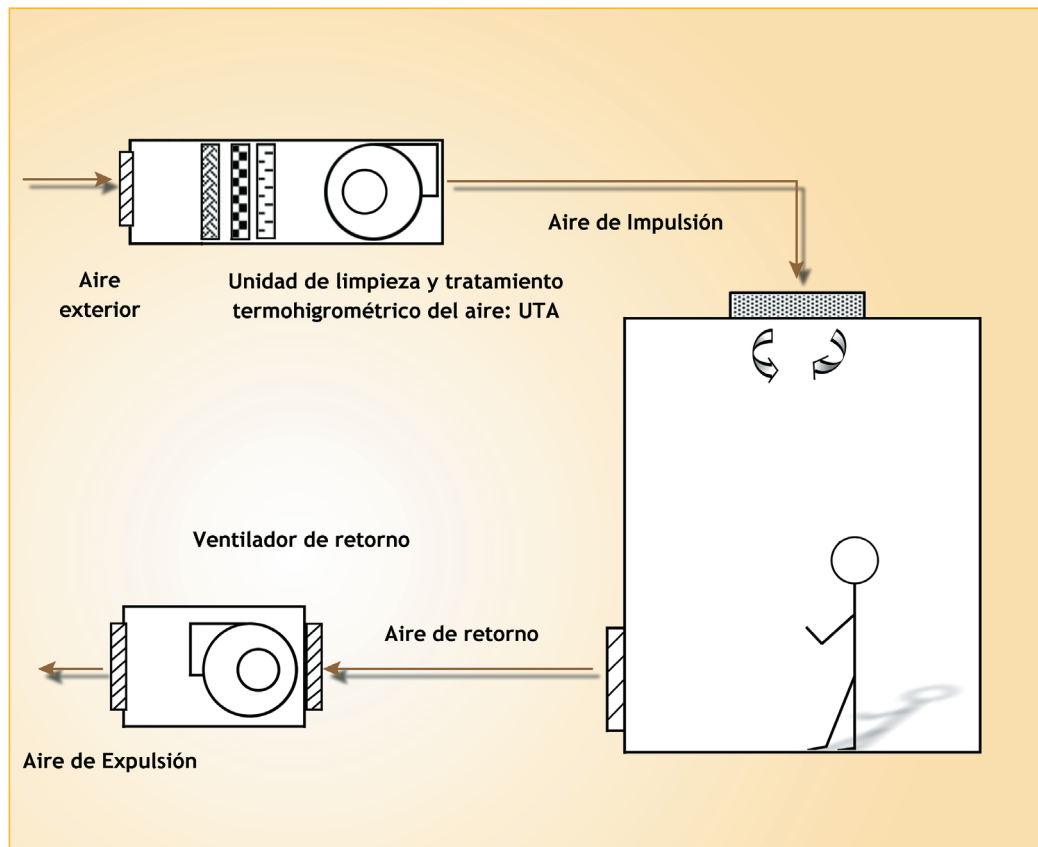


Figura 8.3: Sistema de climatización mediante unidad central (UTA) sirviendo a un sólo módulo y todo aire exterior

Este sistema es igual al anterior, excepto en que el ventilador de retorno no recircula aire, ya que todo el aire tomado del local es lanzado al exterior.

8.2.6.3 SISTEMA MEDIANTE UTA, SIRVIENDO A VARIOS MODULOS (MULTIZONA) Y CON AIRE RECIRCULADO

Este sistema es idéntico al descrito en 8.2.6.1 salvo en que la UTA da servicio a varios módulos, con lo cual hay una diseminación del aire de unas habitaciones a otras. En consecuencia este sistema dispersa la contaminación producida en un módulo al resto de espacios abastecidos por la UTA , salvo que se tomen medidas específicas para que ello no ocurra como se verá mas adelante.

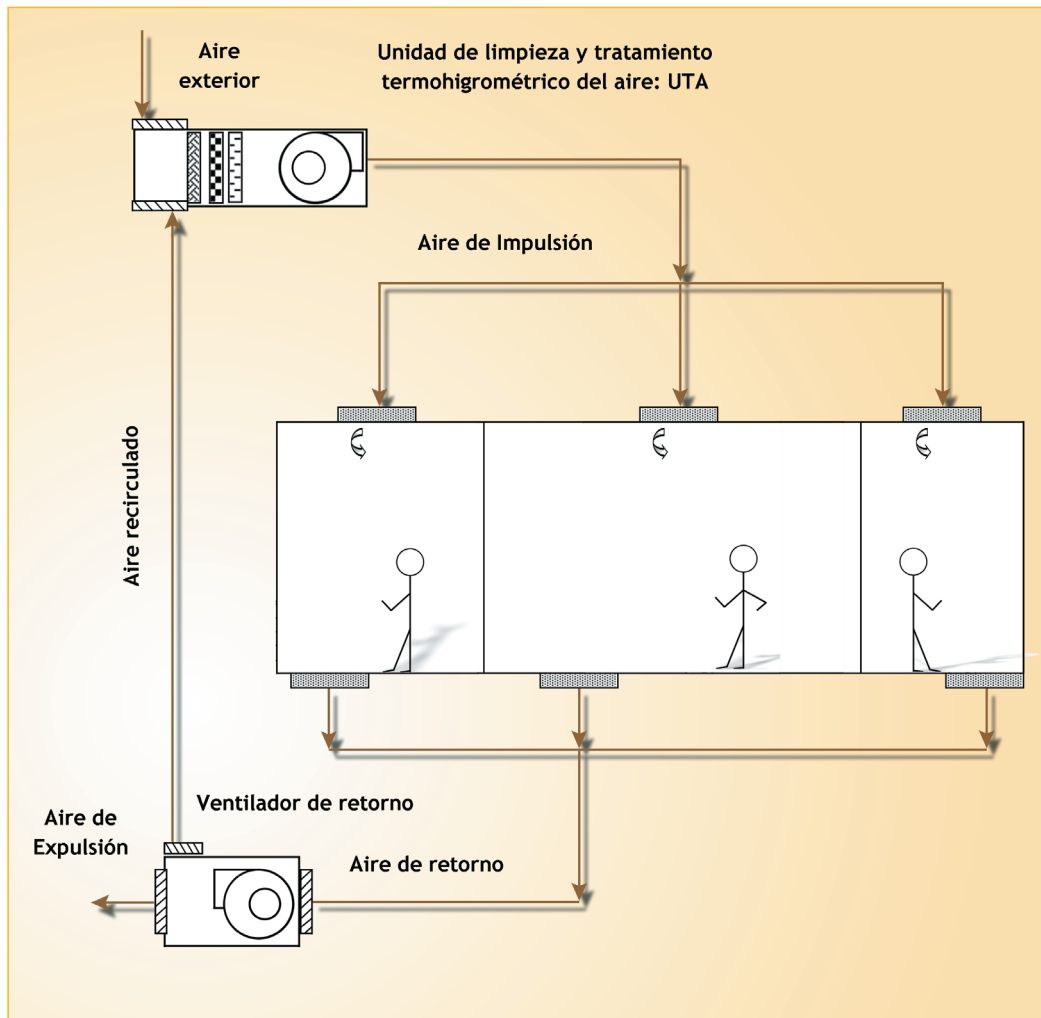


Figura 8.4: Sistema de Climatización mediante unidad central (UTA) dando servicio a varios módulos y con aire recirculado

8.2.6.4 SISTEMAS MEDIANTE UTA, DANDO SERVICIO A VARIOS MODULOS (MULTIZONA) Y CON TODO AIRE EXTERIOR

El sistema es idéntico al anterior, salvo que no existe recirculación de aire, ya que todo el manejado por el ventilador de retorno es enviado al exterior. La UTA sólo tiene una toma de aire, la correspondiente al aire exterior (aire de ventilación). En este caso no se produce contaminación cruzada, o sea que el aire de un local no se reenvía a los restantes.

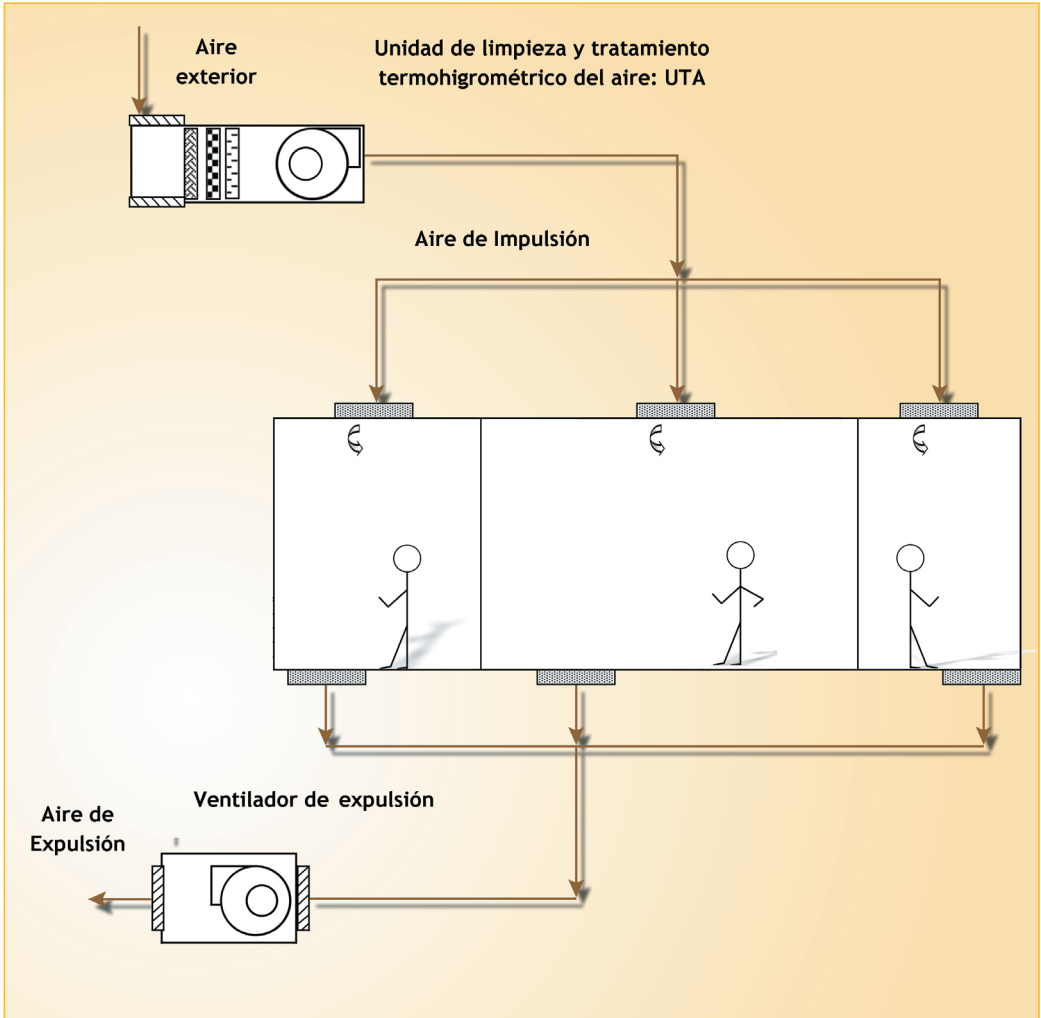


Figura 8.5: Sistema de Climatización mediante unidad central (UTA), dando servicio a varios módulos y con todo aire exterior

8.2.6.5 SISTEMAS CON UNIDAD TERMINAL Y AIRE RECIRCULADO

Esta modalidad sitúa una pequeña UTA en el propio local a acondicionar y recircula totalmente el aire del local. Se puede observar que en esta versión el módulo queda sin aire de ventilación, salvo el que pudiera entrar procedente del exterior o de zonas colindantes (aire infiltrado).

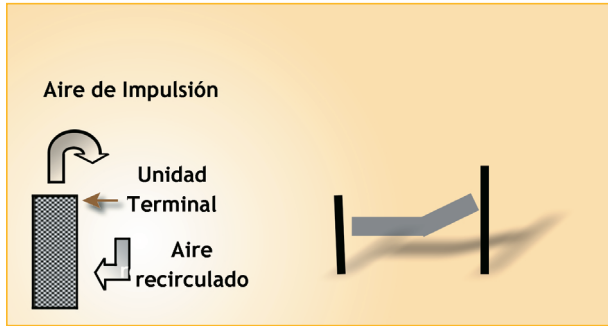


Figura 8.6: Sistema de climatización con Unidad Terminal (UTE) y todo aire recirculado (sin aire de ventilación)

8.2.6.6 SISTEMA MEDIANTE UNIDAD TERMINAL, CON APORTACION DE AIRE EXTERIOR, SIN EXTRACCION

En esta variante el módulo dispone de una Unidad Terminal y además recibe aire a través de una red de conductos. Este aire ha sido tratado en una UTA central que lo distribuye a varios espacios. Esta UTA suele denominarse UTA de Aire Primario o de Aire de Ventilación.

El aire de ventilación que llega a cada espacio sale del mismo mediante la sobrepresión que tal aire crea en cada módulo.

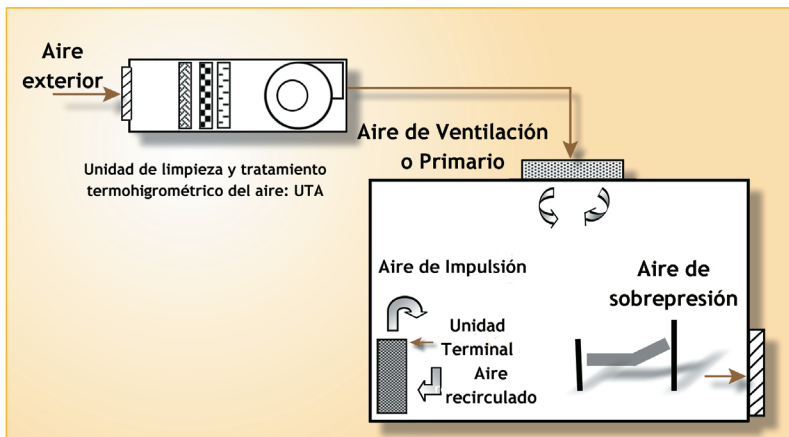


Figura 8.7: Sistema de climatización con Unidad Terminal y aire de Ventilación

8.2.6.7 SISTEMA MEDIANTE UNIDAD TERMINAL, CON AIRE PRIMARIO Y EXTRACCION

En estos sistemas la habitación se trata mediante una Unidad Terminal y se recibe aire de ventilación procedente de una UTA central de Aire Primario, al igual que en el sistema anterior.

A diferencia de éste, el actual emplea un ventilador de extracción que toma el aire de las diversas habitaciones y lo lanza al exterior. De esta manera el aire de las habitaciones ya no está a sobrepresión y no se difundirá a otras zonas.

El ventilador de extracción podría convertirse en ventilador de retorno si una parte del caudal de aire tomado de las habitaciones se recondujera hacia la UTA de aire primario, es decir si se permite la recirculación. Es evidente que en el esquema de la figura, en el que no hay recirculación no hay contaminación cruzada, mientras que si se empleara un ventilador de retorno, recirculando parcialmente, sí se produciría tal cruzamiento y el aire de unas habitaciones se mezclaría con el de otras.

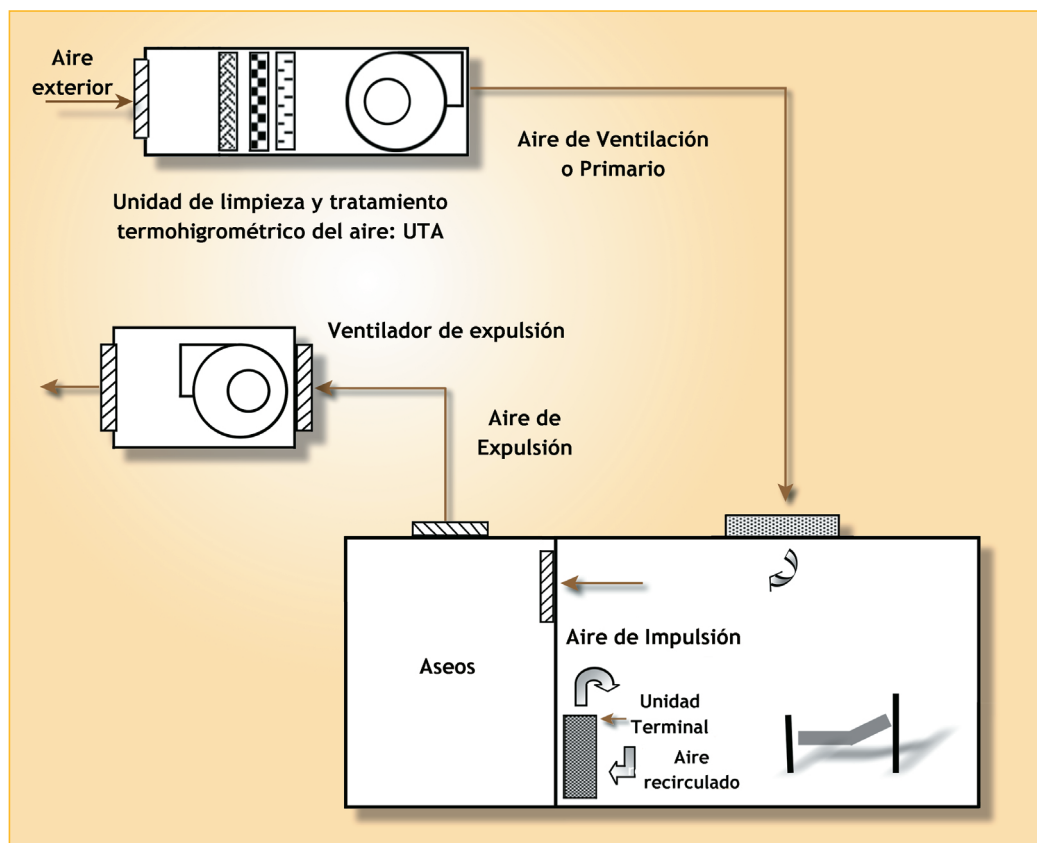


Figura 8.8: Sistema de Climatización mediante Unidad Terminal, con suministro de aire de Ventilación y Extracción de Aire

8.3 CONFINAMIENTO DE ZONAS Y ESPACIOS

8.3.1 INTRODUCCION

El confinamiento es la manera de :

- a) Impedir que contaminantes generados en ciertos espacios puedan diseminarse y transferirse a otras zonas del edificio.
- b) Impedir que a determinadas zonas lleguen contaminantes procedentes de otras, situación que aunque parezca ser idéntica a la anterior, tal como se verá es radicalmente distinta.
- c) Impedir la entrada de aire exterior parásito al propio edificio.

El confinamiento, tal como se ha indicado en el apartado 8.1.9 "*Metodología genérica para la reducción de la contaminación interior*", es una de las acciones para conseguir una adecuada Calidad de Aire Interior.

Este confinamiento se logra mediante un adecuado juego de depresiones y sobrepresiones de las zonas a confinar y reviste tecnológicamente dos formas, aparentemente diferentes, pero en esencia guiadas por el mismo concepto básico. Cuando la zona a confinar es de dimensiones reducidas se recurre a técnicas denominadas genéricamente "Ventilación localizada" y cuando los espacios son de mayores dimensiones, la técnica empleada se conoce con el mismo nombre que el principio sobre el que descansa, o sea, "Presurización de espacios".

Este confinamiento de espacio está regido por la naturaleza de los flujos de aire en los locales, cuestión que se examina brevemente en el apartado siguiente.

