

Guía de control de infecciones sobre calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) para técnicos de HVAC.



Reconocimientos

- Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (American National Standards Institute, ANSI)
- Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (Centers for Disease Control and Prevention, CDC)
- Instituto de Directrices de Instalaciones (Facilities Guidelines Institute, FGI)
- La Sociedad Estadounidense de Ingeniería de Atención Médica (American Society for Health Care Engineering, ASHE)
- ASHRAE

Producido por

- TLC Engineering Solutions
 - Michael P. Sheerin, PE, LEED AP
 - Robert D. Danner
 - Kim E Shinn, PE, becario LEED, BEMP
 - Aaron L. Johnson, PE, LEED AP BD + C
 - Anthony A. Scaccia PE, LEED AP BD + C

Índice

Índice	2
Introducción	3
Breve revisión bibliográfica	5
Revisión a profundidad	6
Ventilación	6
Filtración	6
Equipo de HVAC	7
Presurización	10
Dilución	11
Salas de aislamiento de infecciones transmitidas por el aire (AIIR)	12
Salas de entorno protector (PE)	14
Otros factores	14
Mejores prácticas y recomendaciones	15
Comunicación	15
Actualizaciones del sistema	16
Mantenimiento	17
Humedad relativa	18
Monitores de presión	18
Antesalas	19
Modos de transmisión	20
Tecnología nueva y emergente	20
Conclusión	21
Casos prácticos	22
Estudio de caso A: FGI 2021	22
Estudio de caso B: Centro de atención médica en el sudeste de EE. UU. en 2020	23
Herramientas	24
Glosario	25
Notas finales	Error! Bookmark not defined.8

Introducción

Del mismo modo que los enfermeros y médicos son responsables de la salud y del bienestar del paciente, el equipo de las instalaciones de atención médica es responsable de la salud y del bienestar del edificio. Un edificio que no funciona según lo previsto puede afectar de manera significativa a todos los ocupantes.

Un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (Heating, Ventilation And Air-Conditioning, HVAC) es una parte integral de los protocolos de control de infecciones de un hospital. El sistema de HVAC es responsable de templar el aire, ajustar la humedad relativa en un espacio, establecer relaciones de presurización entre espacios, filtrar y diluir el aire recirculado a través del edificio, ventilar el edificio y eliminar los contaminantes de los espacios.¹ Este documento explorará cada uno de estos conceptos en relación con el control de infecciones.

Dependiendo del tipo de instalación, un diseñador de HVAC indicará normalmente parámetros según lo definido por el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI), ASHRAE y la Sociedad Estadounidense de Ingeniería de la Atención Médica (ASHE) conforme al Estándar 170 ANSI/ASHRAE/ASHE , *Ventilación de Instalaciones de Atención Médica* o al Estándar 62.1 ANSI/ASHRAE, *Ventilación para la Calidad Aceptable del Aire Interior*.²

El equipo también establecerá el nivel de filtración necesario para eliminar los contaminantes de la corriente de aire y limpiar el aire para su recirculación.³ El aire viciado y el aire sucio se expulsa a través de las ventilaciones de alivio de aire y se descarga al exterior para equilibrar las cantidades de aire del economizador, que utiliza aire exterior frío en lugar de aire acondicionado, según corresponda. Es importante tener en cuenta que el aire expulsado debe sustituirse por aire exterior acondicionado, no por aire del economizador. La migración de aire exterior sin acondicionar al edificio puede provocar problemas de control de la temperatura y la humedad, junto con contaminantes sin filtrar y el posible desarrollo de crecimiento microbiológico, especialmente cuando se producen condiciones húmedas.⁴ El crecimiento microbiano puede provocar aire inseguro para los ocupantes del edificio y condiciones inseguras para los pacientes.