8.3.2 NOMENCLATURA DE LOS FLUJOS DE AIRE EN UNA INSTALACION DE CLIMATIZACION

En la **figura 8.9** se representan los flujos de aire que pueden darse en las instalaciones de climatización, resueltas mediante un sistema todo-aire.

Por lo que al local acondicionado se refiere, el aire de impulsión V_{AI} es el aire tratado termohigrométricamente y limpio (filtrado al menos) que se introduce en el local; de tal caudal una parte es retornado, V_{AR} ; el resto puede quedar en el local, V_{SP} , con lo que aumentaría la presión en el mismo, o/y ser extraído, V_{AEXT} ; adicionalmente el local puede recibir aire procedente de otras zonas o del exterior: este caudal de aire se llama infiltración, V_{inf} .

Tabla 8.3: Comparación de prestaciones de diferentes sistemas de climatización

		Figura	Control temperatura individual	Control HR individual	Nivel Ventilación	Calidad filtrado	Nivel acústico	CAI global	Capacidad Presurización	Espacio Requerido	Manteni -miento	Coste energético
UTA Unizona +	Aire Recirculado	8.2	MB	MB	B	MB	MB	MB	MB	Depende Volumen local acondicionado	B	Md
	Todo Aire Exterior	8.3	MB	MB	MB	MB	MB	MB	MB	Depende volumen local acondicionado	B	MA o Md
UTA Multizona	Aire Recirculado	8.4	M	M	R	MB	MB	R o MM	R	Depende volúmenes locales acondicionados	B	Md
	Todo Aire Exterior	8.5	M	M	MB	MB	MB	B	R	Depende volúmenes locales acondicionados	B	MA o Md
UTE+Aire Recirculado		8.6	B	M	MM	MM	R	MM	MM	Reducido	MA	M
UTE+Aire Primario-Sin Extracción		8.7	B	R	R	R	R	M	R	Medio	MA	A
UTE+Aire Primario-Con extracción		8.8	B	R	R	R	R	M	R	Medio	MA	A

MB (Muy Buena/o), B(Buena/o), R(Regular), M(Malo/a), MM (Muy mala/o), MA Muy alto/a),A(Alto/a),M(Medio/a),B(Bajo/a),MB(Muy bajo/a)

Notas a la Tabla 8.3:

1. Se entiende aquí por UTA Unizona a la que da servicio a un solo espacio, local o módulo; coincide conceptualmente con lo que se entiende en Climatización por Unizona térmica.
2. Se entiende aquí por UTA Multizona a aquella que da servicio a varios espacios, locales o módulos. Esta nomenclatura aquí empleada no coincide con la empleada en Climatización donde el concepto de Multizona se emplea en otro sentido.
3. Cuando una cualidad se califica con MB o B se quiere significar que el sistema potencialmente tiene capacidad

para dar una prestación Muy Buena o Buena, si se dota de los elementos convenientes, se proyecta e instala correctamente y su mantenimiento es el adecuado.

4. Cuando una cualidad se califica como R, M o MM se quiere indicar que aún siendo el material o equipo instalado de buena calidad, se haya proyectado, instalado y mantenido correctamente no tiene capacidad para dar una prestación superior a la indicada.

5. Las UTAS aquí descritas son de caudal constante, si fueran de caudal variable las prestaciones en control de temperatura mejorarían en relación con las de caudal constante.

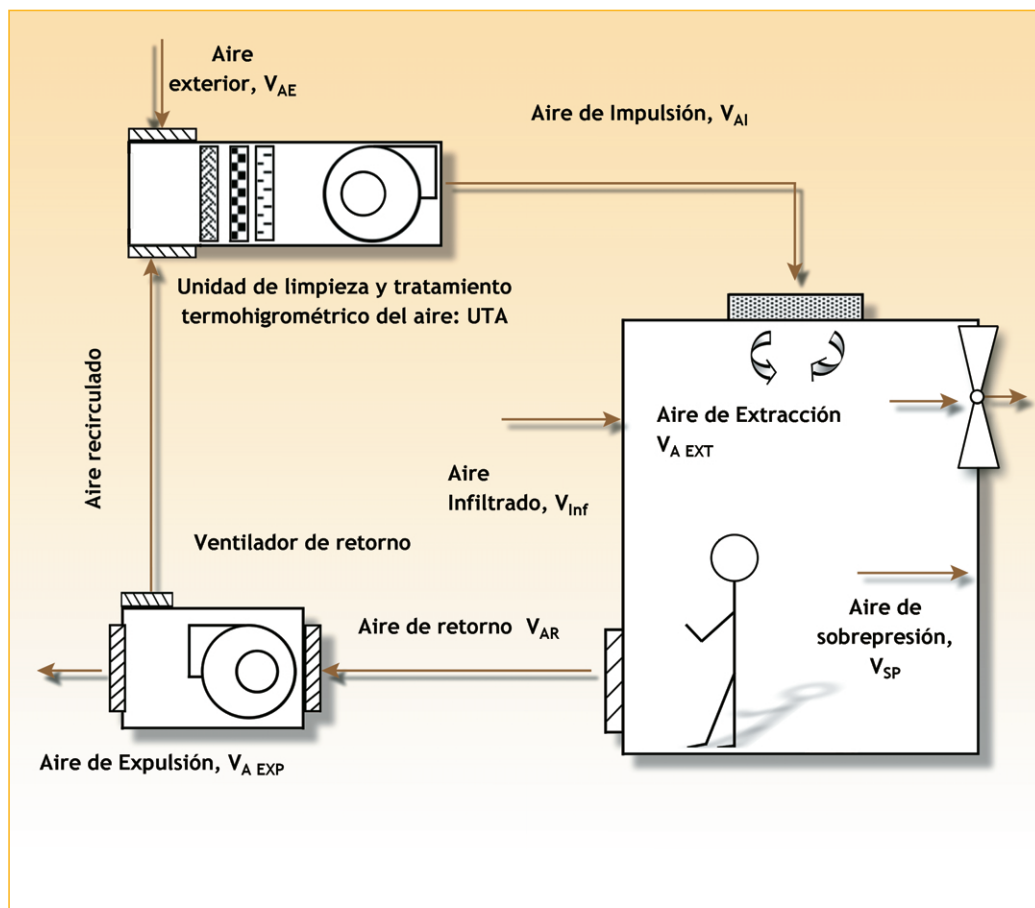


Figura 8.9: Flujos de Aire en un local

En el local debe cumplirse que el caudal de aire entrante debe ser igual al saliente más el que quede en su interior, por tanto se ha de cumplir:

$$V_{AI} + V_{inf} = V_{AR} + V_{AEXT} + V_{SP}$$

Si en el local no se extrae ningún caudal de aire, V_{AEXT} será nulo; si la sobrepresión creada por el V_{SP} es superior a la presión del exterior y de las zonas colindantes ello anulará el V_{inf} y la expresión anterior quedará del siguiente modo:

$$V_{AI} = V_{AR} + V_{SP}$$

Cuando se produce la circunstancia indicada por la ecuación anterior, o sea cuando se retorna menos aire que el que se impulsa, (V_{AI}>V_{AR}) una parte del aire de impulsión queda en el local sobrepresionándolo; bajo tales condiciones el aire, procedente del ambiente exterior o de otros locales circundantes, no pueden ingresar en el local en cuestión. Se dice que el local está confinado por sobrepresión.

Cuando el aire de sobrepresión es nulo la primera ecuación se escribe del siguiente modo:

$$V_{AI} + V_{inf} = V_{AR} + V_{AEXT}$$

En este caso el local se encuentra a depresión y un cierto caudal de aire, bien del medio ambiente exterior o/y de zonas colindantes entrará en ese local.

Para que el local se sitúe a depresión no es necesaria la existencia de un ventilador de extracción que tome aire del propio local; si dicho ventilador no existe, V_{AEXT}, será nulo y la ecuación anterior quedará:

$$V_{AI} + V_{inf} = V_{AR}$$

En tal caso, o sea cuando V_{AR} sea mayor que V_{AI} un cierto caudal, bien del exterior o/y de espacios próximos entrará en el local en cuestión. Ahora el confinamiento se traduce en que del local así confinado no se dispersa ningún contaminante hacia otras zona.

En la figura no se indican el caudal de fuga en el conducto de impulsión y el de infiltración en el de retorno; el primero representa las fugas de aire que se producen en los conductos de impulsión debido a falta de hermeticidad de los mismos, mientras que el caudal de infiltración de la red de retorno incluye todas las entradas parásitas de aire a través de los conductos de retorno, debidas igualmente a falta de hermeticidad en ellos. En los balances anteriores y únicamente a efectos de simplicidad se han considerado nulas las fugas en ambas redes, cosa que no ocurre en las instalaciones reales.

8.3.3 NUMERO DE CIRCULACIONES Y RENOVACIONES

Se denomina Número de Circulaciones, NC , al cociente entre el caudal de aire de impulsión, V_{AI} , y el volumen del local, V_L . Su valor indica el número de veces que el aire del local es circulado; su inversa es el tiempo que tarda en ser cambiado el aire del local. Así por ejemplo si el número de circulaciones es 10 ($NC=10$) ello significa que en una hora se cambia el aire del local diez veces, o que cada 1/10 de hora (cada seis minutos) se cambia el aire del local.

El aire de impulsión tal como se indica en la figura 8.8 incluye una cierta proporción de aire del exterior; se denomina Número de Renovaciones al cociente entre el caudal de aire exterior y el volumen del local; su significado físico es el siguiente: supóngase un caudal de aire de impulsión de 10.000 m³/h con una proporción de aire exterior del 20% y que el volumen del local sea de 1.000 m³. El caudal de aire exterior que entra al local será el 20% del caudal de impulsión, o sea, 2.000 m³/h. El número de renovaciones será la cifra anterior dividida por el volumen del local y será de 2, cuyo significado físico es que el número de veces que el aire del local se substituye por aire exterior es de 2 o que el tiempo necesario para sustituir el aire del local por aire exterior es de 1/2 horas, o sea 30 minutos.

En resumen, se tiene:

$$NC = \frac{V_{AI}}{V_L} \qquad NR = \frac{V_{AE}}{V_L}$$

Si se realiza ahora un balance de masas en la Unidad de Tratamiento, UTA, resulta:

$$V_{AE} + V_{ARC} = V_{AI}$$

La ecuación anterior dice que en la UTA, la suma del caudal de aire exterior introducido a efectos de ventilación, V_{AE} , y el caudal de aire recirculado, V_{ARC} , ha de ser igual al caudal de aire de impulsión, V_{AI} .

En el ventilador de aire de retorno se ha de cumplir que: $V_{AR} = V_{ARC} + V_{AEXP}$; cuyo significado físico es evidente, o sea que el caudal manejado por el ventilador de retorno ha de ser igual al que se recircula hacia la UTA, V_{ARC} más el que se expulsa al exterior, V_{AEXP} .

Si ahora se realiza el balance para el conjunto de la UTA y del local, se tendrá:

$V_{AE} + V_{inf} = V_{SP} + V_{AEXT} + V_{AEXP}$; esta expresión traduce el hecho de que el aire que ingresa en el sistema (conjunto de la UTA y el local), o sea el aire exterior, V_{AE} y el aire de infiltración, V_{inf} , tiene que igualar al caudal de aire que queda en el local, V_{SP} , y al que sale del sistema, V_{AEXT} y V_{AEXP} .

Para los diversos sistemas de climatización enunciados en el apartado 8.2.6 se pueden escribir sus correspondientes balances de manera análoga a la indicada anteriormente.

8.3.4 CONFINAMIENTO DE ZONAS MEDIANTE VENTILACION LOCALIZADA

El objetivo de esta técnica es capturar al contaminante lo mas cerca posible del punto de generación, evitando de este modo que dicho contaminante se disperse por el resto del aire de la zona.

La técnica para este tipo de confinamiento emplea dispositivos denominados Campanas de extracción, Cabinas o Cápsulas de confinamiento las cuales pueden ser total o parcialmente cerradas. Las primeras encapsulan, por así decirlo totalmente a la fuente de contaminación, de manera que queda aislada del resto del recinto o local donde se encuentre, mientras que la segunda se sitúa sobre y alrededor del punto de contaminación sin llegar a aislarlo por completo de la habitación.

8.3.4.1 DISPOSITIVOS CERRADOS

Se suelen emplear en laboratorios donde se manejan especímenes que puedan contener organismos infecciosos, así como en la inducción de esputos o administración de medicación aerosolizada. Igualmente el dispositivo de confinamiento puede tener capacidad para alojar a un paciente en cuyo caso es necesario impedir que los cerramientos de la cabina provoquen una sensación insoportable de aislamiento a la persona.

Cuando estos dispositivos se emplean para alojar pacientes sucesivamente, es necesario que el caudal de aire de impulsión sea capaz de eliminar al menos el 99% de las partículas y microorganismos existentes en su interior en un intervalo de tiempo igual al que media entre la salida de un paciente y la entrada de otro.

En la **figura 8.10** se muestra conceptualmente una Cabina de confinamiento totalmente cerrada.

8.3.4.2 DISPOSITIVOS SEMICERRADOS

Están formados por una campana situada muy cerca del punto de contaminación, (paciente o fuente de contaminantes) que no llega a cubrir y aislada del resto del recinto. El patrón de flujo de aire en las proximidades de la cara del paciente es tal que impide que la gotículas desprendidas por tos o estornudo puedan pasar al ambiente.

8.3.4.3 DESCARGA DEL AIRE DE EXTRACCION DE LOS DISPOSITIVOS DE CONFINAMIENTO LOCALIZADOS

El aire de extracción del dispositivo de confinamiento puede ser lanzado a la propia habitación donde esté el primero o ser enviado al exterior.

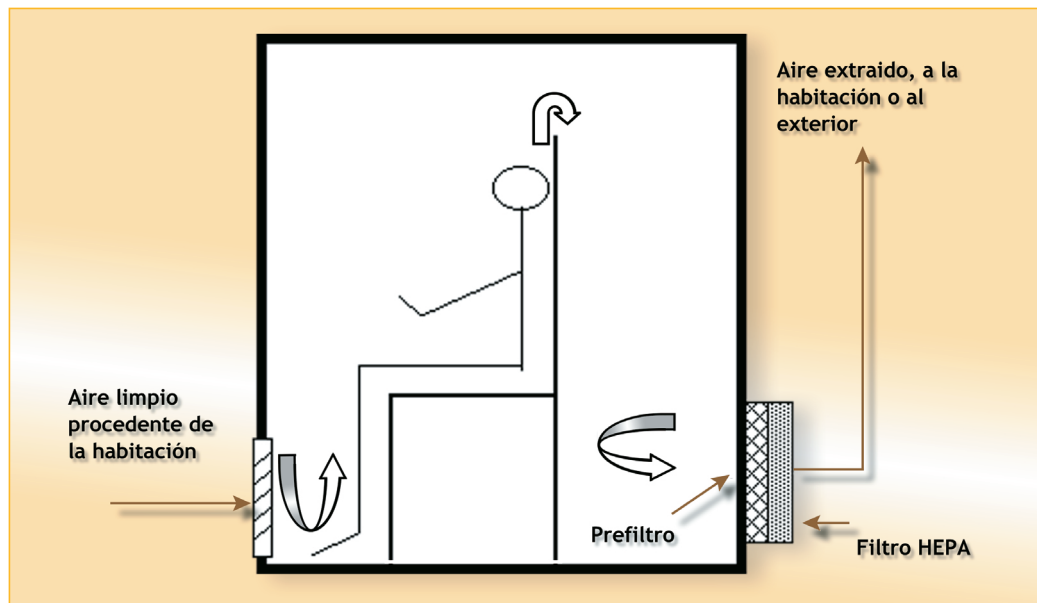


Figura 8.10 Cabina de confinamiento, totalmente cerrada

En el primer caso es preciso que ese aire de extracción sea filtrado mediante filtros HEPA antes de ser reintroducidos en la habitación. El ventilador debe colocarse aguas abajo del sistema de filtrado para que todo el dispositivo de encapsulamiento esté en depresión, a fin de evitar cualquier fuga desde este a la habitación sin ser previamente filtrada.

Si el aire de extracción es lanzado al exterior se tomarán todas las precauciones requeridas relativas a expulsiones de aire, pudiendo en determinados casos ser necesaria también la interposición de un sistema de filtrado adecuado.

8.3.5 CONFINAMIENTO DE ZONAS MEDIANTE PRESURIZACION

Cuando aumenta el tamaño de la zona a confinar llega un momento que no resulta práctico recurrir a campanas o módulos de aislamiento ya que las dimensiones del dispositivo de aislamiento se hacen prácticamente iguales a la de la habitación donde tiene que instalarse dicho dispositivo. En tales casos la propia dependencia constituye el módulo de aislamiento.

Algunas zonas de los hospitales deben aislarse de las colindantes; entre tales dependencias pueden mencionarse las áreas quirúrgicas, laboratorios, habitaciones de infecciosos y de

inmunodeprimidos, mortuorios, y las que se conceptúen como Salas Blancas.

El procedimiento para confinar zonas es establecer entre ellas y los espacios colindantes la diferencia de presiones convenientes, teniendo presente que la circulación de aire se establece en el sentido de las presiones decrecientes o sea desde los locales de mayor presión hacia los de menor.

Básicamente se pueden considerar tres tipos de áreas:

1. Areas en sobrepresión, para las que el objetivo es impedir que microorganismos de transmisión aérea puedan llegar; a estas zonas se les denomina aquí, Areas Protegidas. Son características de esta modalidad las habitaciones para alojamiento de pacientes inmunodeprimidos.
2. Areas en depresión: en ellas se pretende que los contaminantes de transmisión aérea no puedan salir de dicha zona y difundirse al resto. Se las denomina en lo que sigue, Areas Aisladas. Un área típica de esta modalidad son las habitaciones de enfermos afectados de TB.
3. Areas anidadas: son aquellas que se intentan proteger de la entrada de microorganismos procedentes de las zonas colindantes y al mismo tiempo se desea que los contaminantes generados en la misma no se difundan a otras zonas. Ejemplo de ellas son habitaciones de enfermos inmunodeprimidos afectados, por ejemplo, de TB.
4. Areas combinadas: aunque en realidad las mismas no aportan nada conceptualmente a lo expuesto se definen así a espacios próximos en los que alternan áreas de diversa calificación.

Se ha de tener en cuenta que si el sistema de climatización, encargado de mantener las diferencias de presión entre locales se avería, se producirá debido a corrientes de convección natural entre los locales la mezcla de aire entre los mismos; de aquí que si se desea mantener a ultranza el grado de confinamiento, será preciso considerar en estas áreas la entrada en servicio de un sistema de reserva para emergencias.

A continuación se muestran diversas figuras que recogen la concepción básica de estas dependencias. La disposición de estas zonas, como puede observarse, responde a dos patrones: sin y con antecámara. La ausencia de antecámara no puede impedir que se produzcan reflujos de aire cuando se produce la apertura de puertas entre la dependencia a tratar y las zonas colindantes; en tales casos el reflujo de aire se traduce en una entrada de aire parásito desde las zonas colindantes a la dependencia cuando esta está en sobrepresión y en sentido contrario cuando está en depresión. En cualquier caso el objetivo a lograr puede no conseguirse plenamente. Por ello cuando se quiere asegurar la protección y/o aislamiento de zonas se recurre a antecámaras, situadas a presión diferencial adecuada en relación con la propia área y con las zonas colindantes.

Estas antecámaras deben estar dotadas de puertas cuya apertura simultanea esté impedida normalmente y cuyo cierre sea automático, salvo emergencias.