La Figura 1 proporciona un esquema de ventilación básico. El aire exterior fresco (Outside Air, OSA) se introduce en el sistema mediante una conexión con celosías en la superficie del edificio diseñada para proteger el edificio de las inclemencias del tiempo (ductos azules en la Figura 1) y se lleva a una unidad de tratamiento de aire (Air-Handling Unit, AHU) de la estación central, que acondiciona y filtra el aire. Luego, el aire pasa a través de un ventilador y se convierte en aire de suministro para ventilar los espacios (ductos verdes). Después de ventilar un espacio, el aire se recircula a la AHU (ductos amarillos) para mezclarlo con aire exterior o reacondicionarlo (es decir, filtrado, calentado/enfriado, humidificado según corresponda) y volver a suministrarlo a un espacio,

o bien se expulsa con un ventilador (ductos rojos) y se descarga del edificio.

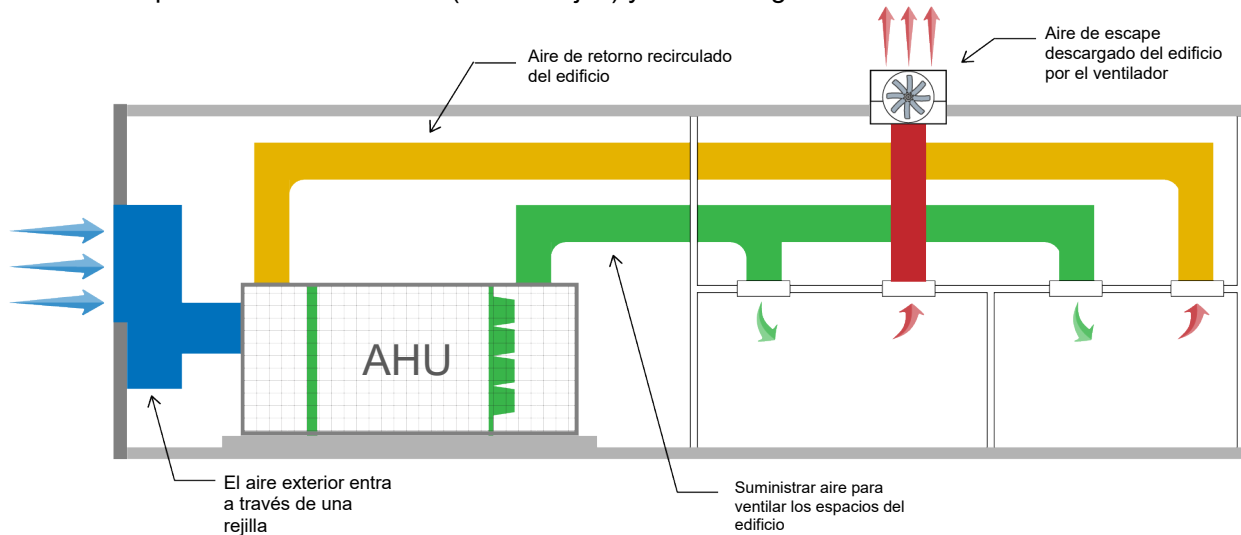


Figura 1. Esquema del sistema de ventilación.

El primer principio de la función de un sistema de HVAC en el control de infecciones es el control de contaminantes, sustancias que hacen que el aire sea impuro y peligroso para respirar.⁵ Esto se logra con la dilución de los niveles de contaminantes mediante cambios de aire, la eliminación de contaminantes (preferiblemente en su origen) filtrando el aire suministrado y el aire de escape según corresponda, y el equilibrio del aire para crear diferenciales de presión de aire que mueven el aire de áreas limpias a áreas menos limpias.⁶ Cuando surja la necesidad o si la dirección no está clara, debe cumplir con estas estrategias de control de contención.

Breve revisión bibliográfica

El diseño de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) de un edificio depende del tipo de instalación, así como de la ubicación, del clima, de los códigos de construcción y del capital disponible. Muchas organizaciones proporcionan guías, directrices o requisitos para el diseño y dimensionamiento de sistemas de HVAC. Aunque las referencias y adopciones de códigos locales y estatales pueden variar de una ubicación a otra, las guías o los códigos más pertinentes provienen de las siguientes organizaciones y estándares. Esta sección detalla estos recursos.