8.3.5.1 AREAS PROTEGIDAS CONTRA AGENTES PATOGENOS DE TRANSMISION AEREA

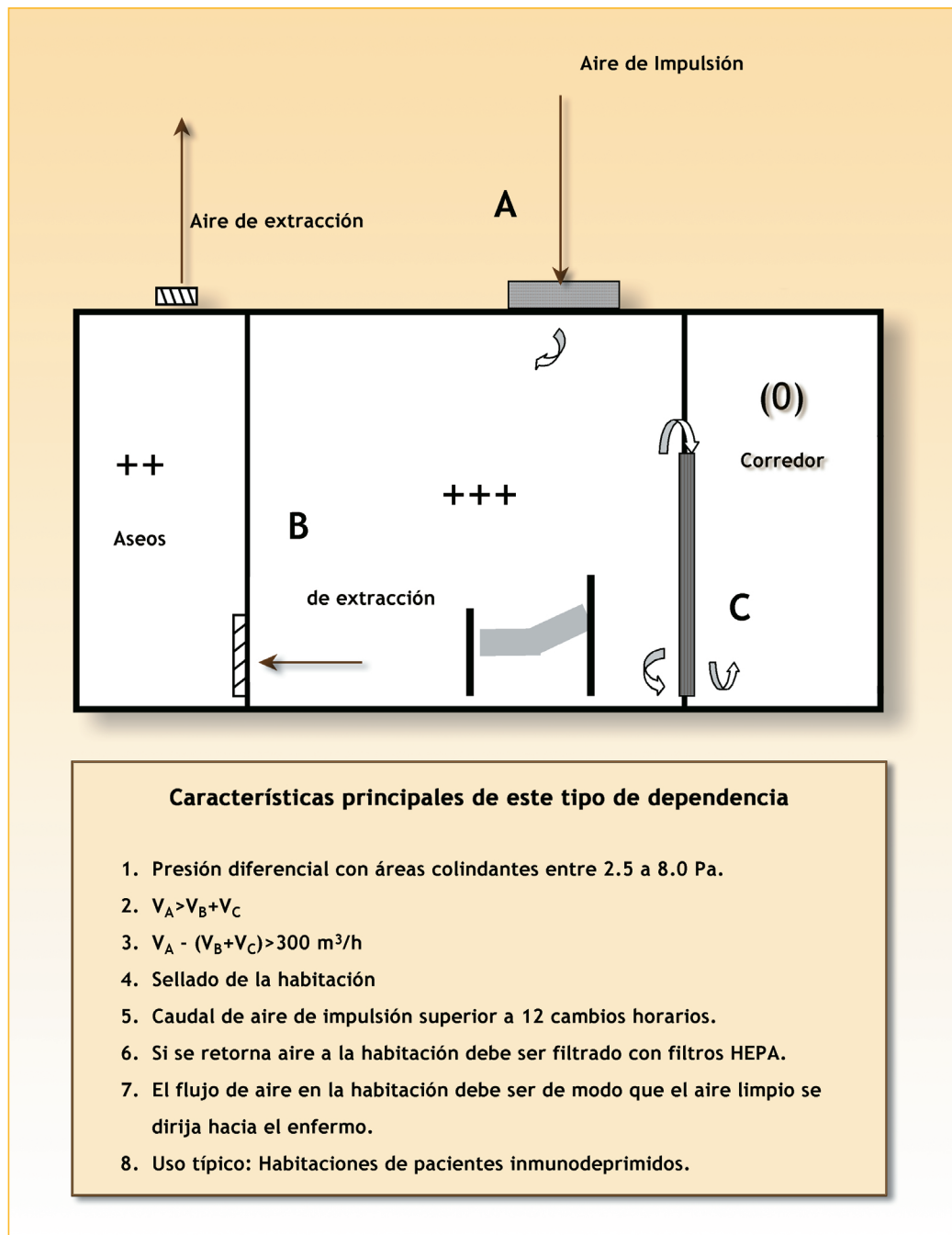


Figura 8.11: Area protegida, sin antecámara

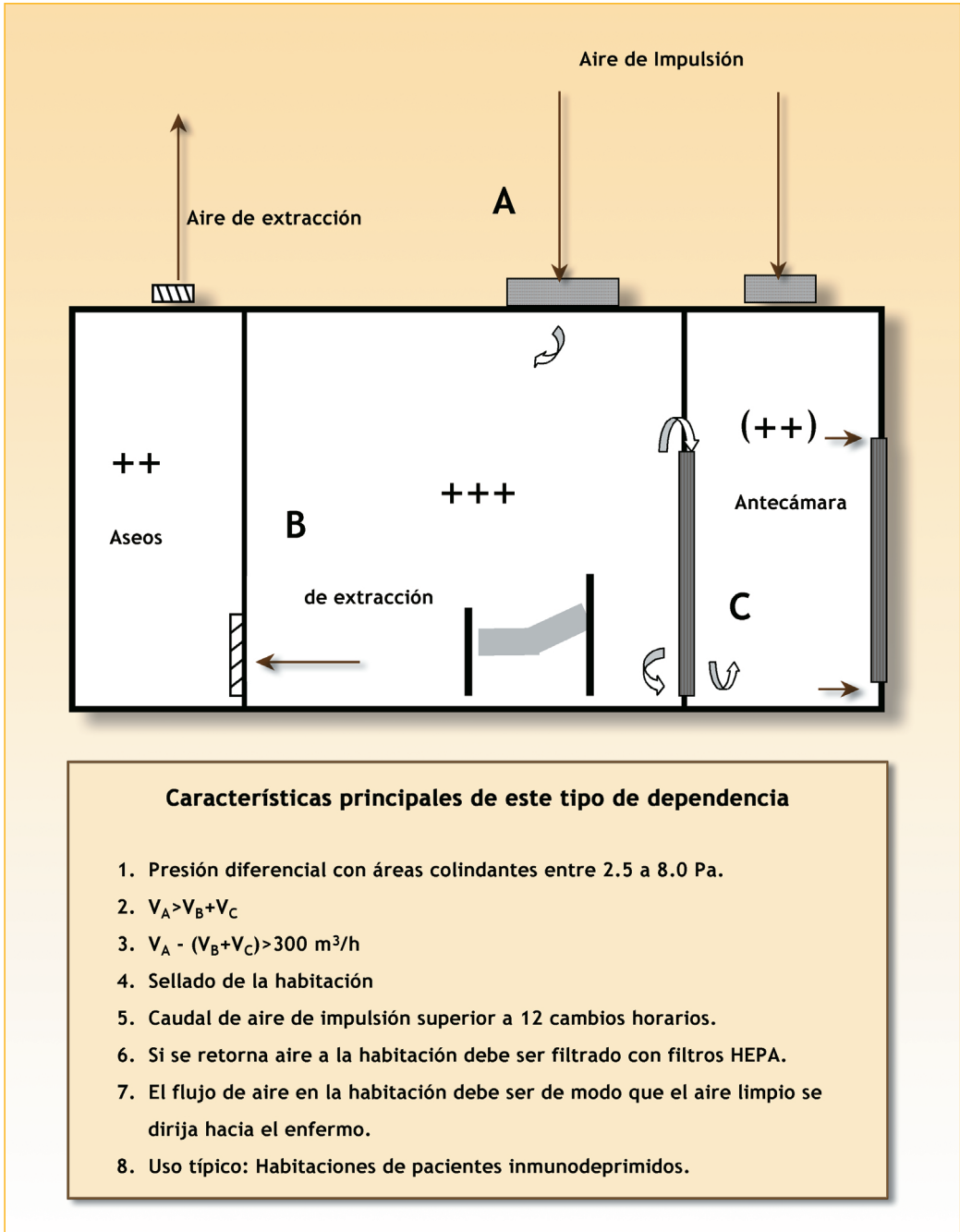


Figura 8.12: Área protegida contra agentes patógenos de transmisión aérea, dotada de antecámara

8.3.5.2 AREAS DE AISLAMIENTO

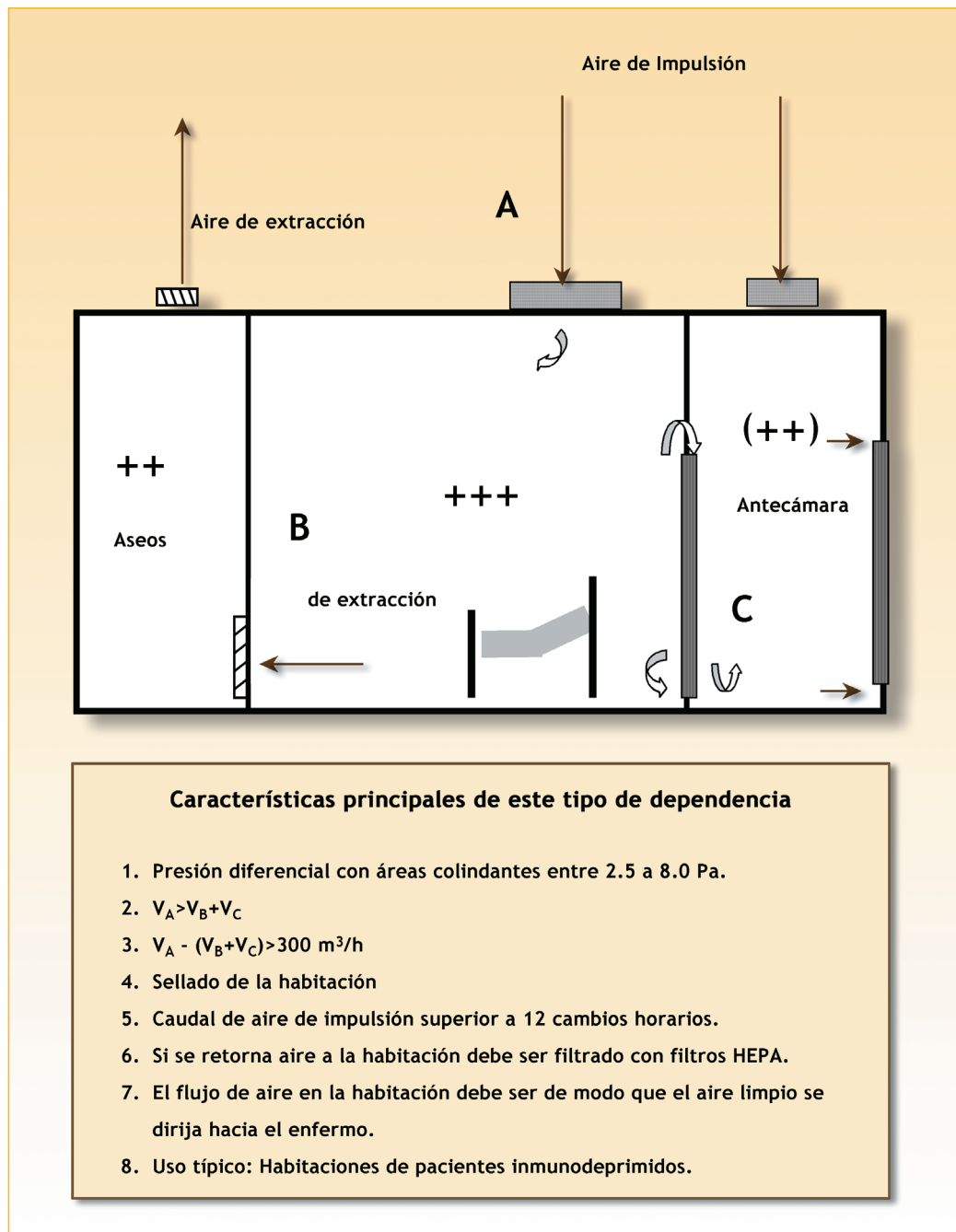


Figura 8.13: Area de aislamiento, sin antecámara

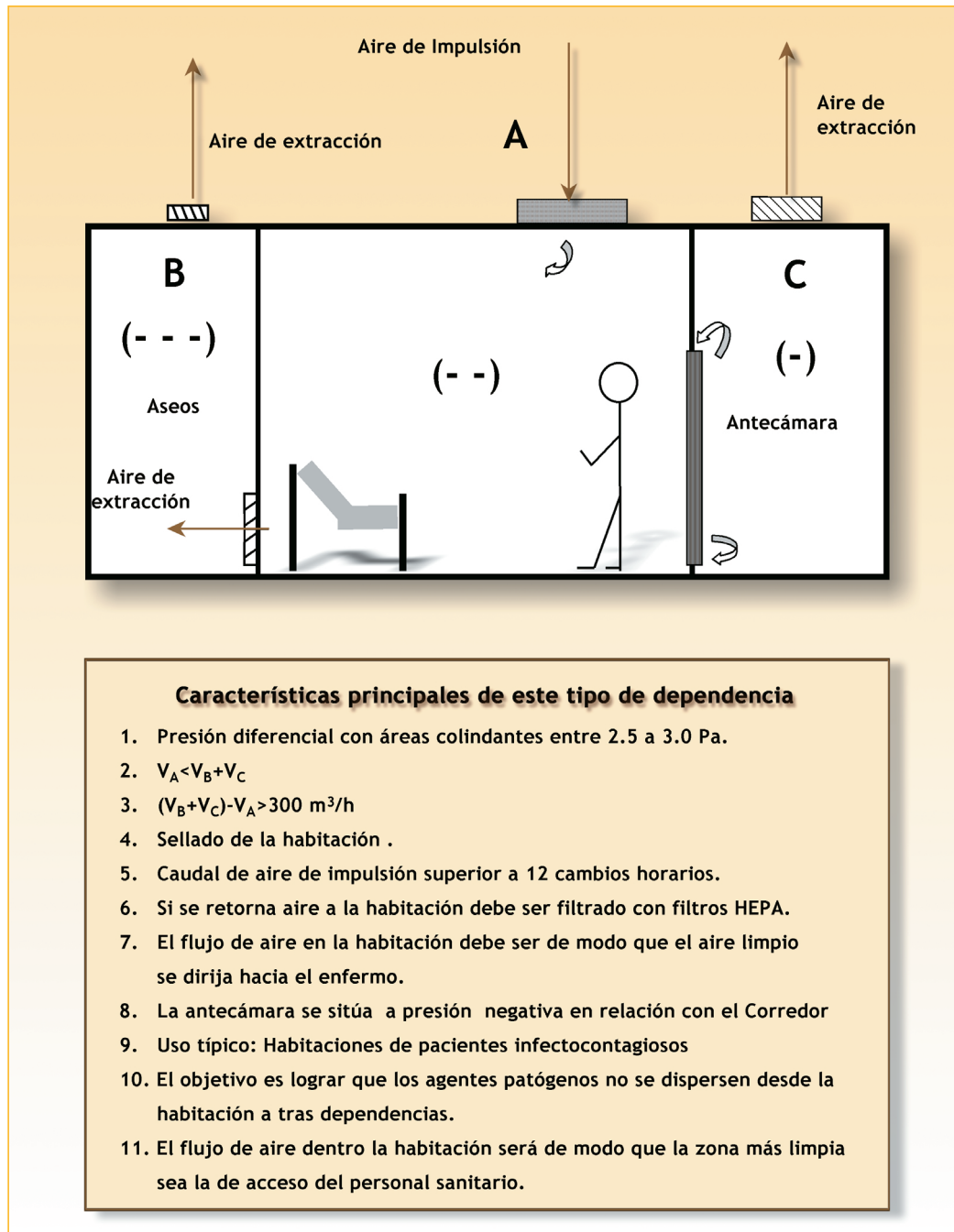


Figura 8.14: Area de aislamiento, con antecámara

8.3.5.3 AREAS PROTEGIDAS Y AISLADAS

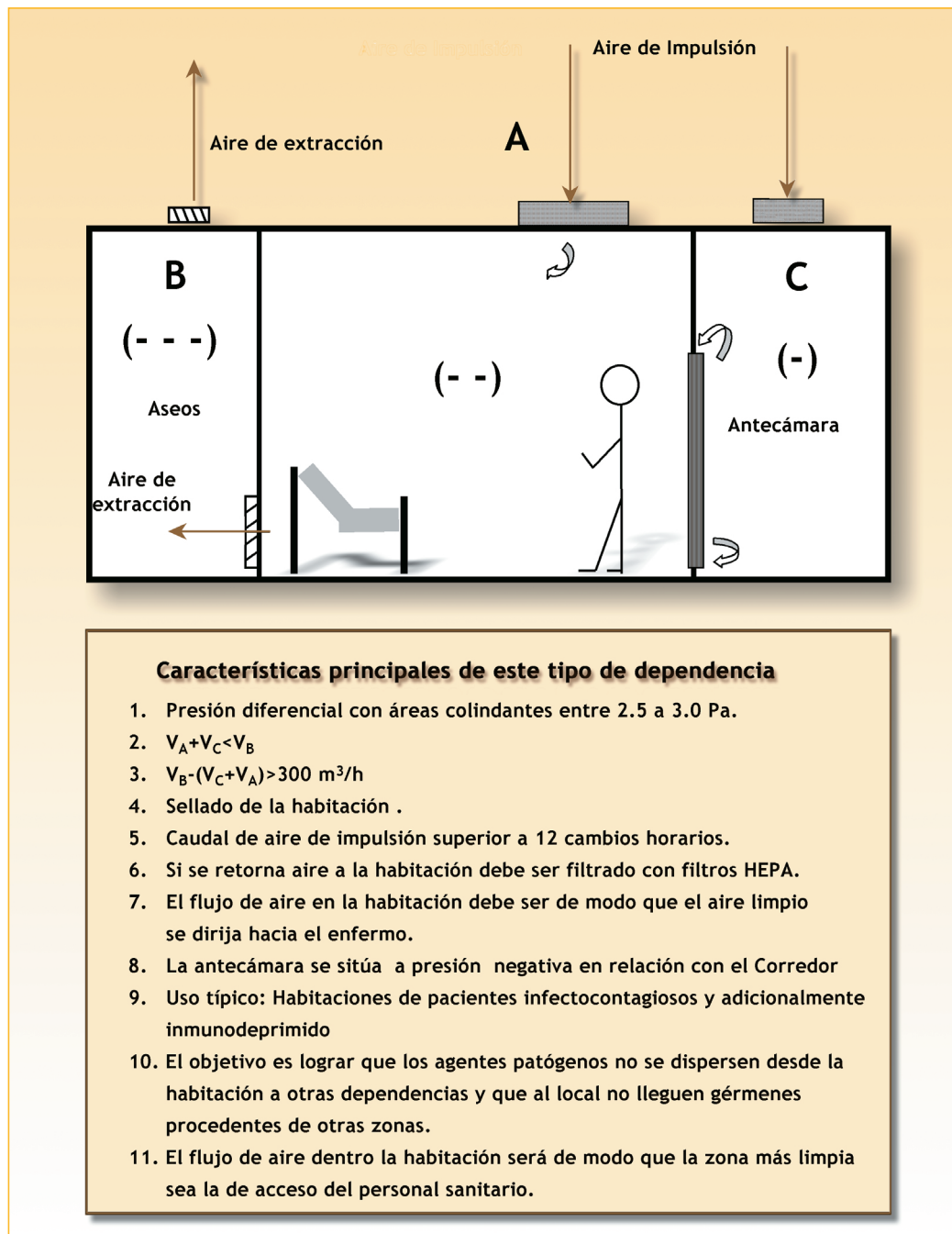


Figura 8.15: Área aislada y protegida

8.3.5.4 AREAS COMBINADAS

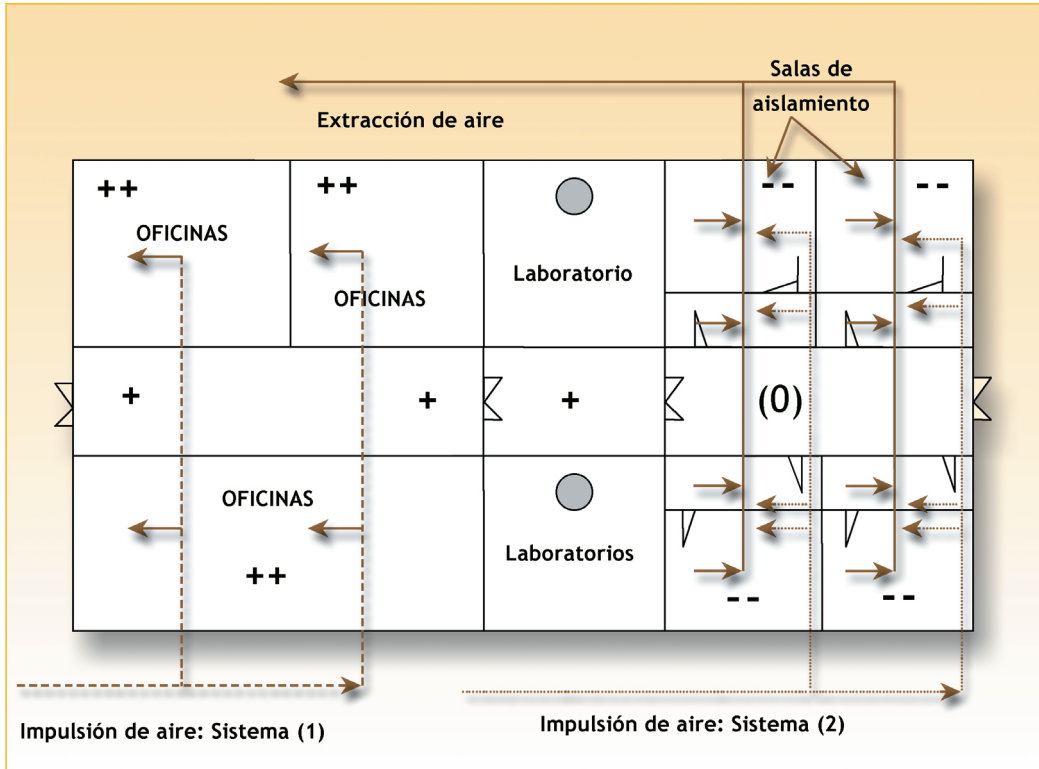


Figura 8.16: Confinamiento de espacios en diversas zonas de un edificio mediante la instalación de climatización

En la **figura 8.16** se representa la planta de un edificio en el que existen Oficinas, Laboratorios y Salas de Aislamiento.