- Instituto de Directrices de Instalaciones (FGI)
- Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170, *Ventilación de instalaciones de atención médica*
- Estándar ANSI/ASHRAE 52.2, *Método de prueba de dispositivos de limpieza de aire de ventilación general para la eficiencia de eliminación por tamaño de partícula*
- Estándar ANSI/ASHRAE 62.1, *Ventilación para una calidad aceptable del aire interior*

El **FGI** establece directrices dedicadas a la planificación, al diseño y a la construcción de hospitales, instalaciones ambulatorias e instalaciones residenciales de salud, atención y apoyo. Estas pautas son amplias y abordan consideraciones de atención médica como evaluaciones de riesgos de control de infecciones y seguridad, requisitos dimensionales mínimos y requisitos de espacio de apoyo para tipos de espacio particulares en una instalación.⁷ Existen ediciones distintas de las *directrices* del FGI para cada tipo de centro de la atención médica, y cada una hace referencia al Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170 o lo integra.⁸ Las *directrices* del FGI se actualizan cada cuatro años y, por lo general, se adoptan a través de las normativas estatales de atención médica y se aplican por TJC según lo adoptado por los requisitos estatales o en ausencia de estos.⁹

El Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170 dicta los requisitos mínimos de climatización de las instalaciones de atención médica. Como estándar de mantenimiento continuo, los cambios publicados como “apéndices” pueden emitirse en cualquier momento. La reedición periódica que incorpora estos cambios se produce de acuerdo con las *directrices del FGI*. Aquí se especifican las temperaturas de diseño y los rangos de humedad relativa, los cambios de aire por hora (ACH), los requisitos de filtración, las relaciones de presión y los requisitos de escape, junto con los requisitos específicos de la sala y a nivel de infraestructura.¹⁰

El estándar ANSI/ASHRAE 52.2 establece las clasificaciones del valor mínimo de informe de eficiencia (Minimum Efficiency Reporting Value, MERV) para los filtros, que indican cuántas partículas absorben los filtros del aire. Basándose en la tasa de captura de partículas de varios tamaños, los filtros reciben una clasificación de MERV que permite a los consumidores comparar productos en una escala uniforme.¹¹

El Estándar ANSI/ASHRAE 62.1 define la calidad y la cantidad de aire exterior que se introduce en un edificio para ventilar cada espacio.¹² Aunque no aborda específicamente los espacios de atención médica, el estándar ANSI/ASHRAE 62.1 aborda los requisitos de aire exterior para espacios no sanitarios en una instalación de atención médica y proporciona una guía importante relacionada con la calidad del aire y la filtración en ciertas zonas climáticas, como áreas con altas condiciones de partículas u ozono.¹³ Como estándar de mantenimiento continuo, se pueden emitir apéndices en cualquier momento. La reedición que incorpora estos cambios se produce periódicamente.¹⁴ Las aplicaciones comunes para espacios no sanitarios salud incluyen cantidades de aire exterior dictadas por el tipo de uso, área de suelo y la cantidad máxima de personas que ocuparán el espacio. También hay requisitos de escape para algunos espacios donde la cantidad de escape requerida se cuantifica por su área.¹⁵

Revisión a profundidad

El material más relevante para el control de infecciones de la bibliografía revisada en la sección anterior se detalla aquí. La mayoría de las jurisdicciones han adoptado el siguiente material como código.

Ventilación

La ventilación se refiere a un proceso en el que se introduce aire exterior fresco (OSA) a un edificio. Esto se logra moviendo el aire alrededor del edificio a través del sistema de HVAC, ya sea OSA, aire de suministro, aire de retorno o aire de escape.

- **Se introduce OSA** fresco para establecer relaciones de presión y diluir el aire de retorno recirculado del edificio.
- **El aire de suministro** ha sido acondicionado por el equipo HVAC y se utiliza para ventilar y templar los espacios del edificio. A continuación, el aire se recircula al equipo de HVAC como **aire de retorno** para mezclarse y diluirse con OSA fresco antes de acondicionarse y suministrarse de nuevo.
- Algunos tipos de espacio (p. ej., baños, salas de aislamiento de infecciones transmitidas por el aire [Airborne Infection Isolation Room, AIIR], cocinas, etc.) generan aire demasiado sucio para su reutilización, que en su lugar se expulsa del edificio con un ventilador (**aire de escape**).¹⁶