Un sistema de climatización denominado (1) da servicio a las primeras y otro, diferente, llamado (2) se encarga de las Areas de Aislamiento.

Las Oficinas están colocadas a sobrepresión de manera que a ellas no pueda llegar aire procedente de las otras zonas y las Areas de Aislamiento lo están a depresión, por lo que ningún germen puede salir de ellas.

Los Laboratorios están dotados de Campanas de Extracción localizada y toman el aire preciso del sobrante en oficinas, gracias a la presurización de éstas superior a la existente en Laboratorios.

8.3.5.5 RESUMEN DE ESPECIFICACIONES DE DIVERSAS AREAS HOSPITALARIAS

Tabla 8.4: Resumen de especificaciones de diversas áreas hospitalarias

Especificación	Área de aislamiento (a)	Área protegida	Unidad de Vigilancia intensiva (b)	Antecámara	Quirófano
Presión del aire (c)	Negativa	Positiva	Positiva, negativa o neutra	Positiva o negativa	Positiva
Número de circulaciones horarias	>12	>12	>6	>10	15 o 25
Sellado del área (d)	Si	Si	No	Si	Si
Tipo de filtración	90%, dust.spot ASHRAE 52-76	99.97% HEPA	>90%	>90%	90%
Recirculación de aire	No (e)	Si	Si	No	Si

Notas:

- a) Aplicable también a dependencias de broncoscopia.
 - b) En Unidades de Cuidados Intensivos con numerosos pacientes inmunodeprimidos se aconseja presión positiva y filtros HEPA.
 - c) Flujo de aire en la dirección limpio a sucio: si presión negativa "hacia el paciente"; si presión positiva "desde el paciente"
 - d) Minimizar la infiltración de aire a la zona para facilitar el control de la presurización.
 - e) Se permite la recirculación si el aire de extracción es filtrado mediante filtros HEPA.
- (Tomado de Draft Guideline for Environmental Infection control in Healthcare Facilities, 2001 (CDC))

8.4 DILUCION DE CONTAMINANTES

8.4.1 CONCEPTO GENERAL

Cuando no es posible eliminar la fuente de contaminación o aislarla de modo que se pueda impedir la dispersión de los contaminantes es preciso recurrir a la dilución de los mismos, para de este modo, tal como se ha indicado anteriormente, reducir la acción conjunta de concentración-tiempo de exposición.

La dilución se logra mediante introducción de suficiente aire limpio.

La **figura 8.17** representa esquemáticamente el proceso de dilución; el procedimiento es simple ya que lo único que requiere en principio es la introducción de aire limpio en el local y la extracción del mismo. En la figura, el aire tomado del exterior de la habitación está etiquetado como "aire limpio"; por lo general dicho aire es filtrado (a veces limpiado o/y depurado) y tratado termohigrométricamente.

En la figura se indica con la magnitud G , la velocidad de generación del contaminante; ésta puede

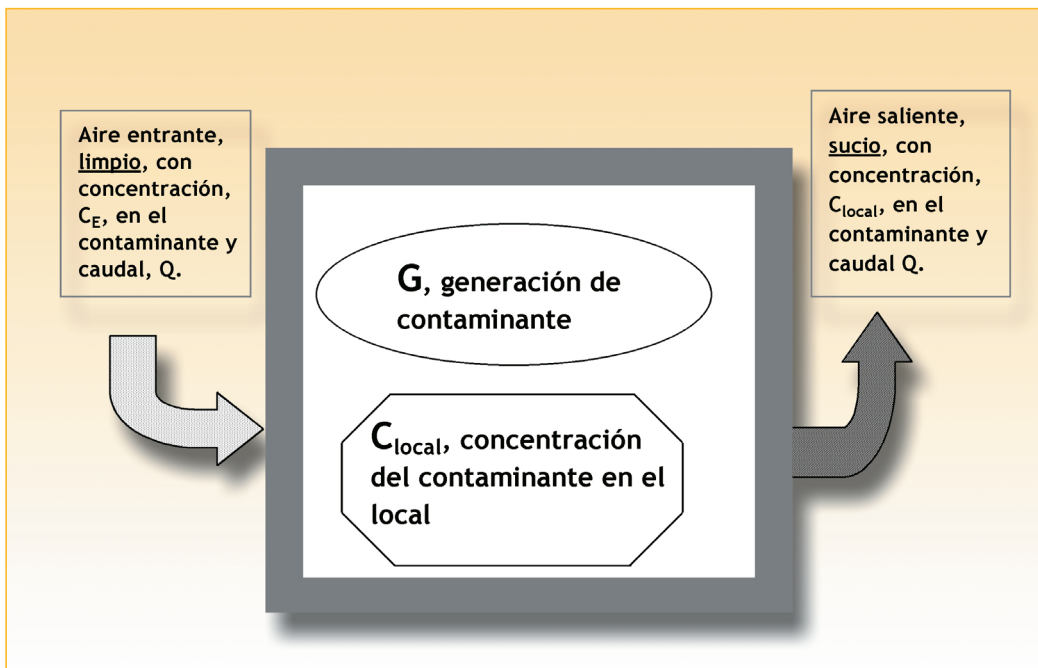


Figura 8.17: Proceso de dilución de contaminantes

venir dada por ejemplo por el número de cigarrillos que se consumen en una hora por las personas que ocupan la habitación, o por la polución sensorial producida por los propios ocupantes o por la cantidad de contaminante producido por hora en el caso de que se tratara de un disolvente que se desprendiera en la habitación, etc.

La concentración del contaminante en el local es la deseada o permitida y las concentraciones del aire entrante y saliente son las del contaminante en los flujos de aire que ingresan y salen del local.

8.4.2 EFICACIA DE VENTILACION

La **figura 8.18** cuantifica y aclara este concepto: la eficacia de ventilación es por tanto la diferencia entre la concentración del aire que se extrae del local (C_S) y la del aire que se impulsa al mismo (C_E) en relación con la diferencia de concentraciones entre el aire en la zona de ocupación del local (C_L) y el aire de impulsión (C_E).

El significado se clarifica cuando se consideran los valores extremos que puede tomar la eficacia de ventilación y que son los siguientes:

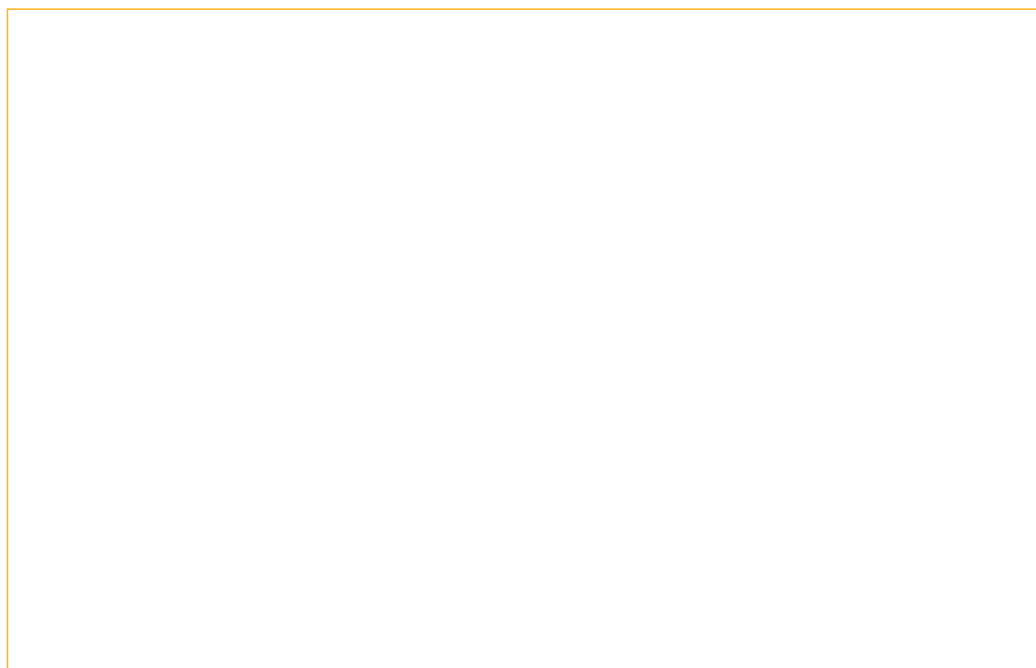


Figura 8.18: Eficacia de Ventilación

- $\mathcal{E}_v = 0$; en este caso la concentración C_S del contaminante en cuestión en el aire de salida del local es igual a la concentración del aire de impulsión C_E en dicho contaminante; esto significa que el aire de impulsión no ha realizado ninguna función de arrastre del contaminante por lo que la concentración del mismo en el local sigue siendo la misma y por tanto no se ha llevado a cabo ninguna dilución.
- $\mathcal{E}_v = 1$; cuando ocurre tal cosa se cumple que $C_S = C_L$ lo que implica que la concentración del contaminante en el aire de salida de la habitación es igual a la del contaminante en el aire del local, lo cual es sinónimo de mezcla perfecta.

8.4.3 CAUDAL DE AIRE DE IMPULSION NECESARIO

El caudal de aire de impulsión necesario, a efectos de dilución, se determina por la expresión que indica la **figura 8.19**.

Q es el caudal necesario para mantener la concentración de la sustancia contaminante en el valor C_{lim} ; (anteriormente denominada concentración en el local, C_L); \mathcal{E}_v es la eficacia de la ventilación tal como se ha definido en el apartado anterior y C_{ent} representa la concentración de la sustancia contaminante en el aire entrante; G es el ritmo (velocidad) de generación de la sustancia contaminante.

De dicha expresión se deduce:

- a) El caudal de impulsión a efectos de dilución es directamente proporcional a la velocidad de generación del contaminante e inversamente proporcional a la eficacia del sistema de ventilación.

$$Q = \frac{G}{C_{lim} - C_{ent}} \times \frac{1}{\mathcal{E}_v}$$

Figura 8.19: Caudal de aire de impulsión

- b) El caudal de dilución es inversamente proporcional a la diferencia de concentraciones del aire entrante y del valor permitido para la sustancia contaminante; ello implica que el caudal de impulsión se reduce cuanto "mas limpio" es el aire entrante en la sustancia contaminante y de aquí el interés de emplear un aire lo mas limpio posible y por ende utilizar técnicas encaminadas a limpiar previamente el aire, recirculado o exterior, que ha de servir de alimentación al sistema de dilución.

La concentración máxima admitida, C_{lim} depende del efecto del contaminante y pueden darse los siguientes casos:

- a) Contaminantes que únicamente producen una sensación olfativa: el valor de C_{lim} es el umbral olfativo de la sustancia.
- b) Contaminantes con efectos perjudiciales para la salud: en tal caso el valor de C_{lim} es el que marque el TLV de dicho contaminante o el valor umbral que marque la legislación correspondiente o la fuente de referencia empleada por el proyectista.
- c) Si lo que se desea es mantener la sensación de "calidad de aire" definida en el documento prENV 172, referirse al mismo.

En el caso de presumirse la presencia de varios contaminantes se ha de calcular el caudal necesario para cada uno de ellos y emplear el mayor, lo que supone que no hay efectos interactivos en el proceso de dilución, esto es, que la dilución y presencia de un contaminante en la corriente de aire no afecta al poder diluyente del aire.

8.4.4 INFLUENCIA DE LA EFICACIA DE LA VENTILACION EN EL VALOR DEL CAUDAL DE AIRE A IMPULSAR

En la **figura 8.19** se pone de manifiesto que el caudal de aire de impulsión es inversamente proporcional a la eficacia de la ventilación, por lo que si ésta puede tomar valores muy bajos el caudal de aire de impulsión requerido para la dilución sería muy elevado.

En régimen de refrigeración, cuando la temperatura de impulsión es menor que la del aire del local la eficacia alcanza valores próximos a la unidad. Sin embargo en régimen de calefacción cuando la temperatura del aire de impulsión es mayor que la del aire del local la eficacia de la ventilación cae dramáticamente a valores en el entorno del 40%.

La razón para ello es que en régimen de refrigeración el aire frío de impulsión, de mayor densidad que la del local, cae, por así decirlo, inundando la zona de ocupación y realizando con eficacia su labor de dilución.

En régimen de invierno el aire caliente de impulsión, menos denso que el del local, tiende a "colgarse" en los planos superiores del recinto y no llega a penetrar o lo hace con dificultad en la zona de ocupación de manera que esta no es barrida con lo que la dilución se realiza con mayor dificultad.

El valor que hay que conservar para el diseño es el menor que pueda producirse durante el período de funcionamiento de la instalación.

En un caso como el anterior en el que la instalación de climatización preste servicio de verano e invierno el valor a retener de la eficacia de ventilación sería uno próximo al del 40%.

La eficacia de la ventilación también está afectada por la localización de la impulsión y retorno de aire tal como indican las **figuras 8.20 y 8.21**.

En el caso de la **figura 8.21** el procedimiento de difusión sigue siendo el de mezcla pero la situación de la impulsión de aire es por la parte superior del local mientras que la salida de aire (retorno o extracción) se verifica por la parte inferior; en este caso el aire de impulsión, pobre o exento en contaminante es obligado a circular por la zona de ocupación tanto en verano como en invierno y su efecto de dilución se alcanza plenamente (valores de la eficacia próximo a la unidad).

8.4.5 PROBLEMÁTICA EN LA APLICACIÓN DE LA ECUACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL CAUDAL DE AIRE DE DILUCIÓN

El empleo para diseño de un caudal de aire obtenido de dicha ecuación presenta una serie de dificultades provenientes de:

- a) En la mayor parte de los casos se desconoce la intensidad, G , de las fuentes de emisión de contaminantes.
- b) El valor de la eficacia de ventilación es incierto.
- c) No se conocen bien aún los efectos de superposición e interactividad de los contaminantes.

Por todo ello la elección de los caudales de impulsión, a efectos de dilución, puede realizarse, si no se dispone de los datos para aplicar la ecuación anterior, por alguno de los procedimientos siguientes

- a) Emplear lo establecido en el RITE, que remite a la norma UNE 100.011
- b) Utilizar todo aire exterior empleando medidas de recuperación y ahorro de energía para mantener el consumo energético en términos aceptables.
- c) Emplear los valores recomendados en otras referencias solventes.

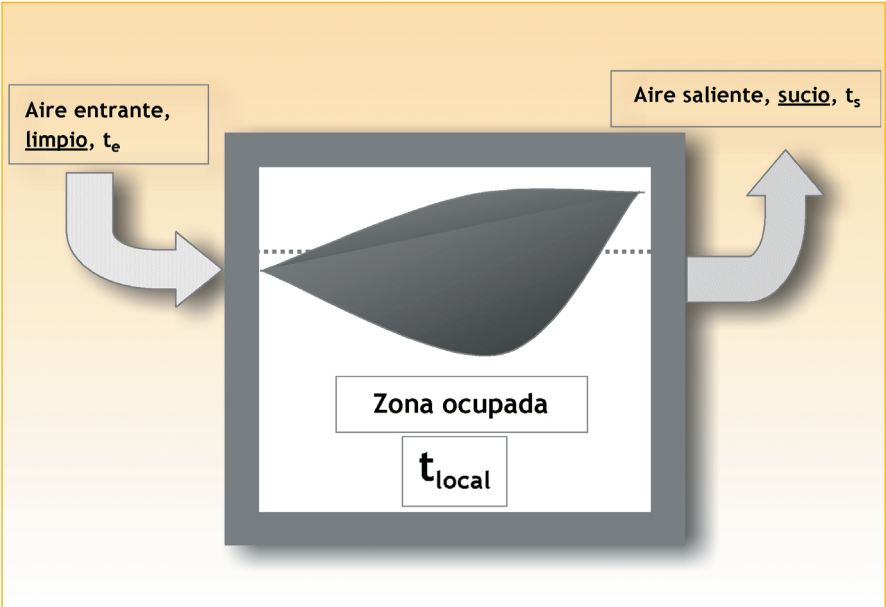


Figura 8.20: Variación de la eficacia de ventilación en caso de difusión por mezcla. (I) Impulsión y retorno a nivel superior

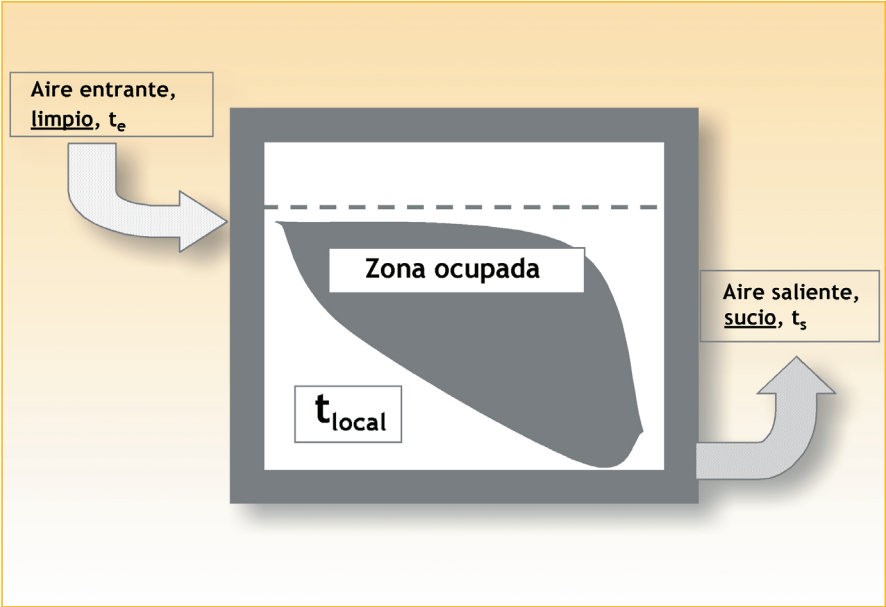


Figura 8.21: Variación de la eficacia de ventilación en caso de difusión de aire por mezcla. (II) Impulsión a nivel superior y retorno a nivel inferior

8.5 LIMPIEZA DE AIRE

8.5.1 CONTAMINANTES POTENCIALES DEL AIRE

Son muy variados y se presentan en estado sólido, líquido y gaseoso, siendo su procedencia tanto de origen externo al edificio como interno al mismo. En el apartado 8.1.2 y **tabla 8.1** están indicados de algunos de los mas frecuentes.

8.5.2 METODOLOGIA DE TRATAMIENTO

En el apartado 8.1.9 "Metodología genérica para la reducción de la contaminación interior" se indica que el primer paso es eliminar la fuente de contaminación. Por ello esa primera etapa se concreta en una limpieza del aire exterior de ventilación, cuyo objetivo es eliminar, en lo posible, los contaminantes originados en el exterior. La segunda etapa consiste en la limpieza del aire que se recircula; al igual que en el caso anterior no es prácticamente posible la eliminación total de los contaminantes del ambiente interior pero puede reducirse drásticamente la concentración de los mismos tanto en el aire tomado del exterior (si estuviera contaminado) como en el aire recirculado. Metodológica y prácticamente ello equivale a reducir la cuantía de la variable G (caudal de aire de dilución) en la ecuación que permite el cálculo del caudal de dilución, lo que indica que el caudal de aire necesario para diluir la contaminación residual disminuye proporcionalmente.

8.5.3 TECNOLOGIA PARA LIMPIEZA DE AIRE

Depende en gran parte del estado físico, sólido, líquido o gaseoso del contaminante o/y forma de presentación. En la **tabla 8.5** se presenta un resumen de estas técnicas agrupadas con dicho criterio. El número de asteriscos quiere indicar, de modo orientativo, la frecuencia de uso de cada técnica.

Tabla 8.5: Técnicas para limpieza del aire

ESTADO	FILTROS	CARBON ACTIVO	IONIZACION	LAVADORES	REACCIONES QUIMICAS	OZONIZACION	FOTO OXIDACION
Partículas Sólidas	***		*	*			
Gases y Vapores		**		**	**		
Microorganismos	***					*	**

A continuación se realiza una revisión de las principales técnicas poniéndose mayor énfasis en la operación de filtrado, que es la de empleo más frecuente en la eliminación de materia particulada tanto de naturaleza inorgánica como orgánica, siendo estos contaminantes a su vez los de más acusada presencia en ambientes hospitalarios.

8.5.4 TAMAÑO DE LA MATERIA PARTICULADA

Los tamaños de los aerosoles más frecuentes se pueden consultar en la **tabla 8.6** (Se denominan aerosoles a las mezclas de aire y sus componentes).

Por otro lado el tamaño de partículas que con más facilidad ingresan en el aparato respiratorio son aquellas que se mueven en torno a $1 \mu\text{m}$ y menores.

En cualquier caso el conocimiento del tamaño de la materia particulada es una excelente guía para una adecuada elección del sistema de filtrado.

Tabla 8.6: Tamaño de Partículas

	TAMAÑO μm
VIRUS	0.003...0.07
BACTERIAS	0.3...30
MOHO	4...9
ESPORAS	10...30
POLEN	10...100
POLVO FINO	0.5...1
POLVO ATMOSFERICO	0.001...20
HUMO DE TABACO	0.01...1
FILTROS COMUNES	1...100
FILTROS DE ALTA EFICACIA	0.001...5

8.5.5 CONCENTRACION DE LA MATERIA PARTICULADA

El número de partículas en suspensión en el aire atmosférico depende del lugar geográfico y de las condiciones meteorológicas, entre otros factores.

A título puramente indicativo se ofrecen las siguientes cifras:

- ❑ 5.000 partículas por litro en el ártico.
- ❑ 500.000 partículas litro en ambientes rurales.
- ❑ 1.000.000 de partículas por litro en ambientes urbanos con tráfico.

- ❑ 100 mil millones por litro en la proximidad de un fumador.

Las cifras anteriores se refieren a partículas de tamaño superior a $0.01 \mu\text{m}$.

Valores igualmente indicativos de concentraciones globales de polvo son:

- ❑ Zona rural: 0.01 a 0.15 mg/m^3 .
- ❑ Zona urbana: 0.1 a 0.75 mg/m^3 .
- ❑ Zona industrial: 0.5 a 3 mg/m^3 .

8.5.6 COMPORTAMIENTO DE LA MATERIA PARTICULADA EN EL AIRE INTERIOR

Dado que las partículas son pesadas, están sometidas a la acción de la gravitación y por consiguiente a la sedimentación; el tiempo de residencia medio de las partículas en el aire interior es del orden indicado a continuación:

- ❑ Diámetro inferior a $0.1 \mu\text{m}$: permanecen en el aire debido al movimiento browniano. La mayoría de los virus caen en esta categoría.
- ❑ Diámetro comprendido entre 0.1 y $1 \mu\text{m}$: Sedimentan muy lentamente. Las corrientes de aire pueden mantenerlas en suspensión en el mismo aire. Algunas bacterias tienen tamaño comprendido entre estos límites.
- ❑ Diámetro entre 1 y $10 \mu\text{m}$: La sedimentación alcanza valores del orden de 1 cm/s si no hay corrientes ascendentes de aire. La mayor parte de las bacterias se inscriben en este rango.
- ❑ Diámetro entre 10 y $25 \mu\text{m}$: Sedimentan rápidamente. Una gran parte de las esporas de origen vegetal adoptan estos tamaños.

8.5.7 PARAMETROS PARA EVALUAR LA EFICACIA DE UN FILTRO

Son los siguientes:

Eficacia

Es la variación de la concentración de partículas entre la entrada y la salida del filtro en relación a la concentración inicial (Ver **figura 8.22**).

$$E = \frac{C_2 - C_1}{C_1}$$

Siendo C_2 y C_1 las concentraciones de contaminante a la salida y entrada del filtro.

Es esencial para enjuiciar el significado de este término conocer el método de ensayo a partir del

cual se define dicha eficacia ya que la misma puede haber sido medida en términos de concentraciones, en peso, en superficie o en número de partículas.

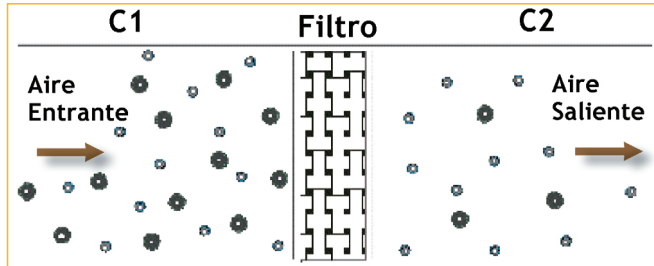


Figura 8.22: Eficacia del filtro

Penetración

$$P = \frac{C_2}{C_1}$$

Es la concentración de partícula a la salida en relación con la de entrada. Se pueden hacer las mismas observaciones que al concepto de eficacia.

Coefficiente de depuración o de filtrado

Es el valor de la inversa de la Penetración: $D = \frac{1}{P}$

8.5.8 INTERPRETACION DE LA EFICACIA Y DE SUS MAGNITUDES ASOCIADAS

Los valores suministrados por los fabricantes de filtros relativos a las magnitudes anteriores no tienen una equivalencia total debido a los diferentes métodos de ensayo de los filtros.

Los ensayos se diferencian entre sí por:

- a) El aerosol de ensayo empleado.
- b) El diámetro de partículas utilizado.
- c) La concentración del aerosol.
- d) Las técnicas de medida empleadas en el ensayo.

Según la naturaleza del aerosol empleado se distinguen los siguientes métodos:

- a) Método gravimétrico.
- b) Método opacimétrico.
- c) Método fotométrico.
- d) Método de partículas de dioctilftalato (DOP).

8.5.9 EFICACIA FRENTE A TAMAÑO DE PARTICULA

Los filtros de fibra sintética a los cuales se refieren especialmente las consideraciones anteriores llevan a cabo la filtración a través de tres mecanismos denominados de interceptación, inercia y difusión.

Una representación de la eficacia en función del tamaño de partículas se puede ver en la **figura 8.23** en la que aparecen cada uno de los tres efectos, así como el resultado global de la filtración. Se observa que la eficacia de la filtración tiene un mínimo para partículas de tamaño $0.25 \mu\text{m}$, rango en el que se encuentra la fracción respirable de partículas.

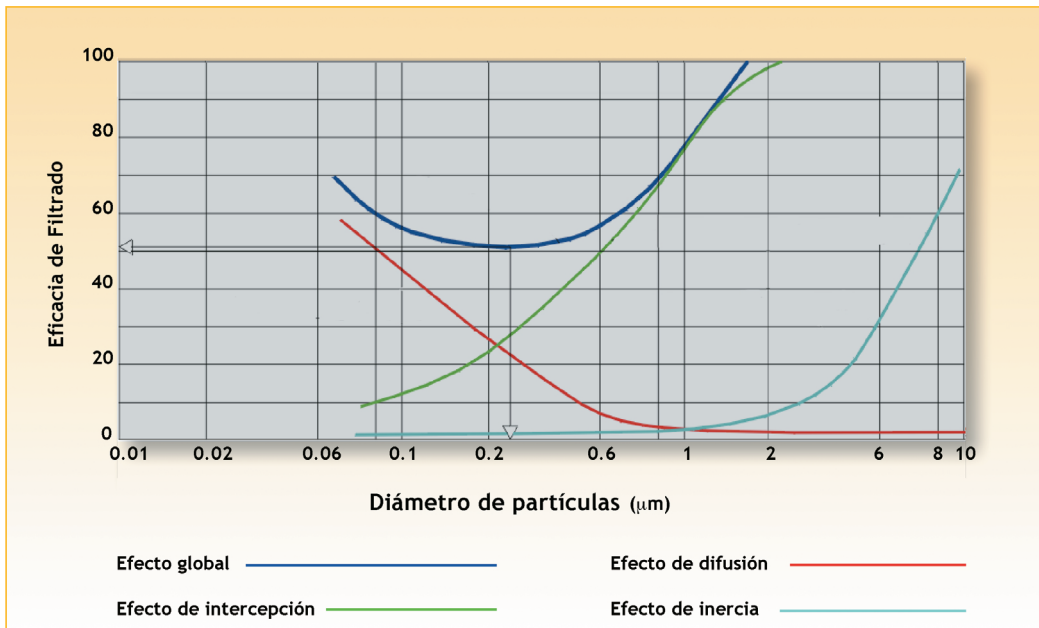


Figura 8.23

8.5.10 CLASIFICACION DE FILTROS SEGUN UNE-EN 779 Y EUROVENT

Es la que aparece en la **tabla 8.7**. Los filtros de la clase G (según EN-779) se denominan gruesos y se utilizan como prefiltros en los sistemas de climatización. Los de la clase F, reciben el nombre de "finos" y se utilizan como tales filtros en las instalaciones de climatización.

Tabla 8.7: Clasificación de filtros según norma UNE-EN 779 y Eurovent 4/9

Clase		Eficacia (%)				
EN 779	EUROVENT 4/9	Retención por peso de polvo sintético (método gravimétrico)			Eficacia por polvo atmosférico (método opacimétrico)	
G 1	EU - 1		£ Am <	65		
G 2	EU - 2	65	£ Am <	80		
G 3	EU - 3	80	£ Am <	90		
G 4	EU - 4	90	£ Am <			
F 5	EU - 5				40	£ Em < 60
F 6	EU - 6				60	£ Em < 80
F 7	EU - 7				80	£ Em < 90
F 8	EU - 8				90	£ Em < 95
F 9	EU - 9				95	£ Em <

Tabla 8.8: Clasificación de filtros de Alta Eficacia según Eurovent 4/4

Clasificación de los filtros de alta eficacia siguiendo el método de medida descrito en el documento EUROVENT 4/4 -«Método de ensayo de filtros por fotometría de llama con aerosol de cloruro de sodio producido por atomizadores de tipo COLLISON ».			
Clase del filtro	Eficacia fotométrica	Penetración	Coefficiente de purga
EU 10	95<EP<99,9	5>P>0,1	20<D<1,000
EU 11	99,9<EP<99,97	0,1>P>0,03	1,000<D<3,000
EU 12	99,97<EP<99,99	0,03>P>0,01	3,000<D<10,000
EU 13	99,99<EP<99,999	0,01>P>0,001	10,000<D<100,000
EU 14	99,999<EP	0,001>P	100,000<D

8.5.11 FILTROS ABSOLUTOS

Se llaman así a la siguiente categoría de filtros:

- a) Filtros HEPA: High Efficiency Particulate Air Filter
- b) Filtros HESPA: High Efficiency Sub Micrometer Particulate Air Filter
- c) Filtros ULPA: Ultra Low Penetration Air.

En la **tabla 8.9** adjunta se relacionan diversos clases de filtros HEPA y ULPA con las eficacias exigidas para el tamaño de partículas de $0.3 \mu\text{m}$ (MMPS)

Tabla 8.9

NORMA EN 1882	EFICACIA MPPS	Ensayo de estanquidad
CLASE	%	%
H 10	85	-
H 11	95	-
H 12	99.5	97.5
H 13	99.95	99.75
H 14	99.995	99.975
H 15	99.9995	99.9975
H 16	99.99995	99.99975
H 17	99.999995	99.9999

8.5.12 COMPARACION DE FILTROS EN FUNCION DE LA EFICACIA-TAMAÑO DE PARTICULAS

El término eficacia es una información incompleta ya que lo realmente interesante es el

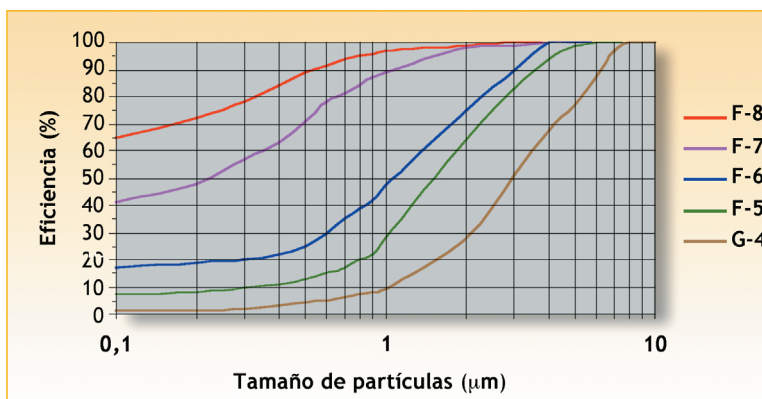


Figura 8.24: Comparación de eficacia de diversos tipos de filtros

comportamiento útil de un filtro en función del tamaño de partículas. En la **figura 8.24** se representa la variación de la eficacia en función de dicho tamaño para diversas clases de filtros. Puede observarse que una eficacia del 70% la logran los respectivos filtros F8, F7, F6 y F5 para tamaños de partículas de 0.2, 0.65, 2.2 y 3.5 μm lo que denota un comportamiento muy diferente de los mismos.

8.5.13 VARIACION DE LA EFICACIA DE LOS FILTROS Y DEL CAUDAL DE AIRE CON LA COLMATACION

Paradójicamente la eficacia del filtro aumenta a medida que aumenta la suciedad del mismo tal como muestra la **figura 8.25**. Puede observarse que para el tamaño de partículas de más difícil captación (0.3 μm) y para el filtro mostrado en la figura la eficacia pasa del 51% al 80% lo que es una variación de gran importancia. Paralelamente, la pérdida de presión a través del filtro se incrementa desde 95 Pa a 450 Pa, reduciéndose el caudal de aire, puede que drásticamente, disminuyendo así el número de circulaciones o/y renovaciones de aire en los locales a los que dé servicio el ventilador, pudiendo quedar dichos locales fuera de las especificaciones prescritas para ellos.

Como consecuencia de todo lo anterior dos conclusiones emergen con fuerza:

- a) La eficacia requerida para el filtro lo debe ser para su estado de limpieza.
- b) Se debe respetar escrupulosamente la recomendación del fabricante en relación con la limpieza del mismo, si no se desea reducir drásticamente a veces el caudal de aire en circulación.

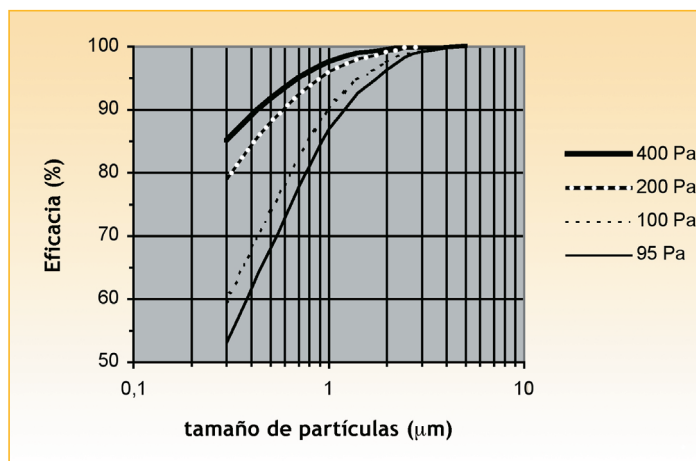


Figura 8.25: Variación de la eficacia en función del tamaño de partícula y grado de colmatación del filtro

8.5.14 ELECCION E INSTALACION DE FILTROS DE FIBRA

La elección del sistema de filtrado debe ir precedida de una clara especificación de los objetivos a alcanzar.

Con respecto a su instalación, una de las medidas a seguir con mayor cuidado es la de garantizar la total hermeticidad del marco y soporte del filtro, de modo que no puedan producirse corrientes parásitas de aire no filtrado que pueden anular completamente la eficacia de cualquier filtro.

Por lo que se refiere al criterio para el emplazamiento de los filtros es extraordinariamente simple: la norma general es la de filtrar las corrientes contaminadas. Como consecuencia de ella se derivan las siguientes normas: se filtra la corriente de aire exterior si el ambiente externo está contaminado; la corriente de mezcla en las UTAS es filtrada especialmente para proteger a baterías, humidificadores, ventiladores y superficies interiores de la suciedad. Un filtro situado a la salida de la UTA evita la posterior contaminación de la red de conductos y si los filtros se sitúan justo en el punto de impulsión de aire a locales (en las propias bocas de impulsión) habrán eliminado parte de la contaminación debida a conductos. La filtración del aire de retorno contribuye a mantener en estado de limpieza al ventilador de retorno y a la red de conductos correspondiente.

En la **figura 8.26** se muestra una disposición para una UTA con indicación de las eficacias mínimas aconsejadas para los diversos filtros.