Filtración

La filtración y la dilución son funciones importantes de un sistema de HVAC. Sin una filtración adecuada, los ocupantes del edificio podrían recibir aire cargado de irritantes y contaminantes ambientales, y el equipo HVAC podría dañarse con el tiempo por la acumulación de polvo y contaminantes que pueden obstruir las bobinas y restringir el flujo de aire.¹⁷

Los filtros de aire son medios de fibra plisada que atrapan partículas del aire que pasan a través de estos con diferentes niveles de eficacia. Los filtros se clasifican en un sistema de valor de informe de eficiencia mínima (MERV) basado en la capacidad del filtro para atrapar partículas de diferentes tamaños. La Tabla 1, tomada del Estándar 52.2 de ASHRAE, *Método de prueba de los dispositivos de limpieza de aire de ventilación general para la eficiencia de eliminación por tamaño de partícula*, muestra la eficiencia de filtración requerida para obtener diferentes clasificaciones de MERV, o para clasificarse como un filtro de aire de partículas de alta eficiencia (High Efficiency Particulate Air, HEPA).¹⁸ Un edificio comercial típico tendrá un MERV 8,¹⁹ mientras que un espacio hospitalario típico tendrá al menos un MERV 14 para los espacios de atención al paciente.²⁰

Los tamaños de partículas son las dimensiones de las partículas sólidas, líquidas o gaseosas individuales en cuestión. El tamaño de las partículas se mide en micras (μ), y una micra se define como un micrómetro o una millonésima parte de un metro.²¹ Como referencia, un cabello humano tiene aproximadamente 70 micras de diámetro y un trozo de papel tiene 100 micras.²²

Calificación de MERV	Eficiencia media del tamaño de las partículas (Particle Size Efficiency, PSE) 0.3-1.0 micras	Eficiencia media del tamaño de las partículas (PSE) 1.0-3.0 micras	Eficiencia media del tamaño de las partículas (PSE) 3.0-10.0 micras
1			<20 %
2			<20 %
3			<20 %
4			<20 %
5			20-34.9 %
6			35-49.9 %
7			50-69.9 %
8			70-84.9 %
9		< 50 %	≥ 85 %
10		50-64.9 %	≥ 85 %
11		65-79.9 %	≥ 85 %
12		80-89.9 %	≥ 90 %
13	<70 %	≥ 90 %	≥ 90 %
14	75-84.9 %	≥ 90 %	≥ 90 %
15	85-94.9 %	≥ 90 %	≥ 90 %
16	≥ 95 %	≥ 95 %	≥ 95 %
HEPA	≥ 99.97 %	≥ 99.97 %	≥ 99.97 %

Tabla 1. Nivel de filtración por clasificación de MERV. Fuente: Estándar ASHRAE 52.2

Los filtros de HEPA son tan eficaces que el aire que se suministra desde uno es más limpio y tiene menos partículas que el OSA fresco. Los filtros de HEPA fueron diseñados para filtrar partículas radiactivas del aire por el Ejército de los EE. UU. durante su desarrollo de armas nucleares en la Segunda Guerra Mundial. Estos filtros se siguen utilizando en la industria de la energía nuclear hoy en día²³ y se aplican de forma similar en campanas de farmacia.²⁴ Otras aplicaciones especiales, aunque conocidas, en las que se pueden encontrar filtros de HEPA en un entorno de atención médica incluyen los difusores de suministro de techo de quirófanos ortopédicos o neuroquirúrgicos.²⁵ Debe tenerse en cuenta que la filtración de alto nivel requiere la mayor potencia del ventilador para tirar y soplar a través de la filtración avanzada y dará lugar a un mayor uso de energía. Si los ventiladores no tienen potencia disponible para atravesar los filtros actualizados, las relaciones de presión aguas abajo o los ACH podrían verse afectadas. Además, los filtros de HEPA deben probarse tras la instalación para confirmar que los sellos especiales que minimizan la derivación de aire y el medio filtrante funcionan según lo previsto.