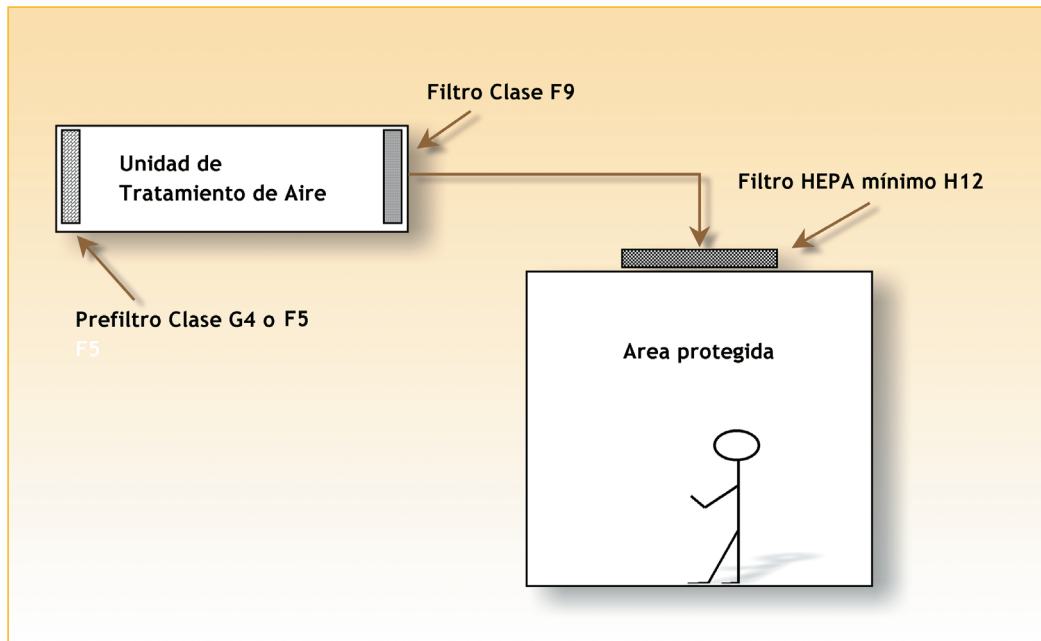


Figura 8.26: Tipos de filtros y ubicación a emplear en Áreas Protegidas

8.5.15 ALGUNAS INDICACIONES ADICIONALES SOBRE EMPLEO DE LOS FILTROS

Tabla 8.10

Tipo de local	Ejemplos de locales.	Número de etapas de filtrado.	Características de los filtros
Auxiliares	Almacenes, Archivos Vestuarios, Cocinas	Una	G3 a G4
Comunes	Oficinas, Cafeterías, Restaurantes, Salas de espera, Farmacia, Oratorio....	Dos	Prefiltro clase G4 Filtro clase F7
Locales de Alto riesgo	Quirófanos, Dependencias de inmunodeprimidos	Tres	Prefiltro G4 o F5 Filtro F9 a salida de UTA.
			Filtro absoluto a salida de bocas de aire H12 o H14
Expulsiones de laboratorios		Según características de los mismos.	

8.5.16 OTROS TIPOS DE FILTROS

8.5.16.1 FILTROS ELECTROSTATICOS

Estos filtros funcionan según el principio de atracción/repulsión entre partículas cargadas electrostáticamente.

El aire a depurar pasa previamente por una zona de ionización, en la que las partículas son cargadas electrostáticamente; a continuación la corriente de aire pasa a la zona de separación provista de unas placas metálicas también cargadas eléctricamente que atraen a las partículas y producen su deposición sobre dichas placas.

Este tipo de filtro es capaz de eliminar partículas entre 0.03 y 60 μm y alcanzan una eficacia del 97% en el método opacimétrico lo que le hace equivalente a un filtro de clase EU9.

En la **figura 8.27** se puede ver un esquema de este tipo de filtro.

8.5.16.2 FILTROS ELECTRONICOS

El principio es parecido en el sentido que la corriente de aire es ionizada lo cual produce una aglomeración de partículas; el aglomerado, de mayor tamaño en consecuencia, es filtrado con mayor eficacia.

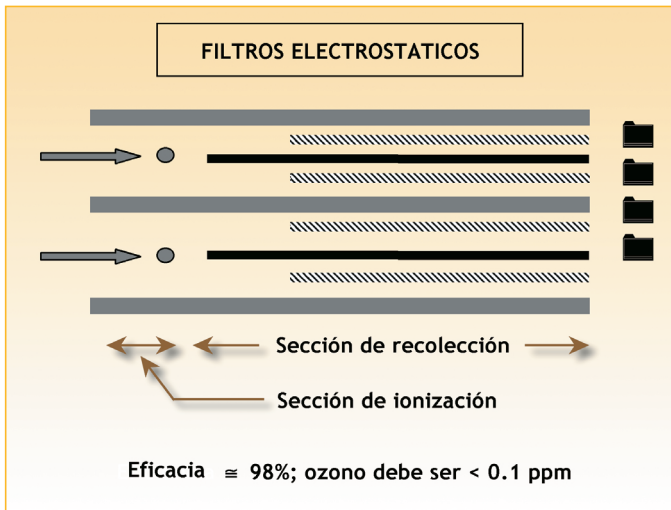


Figura 8.27: Filtros electrostáticos

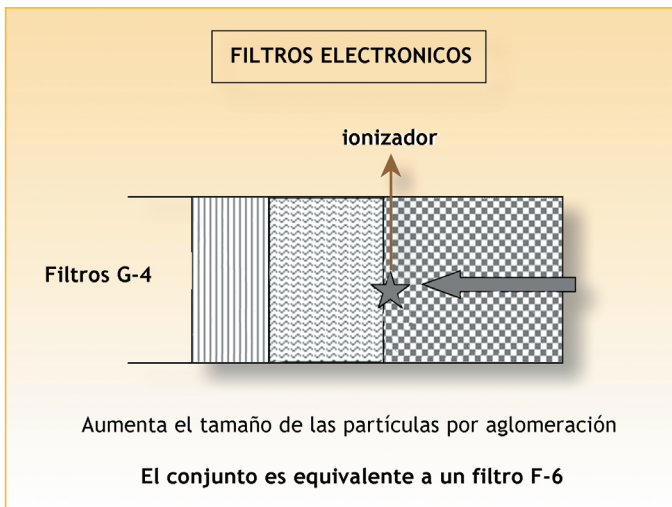


Figura 8.28: Filtros electrónicos

8.5.17 FILTRACION DE GASES Y VAPORES

Cuando los polutantes se encuentran en tal estado las dificultades de eliminación aumentan debido al menor tamaño y aún menor peso de las moléculas en relación con la materia particulada en estado sólido.

Este tipo de filtración está vinculada de un modo u otro al establecimiento de un proceso de tipo químico y entre estos destacan los de absorción y adsorción.

La filtración por absorción consiste en un dispositivo de lavado de aire con un líquido, el absorbente, que tiene la capacidad de retener al contaminante gaseoso, generalmente por un proceso de disolución (absorción).

La filtración por adsorción es completamente diferente ya que en este caso el núcleo filtrante es un sólido de gran superficie activa y de contacto sobre el cual el efluente gas se adhiere por el procedimiento de adsorción que hace intervenir a fuerzas moleculares específicas. Los filtros de carbón activo pertenecen a esta categoría.

Los principales medios para la eliminación de gases y vapores son:

- a) Filtros de carbón activado, impregnados o no de reactivos adecuados.
- b) Equipos para la oxidación.
- c) Tratamientos químicos específicos.

En estos casos el proceso de filtración suele ir precedido y finalizado mediante filtros de partículas.

8.6 RECOMENDACIONES ESPECIFICAS PARA LOS SISTEMAS DE CLIMATIZACION

8.6.1 RECOMENDACIONES DE CARACTER GENERAL

1. Los caudales de ventilación a emplear serán los que marquen la normativa española al respecto. En su defecto se empleará la Norma 62, ANSI/ASHRAE, *Ventilation for Acceptable Indoor air Quality*. Se incluye en este documento adicionalmente, en los Apéndices I y II, valores también recomendados por ASHRAE y en el resto del documento, valores recomendados por el CDC.

2. Filtros:

- a) Comprobar que los filtros han sido instalados correctamente de manera que no existan fugas alrededor del marco. **Categoría IC.**
- b) Comprobar que las operaciones de mantenimiento de los mismos sigue garantizado la estanquidad anteriormente mencionada. **Categoría IC.**
- c) Impedir, mediante un mantenimiento adecuado, la sobrecarga de los filtros. **Categoría IC.**

3. Comprobar periódicamente en áreas "Protegidas frente a agentes patógenos de transmisión aérea" (denominadas en lo que sigue ATA) y en las "Áreas de aislamiento" (denominadas en lo que sigue como ADA) que el número de circulaciones/hora y de renovaciones/hora no es menor que el fijado en el proyecto. **Categoría IB.**

4. Comprobar periódicamente en tales áreas que la presión diferencial a mantener con las áreas colindantes es la adecuada, según proyecto. **Categoría IB.**

5. Prever control de humedad en las instalaciones de climatización y monitorizar las mismas de modo que pueda comprobarse que la humedad se mantiene dentro de los márgenes requeridos. **Categoría IC.**

6. Localizar los humidificadores de conductos, si los hubiere, antes de los filtros finales de la instalación. **Categoría IC.**

7. Emplear humidificadores de vapor, siempre que sea posible. **Categoría II.**

8. Comprobar que las tomas y expulsiones de aire han sido ubicadas correctamente, para lo cual:

- a) Localizar las bocas de expulsión de aire a más de 9 metros de las tomas de aire del sistema. **Categoría IC.**
- b) Localizar las tomas de aire a no menos de 2 metros por encima de la cota del terreno o a no menos de 1 metro por encima de la cota de azotea o terraza. **Categoría IC.**

- c) Localizar las expulsiones de aire procedentes de áreas contaminadas por encima del nivel de azotea. **Categoría IC.**
 - d) Asegurarse que las posibles corrientes de aire inducidas por el viento no pueden producir cortocircuitos de los flujos de aire de ventilación y de expulsión, debiendo modificarse las distancias dadas anteriormente con carácter general para garantizar la ausencia de dichos cortocircuitos. (**Recomendación no incluida en CDC**).
 - e) Comprobar la existencia de un mantenimiento adecuado de las tomas de aire exterior. **Categoría IC.**
9. Eliminar periódicamente cualquier tipo de material procedente de pájaros en las inmediaciones de las tomas de aire exterior e impedir el acceso de los mismos a dichas tomas. **Categoría IB.**
10. Utilizar unidades portátiles de filtros HEPA para aumentar la limpieza del aire en aquellas zonas y circunstancias que fuera preciso.
11. No emplear unidades terminales tipo Ventilconvector o Inductor en áreas o locales de ATA y ADA a menos que se demuestre que el sistema es capaz de cumplir con todos los requisitos exigibles a este tipo de áreas. (EL CDC solo se refiere a unidades de Inducción. La adición de Fancoil es del autor). **Categoría IC.**
12. Si se instalan unidades de lámparas ultravioletas, situarlas en: **Categoría II.**
- a) La pared próxima al techo de la habitación.
 - b) Suspendida del techo.
 - c) En el conducto de retorno.
 - d) En módulos de encapsulamiento para inducción de esputos.
13. Evitar las infiltraciones de aire a través de ventanas especialmente en PE áreas.
14. No parar el sistema de climatización, salvo para acciones de mantenimiento, reparación, verificación o remodelación. **Categoría IC.**
15. Instalar unidades de tratamiento de aire de reserva con capacidad para mantener el nivel de filtrado, número de circulaciones de aire y presión diferencial en las unidades de ATA y ADA, quirófanos y otras áreas críticas. Asegurarse igualmente que el suministro de energía eléctrica a dichas unidades está igualmente duplicado. **Categoría IC.**
16. Introducir en bolsas herméticas los residuos procedentes de la limpieza de filtros a fin de evitar la dispersión de los mismos durante su trayecto hasta el sitio final. **Categoría IB.**
17. Prever el plan de actuación para caso de corte general del suministro eléctrico, poniendo especial énfasis en la restauración de la calidad del aire y de su presurización en todas las áreas críticas. **Categoría IC.**

8.6.2 RECOMENDACIONES PARA AREAS ESPECIALES

8.6.2.1 DE CARACTER GENERAL PARA LAS MISMAS

1. Instalar unidades de tratamiento de aire de reserva en todas las áreas ATA, ADA y Quirófanos. *Categoría IC.*

2. Minimizar la exposición de pacientes inmunodeprimidos a actividades que puedan originar aerosolización de esporas de hongos. *Categoría IB.*

3. Incorporar las siguientes especificaciones en la construcción de nuevas unidades PE y en la remodelación de las antiguas (añadido del autor).

- a)** Instalar un tratamiento central o final de filtrado del aire de impulsión mediante filtros HEPA. *Categoría IB.*
- b)** Asegurar la hermeticidad del área sellando adecuadamente ventanas, puertas y cualquier otro dispositivo de entrada o salida al módulo/area. *Categoría IC.*
- c)** Especificar techos lisos y asegurarse que están libres de fisuras o juntas abiertas. *Categoría IC.*
- d)** Sellar las paredes en su unión con los techos. *Categoría IC.*

8.6.2.2 RECOMENDACIONES ESPECIFICAS PARA AREAS ATA

1. Emplear un caudal de Aire de Impulsión no inferior a 12 circulaciones /hora. *Categoría IC.*

2. Colocar filtros HEPA justo antes de las bocas de difusión del aire de impulsión. *Categoría IC.*

3. Localizar las bocas de distribución de aire (entrada y salida de aire) de manera que el aire limpio entre por un extremo de la habitación, fluya hacia la cama del enfermo y salga por el lado opuesto de la habitación. *Categoría IC.*

4. Mantener una presión positiva de no menos de 2.5 Pa en relación a las zonas colindantes, impulsando para ello un caudal de impulsión superior al extraído de la habitación en no menos de 300 m³/hora. *Categoría IC.*

5. Comprobar que la dirección del caudal de aire se mantiene realizando al menos una prueba diaria. *Categoría IC.*

6. Instalar puertas de cierre automático en dichas zonas. *Categoría IC.*

7. Cuando enfermos inmunodeprimidos que deberían normalmente estar en zonas PE precisan aislamiento debido a infecciones adicionales (tuberculosis, por ejemplo) se situarán a dichos pacientes en habitaciones AII dotadas de exclusiva previa que disponga a su vez de una reextracción independiente. *Categoría IC.*

8. Si no hubiera disponible una habitación con exclusiva, situar al paciente en habitación tipo AII y emplear una unidad portátil de filtrado HEPA a fin de disminuir el nivel de contaminación en la habitación. **Categoría II.**

9. No utilizar , por regla general, flujo laminar en habitaciones PE. **Categoría IB.**

10. Reducir al mínimo el tiempo que los pacientes inmunodeprimidos estén fuera de su habitación a efectos de diagnóstico u otras actividades. **Categoría IB.**

11. Cuando tales pacientes hayan de abandonar su habitación lo harán con el adecuado equipo de protección respiratoria.

8.6.2.3 RECOMENDACIONES ESPECIFICAS PARA AREAS ADA

1. Mantener permanentemente una presión negativa no menor de 2.5 Pa en relación a las áreas colindantes y monitorizar dicha presión periódicamente, preferiblemente cada día, con manómetros audibles o tubos de humo. **Categoría IB.**

2. Asegurarse que las habitaciones están adecuadamente selladas para impedir infiltraciones a través de ventanas, puertas o a través de cualquier abertura de comunicación con la habitación. **Categoría IC.**

3. Instalar puertas de cierre automático. **Categoría IC.**

4. Impulsar un caudal de aire de impulsión que garantice no menos de 12 circulaciones/hora. **Categoría IC.**

5. El aire extraído de la habitación debe lanzarse al exterior suficientemente lejos de las tomas de aire y de zonas de acceso de personal. Si no es posible esta expulsión de aire al exterior y es necesario recircular el aire de la habitación se empleará un filtro HEPA. **Categoría IC.**

6. Si es necesario suministrar un control adicional al empleo de filtros HEPA se instalarán unidades UVGI , bien en el conducto de retorno o en la propia habitación. **Categoría II.**

8.6.2.4 RECOMENDACIONES ESPECIFICAS PARA QUIROFANOS

1. Mantener una presión positiva respecto de las áreas colindantes. **Categoría IC.**

2. Impulsar un caudal de aire no inferior a 15 circulaciones/hora con un mínimo de 3 renovaciones/hora. **Categoría IC.**

3. Filtrar la totalidad del aire recirculado y el de ventilación.

4. En quirófanos no dotados de flujo laminar introducir el aire a nivel de techo y extraerlo por la parte inferior de la habitación, aunque no a nivel de suelo.

5. No emplear lámparas UV.

6. Mantener cerradas las puertas excepto cuando sea imprescindible su apertura. Para el paso de pacientes, equipo y personal.

7. Utilizar las precauciones adecuadas en el caso de pacientes con infección por TB.

8.6.2.5 RECOMENDACIONES ADICIONALES RELATIVAS A AREAS ADA

1. Referentes a filtración HEPA

Este tipo de filtración es un complemento a otras medidas relativas a la limpieza de aire como pueden ser la dilución y el empleo de lámparas UV; en cualquier caso la filtración HEPA debe ir precedida de otras etapas más groseras de filtración. Se admite por lo general que un filtro de clase HEPA es aquel que tiene una eficacia de filtrado del 99.97% para partículas iguales o mayores de $0.3 \mu\text{m}$.

Dado que las esporas de *Aspergillus* tienen un tamaño entre 1.5 y $6 \mu\text{m}$ y las bacterias de la tuberculosis entre 1 y $5 \mu\text{m}$ es esperable que la filtración con filtros HEPA sean efectivos en la reducción de la contaminación de tal procedencia.

Los filtros HEPA pueden utilizarse de diversas maneras, tanto para eliminar los núcleos infecciosos de TB en habitaciones de este tipo de enfermos como para depurar la corriente de extracción de aire de tales zonas.

Las principales modalidades de instalación son:

- a) Situados en el conducto de extracción/expulsión de aire.
- b) En conductos que recirculan aire procedente de estas dependencias.
- c) En instalaciones, de carácter fijo o móvil, situadas en las propias habitaciones.

Se describe brevemente cada una de estas modalidades.

Situados en el conducto de extracción/expulsión de aire.

Este empleo se aplica no sólo al aire que se extrae de las áreas de aislamiento, entre las que se encuentran las habitaciones de pacientes con TB, sino también en las extracciones de aire de los dispositivos de extracción localizada. El objeto es proteger el entorno al que se lanza el aire de extracción (normalmente el ambiente exterior) e impedir que una posible recirculación entre la expulsión de aire y la toma del mismo a efectos de ventilación pudiera contaminar a esta corriente.

En consecuencia, si no es de temer ninguno de estos dos efectos y no existe prescripción técnica o legal al efecto, se puede prescindir de colocar filtro HEPA en la extracción de aire.

En ocasiones el aire no es descargado al exterior sino que se emplea en un recuperador de energía como pretratamiento de la corriente de aire exterior. En tal caso se debe emplear

un filtro HEPA que debe preceder al recuperador de energía, de manera que el aire de extracción que este reciba haya sido limpiado previamente por el filtro.

Recirculación de aire.

El aire procedente de un área de aislamiento (habitaciones de enfermos con TB) no debería nunca ser recirculado; si en edificios existentes no hubiera otra posibilidad y siempre que no exista legislación que impida tal recirculación, el aire a ser recirculado y antes de mezclarse con la corriente a ser mezclado deberá ser sometido a una limpieza con filtro HEPA. En hospitales de nueva planta o remodelación de antiguos no debería recircularse este aire bajo ninguna circunstancia.

Instalaciones de filtrado in situ.