Equipo de HVAC

Los equipos de HVAC que acondicionan el aire (p. ej., AHU, unidades de bobina de ventilador [FCU], etc.) por lo general tendrán dos filtros o uno. Una disposición de dos filtros se muestra en la Figura 2, y una disposición de un solo filtro en la Figura 3. Los equipos más grandes, como las AHU de la estación central, normalmente estarán equipados con un prefiltro para proteger los componentes internos de la AHU y separar los filtros finales. Los filtros finales son más robustos

que los prefiltros y eliminan los contaminantes del aire antes de su entrega a los espacios ocupados.²⁶

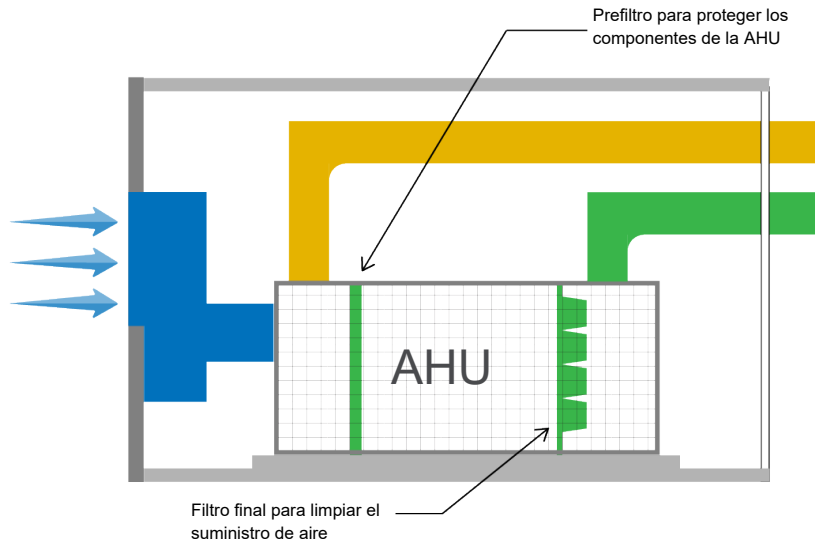


Figura 2. Lugares del filtro previo y final.

Es probable que los equipos más pequeños, como las bobinas de ventilador, tengan solo un filtro, lo que proporcionará una filtración de contaminante limitada (si la hay) del aire. Es probable que estos prefiltros solo tengan la clasificación MERV 8 y no proporcionen altos niveles de control de infecciones.²⁷ Los espacios que requieren medidas de control de infecciones, como filtración, dilución, humidificación o presurización, pueden requerir AHU de estación central u otro equipo de HVAC. Las unidades de recirculación en la sala (p. ej., FCU, aires acondicionados o bombas de calor) tampoco tienen requisitos de filtración altos y deben utilizarse solo para refrigeración y calefacción, a menos que las unidades estén especialmente construidas y equipadas para lograr parámetros de filtración o acondicionamiento ambiental de mayor nivel.

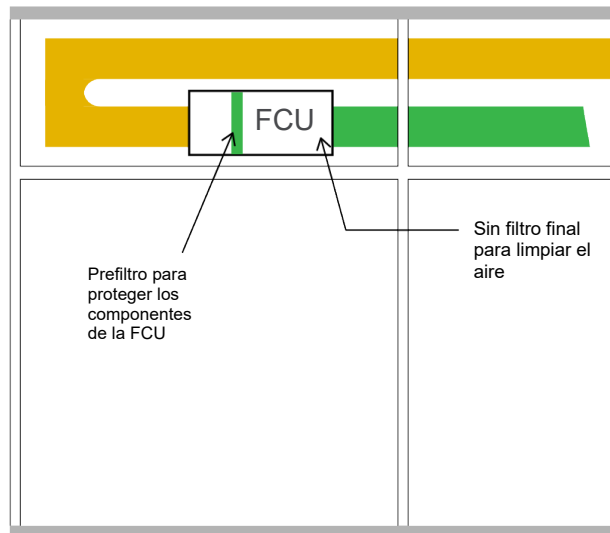


Figura 3. Filtro de la unidad de la bobina del ventilador.

Para algunos espacios, el Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170 requiere ubicaciones específicas para la entrada de aire de suministro o la salida de retorno/escape. Por ejemplo, en las salas de AIIR, la salida de escape debe ubicarse directamente encima de la cabecera de la cama, como se muestra en la Figura 4.²⁸ En esta disposición, la columna para toser, estornudar, etc. de un paciente infeccioso se dirigirá lejos del personal de atención médica²⁹ hacia la rejilla de escape y se descargará directamente fuera del hospital.³⁰

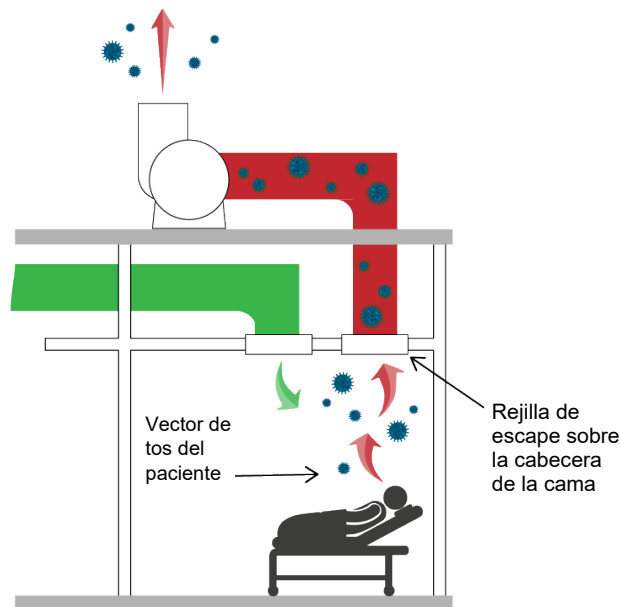


Figura 4. Ubicación de la rejilla de escape de AIIR.

Los espacios como quirófanos (Operating Room, OR), broncoscopía, ciertas imágenes nucleares y almacenamiento de gas médico están diseñados con retornos ubicados en la parte baja de la pared.³¹ Como se muestra en la Figura 5, el propósito de estos retornos de pared bajos es expulsar el gas más denso de la zona inferior de la sala o ayudar a crear un flujo de aire uniforme (laminar) a través de la cama del paciente y lejos del personal de atención médica.³² Estos puntos bajos de escape o retorno de la pared deben mantenerse alejados de cualquier equipo o material para funcionar correctamente.

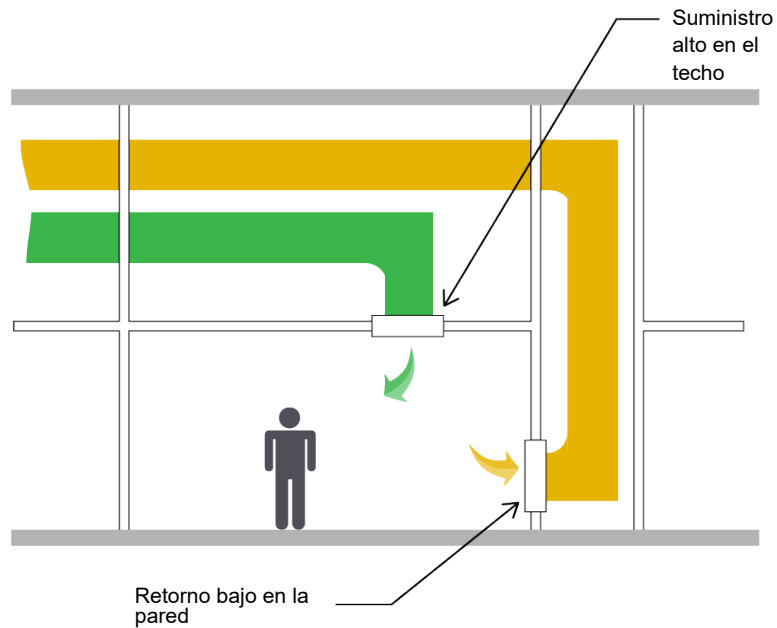


Figura 5. Diagrama de retorno de pared bajo.