Si las habitaciones de aislamiento para TB están dotadas de unidades terminales (solución desaconsejable totalmente) se recomienda la instalación in situ de un sistema de recirculación de aire de la habitación dotado con filtro HEPA, tal como indica la **figura 8.29**.

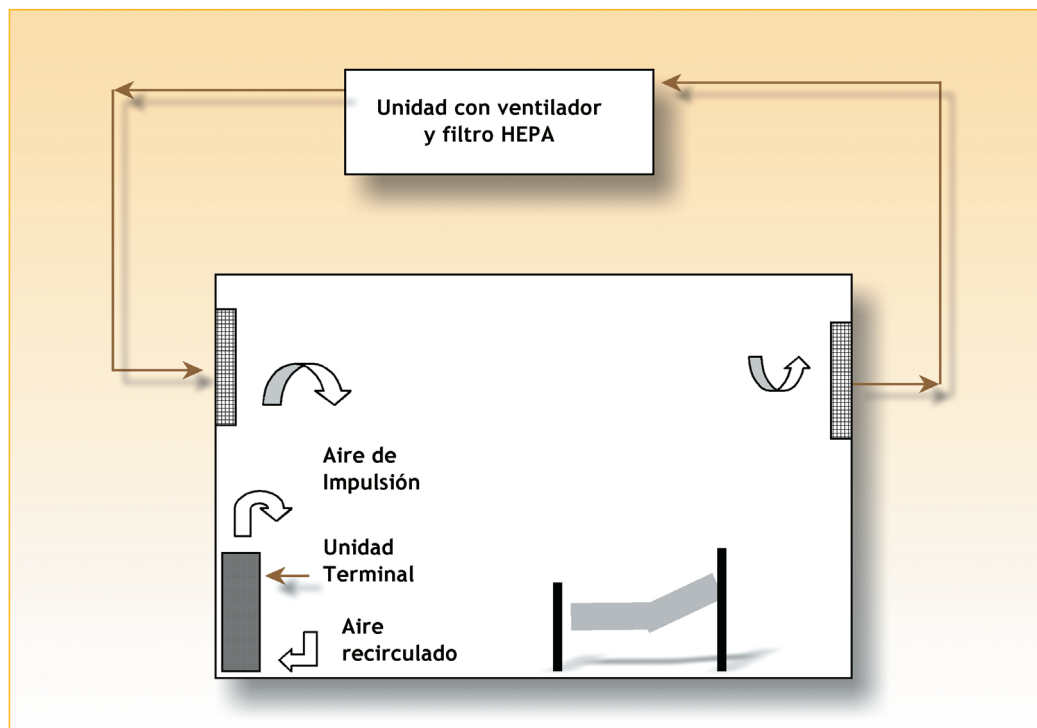


Figura 8.29: Sistema de filtrado local mediante Unidad de ventilador y filtro HEPA

2. Referentes a la utilización de lámparas germicidas.

Se ha demostrado que las lámparas germicidas son eficaces en la eliminación o inactivación del bacilo de la tuberculosis y de otras enfermedades infecciosas. Debido a ello el empleo de tales dispositivos se aconseja como un medio complementario, nunca substitutivo, de las otras medidas y equipos empleados en combatir la TB.

Las lámparas germicidas emplean radiación ultravioleta (UV) constituida por las radiaciones de longitudes de onda comprendidas entre 100 y 400 nm. Las lámparas germicidas de distribución comercial son lámparas de vapor de mercurio a baja presión que emiten radiación predominantemente a 253.7 nm.

8.7 APENDICE I

CRITERIOS DE DISEÑO ESPECIFICOS

A continuación se incluyen una serie de datos relativos a diversas áreas hospitalarias y referentes principalmente a la calidad de aire de las mismas. Aunque las recomendaciones siguientes no necesariamente se refieren a la transmisión aérea de agentes patógenos, por su interés se han incluido en el presente apéndice. Las mismas constituyen una traducción, prácticamente literal de la publicación de ASHRAE.

8.7.1 CIRUGIA Y CUIDADOS ESPECIALES

8.7.1.1 QUIROFANOS

- ❑ El patrón de movimiento de aire más efectivo para mantener la concentración de contaminantes a un nivel aceptable es el proporcionado por la disposición que distribuye el aire desde el techo, con un movimiento descendente, hacia varias rejillas de extracción situadas en paredes opuestas.
- ❑ Los quirófanos generalmente no se usan mas de 8 a 12 hora al día (excepto en servicios de urgencias). Los sistemas de acondicionamiento de aire deben permitir reducir el suministro de aire a algunos o a todos los quirófanos cuando estos no estén en uso, para la obtención de un ahorro energético. Debe mantenerse una presurización positiva, con caudales reducidos, para asegurar las condiciones estériles.
- ❑ Para la eliminación de los restos gaseosos de la anestesia se debe disponer de un sistema independiente de extracción o de un sistema especial de vacío. Los sistemas médicos de vacío son usados para eliminar los gases no inflamables procedentes de la anestesia. En cada sala de operación deben colocarse una o más bocas de escape que permitan la conexión de la manguera de expulsión de la máquina de anestesia.
- ❑ Otro método usado con menos frecuencia para la desinfección de los quirófanos y con buenos resultados es el de irradiación. El poco uso de este método es atribuido a varios factores como: la necesidad de diseñar instalaciones especiales, los requerimientos de medidas de protección para pacientes y personal y la necesidad de una constante vigilancia de la eficacia y el mantenimiento de las lámparas.

□ Recomendaciones para quirófanos, salas de cateterización, de cistoscopia y de fracturas:

1. Puntos de consigna: 17-20° C
2. Humedad relativa: 45-55%
3. Presurización positiva respecto a zonas adyacentes: impulsar un 15% de exceso de aire
4. Instalación de indicadores de diferencia de presión. Sellado riguroso de muros, techos, suelos y puertas para mantener los niveles de presión.
5. Los termómetros y los indicadores de humedad deben localizarse para una fácil observación.
6. La instalación completa debe cumplir los requerimientos de "NFPA Standard 99, Health Care Facilities" en lo referente a protección contra incendios.
7. Todo el aire debe ser impulsado desde el techo y extraído o retornado desde, al menos, dos puntos cercanos al suelo. El punto más bajo de las rejillas de extracción debe estar al menos 75 mm sobre el suelo. Los difusores de impulsión deben ser de tipo unidireccional. Deben evitarse los difusores de muros o los de alta inducción de techo.
8. No debe usarse material acústico para el revestimiento de los conductos, a menos que se instalen aguas abajo de los revestimientos filtros con unas eficacias mayores del 90%. El aislamiento interno de las unidades terminales debe ser encapsulado con los materiales apropiados. Los amortiguadores acústicos deben ser de tipo abierto ("packless") o tener una capa de poliéster sobre la caja acústica.
9. A cualquier aislamiento o tratamiento a prueba de fuego aplicado mediante spray se le deberá aplicar un inhibidor del crecimiento de hongos.
10. Aguas abajo de los equipos de humidificación deben instalarse tramos suficientes de conductos de acero inoxidable herméticos de secado para asegurar la total evaporación del vapor de agua antes de que el aire sea impulsado a la habitación.

8.7.1.2 AREAS OBSTETRICAS

- Presión positiva o igual que en otras áreas.

8.7.1.3 PARITORIO

- Se diseñarán conforme a los requerimientos de las salas de operaciones.

8.7.1.4 SALA DE REANIMACION POSTOPERATORIA

- Temperatura de consigna: 24 ° C

- ❑ Humedad relativa: 45-55%
- ❑ Problemas de olores por los residuos de la anestesia: importancia de la ventilación y disposición de controlador de la presión relativa a las zonas adyacentes.

8.7.1.5 ASISTENCIA INFANTIL

- ❑ El aire se impulsará desde o cerca del techo y se extraerá cerca del suelo, mediante unas rejillas de extracción cuyo punto más bajo debe estar al menos a 75 mm sobre el suelo.
- ❑ No deben usarse sistemas de calefacción por convección ni radiadores de tubo fino.

8.7.1.6 ASISTENCIA DE GUARDIA

- ❑ Temperatura de consigna: 24 ° C
- ❑ Rango de humedades relativas: 30-60%
- ❑ La sección de maternidad debe disponer de controles similares para proteger a los recién nacidos durante las visitas a sus madres.
- ❑ Presurización positiva respecto a las salas de personal y las salas de examen. Si existe alguna zona entre esta unidad y el corredor deberá estar presurizada también positivamente respecto a este. Esto previene la infiltración de aire contaminado proveniente de zonas exteriores.

8.7.1.7 CUIDADOS ESPECIALES

- ❑ Rango de temperaturas: 24-27 ° C
- ❑ Rango de humedades relativas: 30-60 %
- ❑ Este tipo de salas suelen estar equipadas con incubadoras que regulan la temperatura y la humedad.
- ❑ Es deseable mantener las mismas condiciones dentro de la propia habitación para acomodar a aquellos niños sacados de las incubadoras y a los que no necesiten estar dentro de las incubadoras.
- ❑ La presurización requerida en estas zonas es la misma que en las anteriores.

8.7.1.8 SALAS DE OBSERVACION

- ❑ Rango de temperaturas: 24-27 ° C
- ❑ Rango de humedades relativas: 30-60%

- ❑ Debido a que los niños en esta sección presentan síntomas inusuales, el aire de esta sección no debe pasar a otras zonas. Debe mantenerse una presurización negativa respecto a la zona de personal. La zona de personal, normalmente situada entre la unidad de observación y el corredor, deberá presurizarse positivamente respecto al corredor.

8.7.1.9 URGENCIAS

- ❑ Suelen ser las zonas más contaminadas del hospital debido a la continua llegada de pacientes y de personas que los acompañan.
- ❑ Las temperaturas y las humedades de las oficinas y las salas de espera deben estar dentro de los rangos típicos de confort.

8.7.1.10 SALA DE OBSERVACION

- ❑ Los quirófanos situados junto al departamento de urgencias deberán cumplir las mismas condiciones de temperatura, humedad y ventilación que el resto de quirófanos.

8.7.1.11 ALMACEN DE ANESTESIA

- ❑ Deben ser ventiladas conforme a la norma "NFPA Standard 99". De cualquier manera sólo se recomienda ventilación mecánica.

8.7.2 UNIDADES DE ASISTENCIA

8.7.2.1 HABITACIONES DE PACIENTES

- ❑ Sistemas centralizados.
- ❑ Habitaciones usadas para aislar a pacientes infecciosos deben climatizarse con todo aire exterior.
- ❑ Temperaturas de diseño: 24 ° C (invierno y verano).
- ❑ Humedad relativa: 30% y 50% (invierno y verano respectivamente).
- ❑ Cada habitación debe tener un control individual de temperatura.
- ❑ El nivel de presión en las habitaciones debe ser neutral con relación a otras zonas.
- ❑ La mayoría de la normativa y los criterios de diseño gubernamentales exigen que todo el aire

de los aseos sea expulsado directamente al exterior. Estos requerimientos se basan en el control de olores.

- ❑ Sistemas con unidades zonales.
- ❑ Se extrae a través del aseo adyacente a la habitación una cantidad de aire igual a la cantidad de aire exterior impulsado para ventilar la habitación.

8.7.2.2 UNIDADES DE CUIDADOS INTENSIVOS

- ❑ Rango de temperaturas: 24-27 °C
- ❑ Rango de humedades relativas: 30-60%
- ❑ Presurización positiva

8.7.2.3 UNIDADES DE AISLAMIENTO PREVENTIVO

- ❑ Algunos médicos prefieren unidades de aislamiento de flujo laminar para proteger al paciente.
- ❑ Otros son de la opinión de que estas células de aislamiento pueden tener efectos psicológicos sobre el paciente y prefieren desmontarlas y reducir las esporas en el aire.
- ❑ Se recomienda una distribución de aire que proporcione 15 renovaciones/hora.
- ❑ El aire estéril debe impulsarse sobre el paciente y retornarse cerca del suelo o de la puerta de la habitación.
- ❑ En los casos en los que el paciente es inmunodeficiente pero no contagioso, se puede mantener una presión positiva entre la habitación del paciente y las zonas adyacentes.
- ❑ Algunas jurisdicciones obligan a tener una antesala, que mantenga una presión negativa respecto a la habitación aislada e igual a la del corredor o a la zona común.
- ❑ Las salas de examen y de tratamiento deben tratarse de igual manera.
- ❑ Cuando el paciente, además de ser inmunodeficiente es contagioso, las habitaciones aisladas dentro de esta unidad deben diseñarse y controlarse para mantener una presión igual o negativa con respecto a las zonas adyacentes.
- ❑ Otra alternativa es, siempre que las autoridades lo autoricen, disponer en las habitaciones de equipos con controles que permitan presurizar la habitación positiva, igual o negativamente respecto a zonas adyacentes. De todas formas en estos casos se deberá seguir manteniendo la presión adecuada en estas zonas adyacentes o antesalas con respecto a otras zonas adyacentes.
- ❑ Para simplificar el control de la presión y de la calidad del aire se recomienda disponer de un sistema independiente que sirva a la unidad de aislamiento.

8.7.2.4 UNIDADES DE AISLAMIENTO DE INFECCIOSOS

- ❑ Los recientes brotes de tuberculosis han incrementado la importancia de la presurización, los ratios de aire exterior, el filtrado y el diseño de la distribución de aire de este tipo de habitaciones.
- ❑ Las temperaturas y humedades serán las correspondientes a las habitaciones de pacientes normales.
- ❑ Para proporcionar un mejor control es deseable disponer de una antesala separada, que servirá para impedir el paso del aire y de las partículas que transporta de la habitación al resto de zonas adyacentes.
- ❑ Es posible instalar habitaciones de aislamiento variable (aquellas que pueden cambiar su función mediante presión positiva o negativa).
- ❑ Las dos dificultades asociadas a esta solución son las siguientes:
 1. el mantenimiento requerido por las compuertas mecánicas y por los controles.
 2. crea una falsa sensación de seguridad, y el personal puede llegar a pensar que esta es la única medida necesaria para cambiar de un aislamiento preventivo a un aislamiento de infecciosos.
- ❑ AIA (1996) y CDC (1994) prohíben y recomiendan este procedimiento respectivamente.

8.7.2.5 SERVICIO DE COMIDA

- ❑ Si se sirve comida en grandes cantidades y se dispone de lavavajillas industriales, se recomienda el uso de extractores sobre los equipos expulsando hacia el exterior.
- ❑ Si se dispone de pequeñas despensas para suministrar desayunos y meriendas no es necesario cumplir ningún requisito especial de ventilación.
- ❑ La presión debe estabilizarse con relación a las zonas adyacentes con el objeto de reducir el movimiento de aire hacia fuera o hacia dentro.

8.7.2.6 SALA DE RECUPERACION Y POST-PARTO

- ❑ Habitaciones controladas de la misma forma que las habitaciones de pacientes normales.
- ❑ Algunas jurisdicciones exigen un mayor número de renovaciones/hora que el otras habitaciones.
- ❑ Aquellas intervenciones como cesáreas deben ser ejecutadas en salas de operaciones.

8.7.3 SERVICIOS AUXILIARES

8.7.3.1 FLUOROSCOPIA, RADIOGRAFIA Y SALA DE TERAPIAS DE PROFUNDIDAD

- ❑ Rango de temperaturas: 24-27 °C
- ❑ Rango de humedades relativas: 40-50%
- ❑ Para prevenir que se produzcan fugas de radiación hacia otras zonas del hospital se usará un recubrimiento de plomo sobre los conductos de impulsión y de retorno.
- ❑ Las cámaras oscuras se suelen usar durante mayores periodos de tiempo que las de rayos-x, por eso requieren de un sistema independiente de extracción.

8.7.3.2 LABORATORIOS

- ❑ Es importante tener en cuenta en el diseño las aportaciones de ganancias positivas debidas a los equipos que forma parte del laboratorio.
- ❑ Los sistemas de extracción que abastezcan a zonas donde se produzca material radiactivo, disolventes volátiles, y agentes altamente oxidantes, como ácido perclórico, deben fabricarse de acero inoxidable.
- ❑ Deben existir dispositivos de limpieza de aquellos conductos o extractores que estén en contacto con ácido perclórico.
- ❑ Los extractores que estén en contacto con materiales radiactivos o infectados deben ser equipados con filtros de alta eficacia en las rejillas de extracción y debe disponerse de equipos que permitan cambiar estos filtros en condiciones de seguridad.
- ❑ El trazado de los conductos de extracción debe ser lo más corto posible con el mínimo número de tramos horizontales.
- ❑ Cuando los caudales de ventilación sean próximos a los caudales requeridos por los equipos de extracción, estos últimos pueden ser usados para extraer todo el aire de ventilación de los laboratorios.
- ❑ Si los caudales requeridos por los equipos de extracción superan a los de impulsión será necesario proporcionar un caudal de aire suplementario.
- ❑ El aire suplementario necesario, que no requiere ser totalmente acondicionado, puede ser suministrado por un sistema independiente del de ventilación.
- ❑ Los sistemas individuales de extracción pueden conectarse a los de aire suplementario, siempre que el sistema de extracción no deje de funcionar en el caso de que el de aire suplementario falle.

- ❑ Los almacenes químicos deben disponer de un extractor de funcionamiento continuo con un ventilador terminal.
- ❑ Los ventiladores que sirven al sistema de extracción deben disponerse al final del conducto de descarga, para evitar que ningún producto extraído entre en el edificio.
- ❑ En laboratorios de bioquímica, histología, citología, patología, esterilización y serología-bacteriología las unidades de extracción deben descargar hacia el exterior sin ningún tipo de recirculación.
- ❑ Ventiladores de extracción típicos:
 - Descarga vertical
 - Situados como mínimo a 2.1 m por encima del tejado
 - Velocidades superiores a 20 m/s
- ❑ Las unidades de serología y bacteriología deben ser presurizadas positivamente respecto de zonas adyacentes, para evitar que se filtren aerosoles que puedan contaminar los especímenes que se están manipulando.
- ❑ El laboratorio entero debe estar a una presión negativa con respecto al resto del hospital para que no se filtren malos olores ni contaminantes.
- ❑ Las temperaturas y humedades deben mantenerse dentro de los rangos de confort.

8.7.3.3 LABORATORIOS BACTERIOLOGICOS

- ❑ Estas unidades no deben sufrir excesivos movimientos de aire, por lo que habrá que limitar la velocidad del aire al mínimo.
- ❑ La sala estéril de transferencia, adyacente al laboratorio bacteriológico, es aquella en la que los especímenes se transfieren de un medio estéril a un medio de cultivo. Para mantener condiciones estériles en estas salas se requiere instalar filtros de alta eficacia en los conductos de impulsión, cerca del punto de entrada a la habitación. Debe ventilarse para evacuar los olores y el vapor.

8.7.3.4 LABORATORIO DE VIRUS Y ENFERMEDADES CONTAGIOSAS

- ❑ Ventilación mínima: 6 renovaciones/hora o una renovación del aire igual al caudal de extracción.
- ❑ Presión negativa respecto al resto de zonas adyacentes, para evitar la pérdida de contaminantes presentes en el aire.
- ❑ El aire extraído por los extractores de humos o por las cabinas de seguridad debe ser

esterilizado antes de ser expulsado hacia el exterior. Esto se lleva a cabo:

- Mediante el uso de quemadores eléctricos o de gas situados en serie con el equipo de extracción y diseñados para calentar el aire extraído hasta 315 °C.
- Mediante el uso de filtros HEPA en el sistema (más económico).

8.7.3.5 LABORATORIO DE MEDICINA NUCLEAR

- Debido a la unicidad de los procedimientos llevados a cabo en estas zonas y a la especialización de los equipos utilizados, se recomienda a los diseñadores del sistema que determinen el instrumental preciso que se usará y que consulten las guías de los fabricantes.
- En particular las medidas de emergencia a tomar en el caso de que se produzca un escape de xenón 133 incluyen la evacuación de la zona y el aumento del número de renovaciones/hora.
 - Las recomendaciones acerca de las presiones relativas, el filtrado y el caudal del aire de impulsión, la recirculación y otros atributos característicos de los laboratorios de histología, patología, y citología son aplicables a los laboratorios de medicina nuclear.
 - Existen algunos requerimientos especiales concernientes al sistema de ventilación impuestos por NRC, siempre que se usen materiales radiactivos. Por ejemplo NRC propone un procedimiento computacional que estima el caudal necesario para mantener la concentración de xenón 133 por debajo de unos niveles específicos. También contiene requerimiento específico como la cantidad de radiactividad que puede ser expulsada a la atmósfera.

8.7.3.6 SALA DE AUTOPSIA

- Las bocas de extracción deben localizarse tanto en el techo como en la parte baja de los muros.
- El sistema de extracción debe expulsar el aire sobre el tejado del hospital.
- Debe mantenerse una presión negativa respecto a la zonas adyacentes.
- Cuando se usen grandes cantidades de formaldehídos deben instalarse extractores especiales que mantengan la concentración por debajo de los máximos permitidos.
- En pequeños hospitales donde la sala de autopsia sea usada con poca frecuencia, será conveniente un control de la ventilación y de los olores mediante carbón activo o mediante impregnación de potasio permanganato.

8.7.3.7 ANIMALARIO

- ❑ Sistema de extracción mecánica que descarga sobre el tejado del hospital, para la eliminación de malos olores.
- ❑ Debe mantenerse una presión negativa respecto a la zonas adyacentes (como mínimo de 25 Pa).

8.7.3.8 FARMACIA

- ❑ Se requiere ventilación local para el almacenamiento de productos químicos y de quimioterapia.
- ❑ La distribución del aire en la habitación y el filtrado del aire deben coordinarse mediante flujo laminar de aire.

8.7.4 ADMINISTRACION

- ❑ La zona administrativa incluye el vestíbulo y la recepción, los archivos médicos, y las oficinas. Las salas de espera y de admisión son zonas con un alto riesgo de transmisión de enfermedades infecciosas a través del aire.
- ❑ Se debe considerar el uso de sistemas de extracción que muevan el aire hacia la recepción.
- ❑ Sería deseable la instalación de UTAs independientes para independizar estas zonas del resto del hospital, ya que normalmente no se ocupan durante la noche.

8.7.5 DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO

8.7.5.1 BRONCOSCOPIA, RECOGIDA DE ESPUTOS Y ADMINISTRACION DE PENTAMIDINA

- ❑ La importancia de estas zonas reside en el alto riesgo de que se produzcan emisiones de concentraciones de gotas de agua infectadas en la habitación.
- ❑ Se debe usar mascarillas en los pacientes.
- ❑ La ventilación de la habitación debe incrementarse sobre los niveles normales en el caso de que se generen partículas infecciosas a través del aire.

8.7.5.2 SALAS DE RESONANCIA MAGNETICA

- ❑ Deben tratarse como salas de examen para las condiciones de temperatura humedad y ventilación.
- ❑ Atención especial a la sala de control debido a la cantidad de calor evacuado por el equipo computacional.

8.7.5.3 SALAS DE TRATAMIENTO

- ❑ Los pacientes enviados a estas salas son aquellos sometidos a tratamientos especiales que no pueden administrarse en las habitaciones normales.
- ❑ Las habitaciones deben tener controles individuales de temperatura y humedad.

8.7.5.4 DEPARTAMENTO DE FISIOTERAPIA

- ❑ La carga de refrigeración se ve afectada por los equipos de diatermia de onda corta, de infrarrojos y de ultravioletas.
- ❑ La sección de *hidroterapia* se mantiene generalmente a 27 °C.
- ❑ No debe pasarse por alto la alta carga latente de estas zonas.
- ❑ Las condiciones de temperatura y de humedad deben estar dentro de la zona de confort.
- ❑ El aire debe recircularse dentro de la zona.
- ❑ Se recomienda sistemas de control de olores.

8.7.5.5 DEPARTAMENTO DE TERAPIA OCUPACIONAL

- ❑ En este departamento se desarrollan actividades artísticas, plásticas, artesanía, etc...Se suelen dar en grandes hospitales y en aquellos que están especializados en rehabilitación.
- ❑ El aire se recirculará usando filtros de eficacia media.
- ❑ La temperatura y la humedad deben estar dentro de la zona de confort.

8.7.5.6 DEPARTAMENTO DE TERAPIAS DE INHALACION

- ❑ En este departamento se tratan enfermedades pulmonares y respiratorias por lo que el aire debe estar muy limpio y debe estar presurizado positivamente en relación con las zonas adyacentes.

8.7.5.7 SALAS LIMPIAS Y SUCIAS

- ❑ *Salas limpias*: presión positiva respecto al corredor.
- ❑ *Salas sucias*: se consideran salas contaminadas y deben mantenerse a una presión negativa respecto a zonas adyacentes.
- ❑ La temperatura y la humedad deben estar dentro de las condiciones de confort.

8.7.6 ESTERILIZACIÓN Y SUMINISTRO

- ❑ En esta unidad se procede a la esterilización de los equipos y el instrumental contaminados.
- ❑ Temperatura y humedad dentro de la zona de confort.
- ❑ Recomendaciones:
 1. Aislamiento de las cámaras de esterilización para reducir las pérdidas de calor.
 2. Ventilar abundantemente los equipos de esterilización para evacuar el exceso de calor.
 3. Cuando se usen esterilizadores de gas oxido etileno (ETO) usar un sistema de extracción independiente con ventiladores terminales (Samuals y Eastin 1980). Disponer de extractores en las proximidades de las posibles fuentes de fugas de gas. Instalar extractores sobre las puertas de la cámara y sobre los filtros. Instalación de extractores en las salas de ventilación y de servicio. Deben disponerse de sensores de concentración de ETO, sensores de caudal de extracción y alarmas. Las cámaras de esterilización deben colocarse en zonas no ocupadas con una alta presión negativa respecto a las zonas adyacentes y 10 renovaciones/hora. En muchas jurisdicciones se requiere la instalación de equipos que separen el gas ETO del aire de extracción.
 4. Mantener los almacenes para la provisión de material estéril a una humedad relativa por debajo del 50%.

8.7.7 SERVICIOS

8.7.7.1 SERVICIOS DE COMIDA

- ❑ Especial atención a la alta producción de calor y de olores provenientes de las cocinas.
- ❑ La oficina dietética está localizada generalmente en la propia cocina o al lado de ella. Normalmente se aísla totalmente para asegurar a privacidad y la reducción de ruido. Se recomienda acondicionar el aire para asegurar las condiciones de confort.
- ❑ Las salas de lavavajillas se encuentran cerradas y con una ventilación mínima igual a extracción sobre el lavavajillas. Es común dividir esta sala en una zona sucia y una zona limpia. En este caso la zona sucia debe estar a una presión negativa con respecto a la zona limpia.
- ❑ La zona de comedor debe cumplir las normas locales de ventilación.
- ❑ Se propone la reutilización del aire proveniente de la zona de comedor para ventilar y refrigerar las zonas de preparación de comidas mediante el uso de filtros de una eficacia del 80%.

- ❑ Si existe servicio de cafetería se suelen instalar extractores en las áreas de servicio y en los calentadores de vapor. La capacidad de estos equipos de extracción suele ser como mínimo de 380 l/s/m²

8.7.7.2 ZONAS DE COMPRESORES Y CONDENSADORES DE LA COCINA

- ❑ Ventilación conforme a las normas.
- ❑ Consideraciones:
 1. 220 l/s de aire de ventilación por kW de unidades dispuestas dentro de la cocina.
 2. Las condiciones óptimas de trabajo de las unidades de condensación son de 32 °C de temperatura máxima ambiente.
 3. Cuando la temperatura o la circulación del aire no son suficientes se recomienda combinar unidades de condensación por aire y por agua. Es interesante el uso de unidades de condensación por agua o condensadores remotos. Debe considerarse la recuperación de calor en las unidades de condensación por agua.

8.7.7.3 SERVICIO DE LAVANDERIA

- ❑ El almacén de ropa sucia previo a la recogida hacia la lavandería debe ventilarse bien y presurizarse negativamente para evitar los malos olores y la contaminación.
- ❑ En zona de lavandería se instalan equipos de extracción para reducir la humedad.
- ❑ Estos equipos deben aislarse y protegerse todo lo posible para reducir los efectos de la alta radiación. Una cubierta sobre el equipo de planchado y bocas de extracción cerca de los equipos productores de calor ayudará a la evacuación del calor.
- ❑ Las rejillas de impulsión deben localizarse de forma que muevan el aire hacia los equipos que producen calor.
- ❑ Los equipos de extracción sobre las planchas son independientes del resto y están equipados con filtros de tela.
- ❑ El aire debe ser expulsado sobre el tejado.
- ❑ Es deseable la recuperación de calor del aire de extracción proveniente de la lavandería.
- ❑ Cuando se contempla la posibilidad de acondicionar el aire se puede disponer de un sistema independiente de impulsión suplementario en las proximidades de los extractores de las planchas.
- ❑ Otra alternativa es la definición de un punto frío, para el descanso del personal.

8.7.7.4 SALAS DE MAQUINAS

- ❑ El aire suministrado a la sala de calderas debe proveer unas condiciones confortables de trabajo y cumplir con los niveles requeridos en función del combustible empleado.
- ❑ Debe suministrarse aire suficiente a la habitación como para satisfacer tanto la combustión en las calderas como los niveles de extracción.
- ❑ En la sala de control la temperatura debe limitarse a 32 °C. Cuando la temperatura exterior es mayor, la temperatura interior podrá ser igual a la exterior con un máximo de 36 ° C para proteger a los motores de un calor excesivo.

8.7.7.5 SALAS DE MANTENIMIENTO

- ❑ Es importante mantener los niveles de ventilación requeridos debido al riesgo de incendio.
- ❑ Las salas de mantenimiento con equipo de soldadura deberán proveerse de ventiladores de extracción.

8.8 APENDICE II

NIVELES DE PRESION Y DE VENTILACION PARA LAS DISTINTAS AREAS DEL HOSPITAL

<i>Funcionalidad de la zona</i>	<i>Diferencia de presión respecto a zonas adyacentes^a</i>	<i>Mínimo número de renovaciones por hora^b</i>	<i>Mínimo número de circulaciones por hora^c</i>	<i>Todo aire exterior</i>	<i>Recirculación de aire en las habitaciones^d</i>
CIRUGIA Y CUIDADOS ESPECIALES					
Quirófano (sistemas todo aire exterior)	P	15 ^e	15	SI	NO
Quirófano (sistemas con recirculación de aire)	P	5	25	OPCIONAL	NO
Paritorio (sistemas todo aire exterior)	P	15	15	OPCIONAL	NO
Paritorio (sistemas con recirculación de aire)	P	5	25	OPCIONAL	NO
Sala de reanimación postoperatorio	I	2	6	OPCIONAL	NO
Asistencia infantil	P	5	12	OPCIONAL	NO
Sala de observación ^f	P	5	12	OPCIONAL	NO
Almacén de anestesia	±	OPCIONAL	8	SI	NO
UNIDADES DE ASISTENCIA					
Habitaciones de pacientes	±	2	4	OPCIONAL	OPCIONAL
Aseos ^g	N	OPCIONAL	10	SI	NO
Cuidados intensivos	P	2	6	OPCIONAL	NO
Aislamiento preventivo ⁱ	P	2	10	SI	OPCIONAL
Aislamiento de infecciosos ^h	±	2	4	SI	NO
Cubículo o antesala de aislamiento	±	2	4	SI	NO
Sala de recuperación y post-parto	I	2		OPCIONAL	OPCIONAL
Pasillos	I	2		OPCIONAL	OPCIONAL
SERVICIOS AUXILIARES					
Radiología Rayos-X (cirugía y urgencias)	P	3	15	OPCIONAL	NO
Radiología Rayos-X (diagnóstico y tratamiento)	±	2	6	OPCIONAL	OPCIONAL
Radiología Cuarto negro	N	2	10	SI ^j	NO

Laboratorio general	N	2	6	SI	NO
Laboratorio bacteriológico	N	2	6	SI	NO
Laboratorio bioquímico	P	2	6	OPCIONAL	NO
Laboratorio de citología	N	2	6	SI	NO
Laboratorio de desinfección	N	OPCIONAL	10	SI	OPCIONAL
Laboratorio de histología	N	2	6	SI	NO
Laboratorio de medicina nuclear	N	2	6	SI	NO
Laboratorio patológico	N	2	6	SI	NO
Laboratorio serológico	P	2	6	OPCIONAL	NO
Laboratorio de esterilización	N	OPCIONAL	10	SI	NO
Laboratorio (media transfer)	P	2	4	OPCIONAL	NO
Sala de autopsia	N	2	12	SI	NO
Sala de preparación de cadáveres ^k	N	OPCIONAL	10	SI	NO
Farmacia	P	2	4	OPCIONAL	OPCIONAL

ADMINISTRACION

Admisión y salas de espera	N	2	6	SI	OPCIONAL
----------------------------	---	---	---	----	----------

DIAGNOSTICO Y TRATAMIENTO

Broncoscopia, recogida de esputos y administración de pentamidina	N	2	10	SI	OPCIONAL
Sala de observación	±	2	6	OPCIONAL	OPCIONAL
Sala de medicación	P	2	4	OPCIONAL	OPCIONAL
Sala de tratamiento	±	2	6	OPCIONAL	OPCIONAL
Fisioterapia e Hidroterapia	N	2	6	OPCIONAL	OPCIONAL
Pasillo sucio	N	2	10	SI	NO
Pasillo limpio	P	2	4	OPCIONAL	OPCIONAL

ESTERILIZACION Y SUMINISTRO

Sala de equipo de esterilización	N	OPCIONAL	10	SI	NO
Sala de descontaminación	N	2	6	SI	NO
Almacén estéril	P	2	4	OPCIONAL	OPCIONAL
Almacén de equipo	±	2(OPCIONAL)	2	OPCIONAL	OPCIONAL

SERVICIOS

Cocinas ^l	±	2	10	SI	NO
----------------------	---	---	----	----	----

Depósito de ropa sucia	N	OPCIONAL	10	SI	NO
Almacenes generales	±	OPCIONAL	2	OPCIONAL	NO
Lavandería general	N	2	10	SI	NO
Ordenación y almacenamiento de lencería sucia	N	2(OPCIONAL)	10	SI	NO
Almacenamiento de lencería limpia	P	OPCIONAL	2	OPCIONAL	OPCIONAL
Recogida de basura y ropa sucia	N	OPCIONAL	10	SI	NO
Sala de desechos	N	OPCIONAL	10	SI	NO
Aseos	N	OPCIONAL	10	OPCIONAL	NO
Conserjería	N	OPCIONAL	10	OPCIONAL	NO

P = positiva; N = negativa; I = igual; ± = no requerido control direccional continuo

- a Cuando no es requerido un control direccional continuo, las variaciones deben ser minimizadas, y en ningún caso la carencia de control direccional puede permitir el contagio de infecciones de una zona a otra. Las fronteras entre las zonas funcionales (salas y departamentos) deben tener control direccional. Lewis (1998) describe métodos para mantener el control direccional aplicando controles de detección de aire.
- b Ventilación de acuerdo con "ASHRAE Standard 62, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality", será considerada en aquellas áreas para las que no se hayan especificado niveles de ventilación. Cuando en la norma se requieran niveles de ventilación distintos que los exigidos en la tabla se tomará el mayor de ellos.
- c El numero de circulaciones hora indicado puede ser impulsado o, cuando sea requerido, extraído.
- d Las unidades de filtros de recirculación HEPA son aceptables para el control de infecciones (sin baterías de frío o de calor).
- e Para las salas de operaciones se mantendrá 100% aire exterior sólo cuando la norma lo requiera o si se usan recuperadores de calor.
- f El término "sala de observación" ("trauma room") se usa para nombrar la sala de primeros auxilios o de emergencia donde se tratan inicialmente a las víctimas accidentadas. La sala de operaciones situada dentro de la zona de urgencias recibirá el mismo tratamiento que la sala de operaciones general.
- g Ver la sección de Habitaciones de pacientes donde se discute el diseño de sistemas centrales de extracción para los servicios.
- h Las salas de aislamiento de infecciosos descritas en esta tabla son todas aquellas zonas, dentro de la totalidad del hospital, que puedan ser usadas por enfermos infecciosos. Estas zonas estarán negativamente presurizadas. Algunas salas de aislamiento pueden presentar una antesala. Para una información más detallada ir al capítulo correspondiente. En salas donde una enfermedad respiratoria altamente infecciosa como la tuberculosis haya sido aislada, debe considerarse el incrementar el número de renovaciones/hora.
- i Las salas de aislamiento preventivo son usadas para los pacientes con algún tipo de inmunodeficiencia. La habitaciones deben ser presurizadas positivamente para proteger al paciente. Las antesalas son requeridas generalmente y deben ser presurizadas negativamente respecto a la habitación del paciente.
- j No es necesario que todo el aire sea exterior si el cuarto negro dispone de equipos de limpieza de los conductos de extracción y cumple las normas de ventilación de NIOSH, OSHA y los límites de exposición de los empleados.

- k La sala de preparación de cadáveres es usada únicamente para aquellas funciones que no requieran la realización de autopsia y se usa durante periodos de tiempo cortos mientras el cuerpo espera a ser trasladado.
- l Las cocinas deben tener un exceso de aire de impulsión para presurizar positivamente cuando los extractores no están en funcionamiento. El número de renovaciones/hora puede ser reducirse o variarse en función del control del olor cuando el espacio no está en uso. El mínimo número de circulaciones hora debe ser el necesario para proporcionar el aire de recirculación requerido por los equipos de extracción de las cocinas.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ Guidelines for preventing the transmission of Mycobacterium tuberculosis in health care facilities,1994. MMWR 43. (RR13).
- ² Respiratory protection program in health care facilities. Administrator "Guide. US. Department of Health and human services. Public Health Service Centers for disease control and prevention. National Institute for Occupational, Safety and Health. Sept. 1999.
- ³ Guidelines for the prevention of tuberculosis in health care facilities in resource-limited settings. World Health Organization.1999
- ⁴ Draft guideline for environmental infection control in health facilities rooms. Center for Disease Control and Prevention Health Care (CDC).Infection Control Practices. Advisory Committee.
- ⁵ HVAC System Design. How much is enough? Parameters for special ventilation rooms in hospitals. A.J. Streifel. Environmental Health and Safety and school of Public Health. University of Minnesota. Minneapolis, Minnesota. USA.
- ⁶ Guía práctica para el diseño y mantenimiento de la climatización en quirófanos. Instituto Nacional de la Salud. Secretaria General, Madrid 1996.
- ⁷ Prevención y control de las infecciones nosocomiales causadas por hongos filamentosos. Unidad de Micología. Centro Nacional de Microbiología. Instituto de Salud Carlos III, 1998.
- ⁸ Climatization Conditionnement d'air. Traitement de l'air. J. Boutoup, M. Le Guay, J. Ligens. Les Editions parisiennes.
- ⁹ American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE) Applications Handbook-Health Care Facilities. 1999
- ¹⁰ Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).1998
- ¹¹ Alberto Viti Corsi. Conferencias Varias.