Presurización

En un sistema de HVAC con un mantenimiento adecuado, la presurización mueve el aire de espacios limpios a espacios menos limpios y mitiga las posibilidades de los ocupantes de exposición al aire contaminado. Normalmente, las habitaciones con contaminantes se establecen a una presión de aire relativa negativa para contener contaminantes en el espacio donde se generan. Por el contrario, una presión de aire relativa positiva minimiza y expulsa los contaminantes en espacios que pueden albergar a un paciente inmunodeprimido (p. ej., quirófano o sala de entorno protector [PE]).³³

Cuando la puerta esté cerrada, se inducirá el aire a la habitación a través de pequeñas aberturas alrededor del marco de la puerta. En la señalización, la presión se indica con los siguientes símbolos dentro de un triángulo:

- + para positivo \triangle
- 0 para neutral \triangle
- — para negativo \triangle

El aire de transferencia para presurización negativa o positiva se indica mediante una flecha rota en la línea a través de la puerta, como se muestra en la Figura 6.³⁴

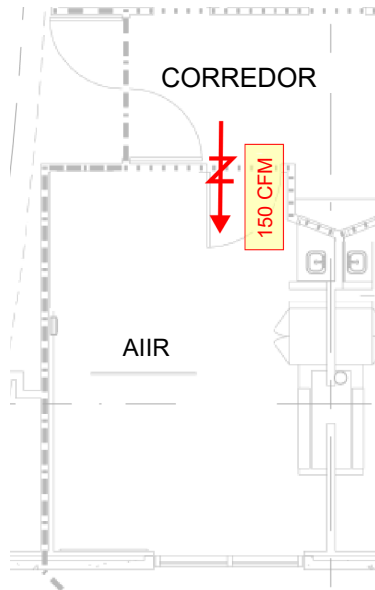


Figura 6. Símbolo de aire de transferencia para presurización negativa.

La Figura 7 y la Figura 8 muestran las perspectivas interiores de una sala de presión negativa y una sala de presión positiva, respectivamente. En la Figura 7, el papel de seda en la parte inferior de la puerta se está soplando en la sala a medida que entra aire por los huecos alrededor de la puerta. En la Figura 8, el papel de seda se fuerza a la puerta a medida que se aspira aire alrededor de los huecos.



Figura 7. Vista desde el interior de una sala de presión negativa.



Figura 8. Vista desde el interior de una sala de presión positiva.

Dilución

La dilución se refiere a la sustitución del volumen de aire contenido dentro de un espacio por aire de suministro fresco del equipo de HVAC,³⁵ lo que reduce el número de partículas peligrosas.

Aumentar la velocidad de suministro de flujo de aire a la sala también aumenta los ACH, así como la eficiencia de eliminación de partículas del equipo de HVAC.³⁶ Consulte la Tabla 2 para ver los tiempos de descontaminación para los espacios con aumento de ACH.³⁷ Es importante tener en cuenta que un ACH de uno no descontamina la habitación en una hora. Debido a la difusión y mezcla de aire en la sala, se necesitan más ACH de lo que la simple aritmética podría implicar para diluir y eliminar eficazmente los contaminantes a los niveles requeridos.

ACH	Eficiencia del 99 % (minutos)	Eficiencia del 99.9 % (minutos)
2	138	207
4	69	104
6	46	69
7	35	52
10	28	41
12	23	35
15	18	28
20	14	21
50	6	8

Tabla 2. Tiempos de descontaminación para ACH variable según CDC.³⁸

Los ACH de una habitación se determinan por su volumen (área multiplicada por la altura del techo) y la velocidad de flujo de aire. La fórmula 1 muestra el cálculo, donde V es el volumen en pies cúbicos (pies³), CFM es la velocidad de flujo de aire en pies cúbicos por minuto (también escrito como pies³/min) y 60 es una constante para minutos en una hora. Según el Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170, la velocidad de flujo de aire debe medirse en la rejilla de retorno o escape para un espacio bajo presurización negativa, y en la rejilla de suministro para habitaciones bajo presurización positiva. Esto garantizará que el aire transferido de un espacio a otro con fines de presurización se tenga en cuenta en el espacio correcto.³⁹ La Fórmula 2 reorganiza la Fórmula 1 para resolver el flujo de aire requerido en lugar de los ACH.

$$ACH = \frac{(60 \times CFM)}{V}$$

Fórmula 1. Cambios de aire por hora.

$$CFM = \frac{(ACH \times V)}{60}$$

Fórmula 2: Caudal de aire.

Salas de aislamiento de infecciones transmitidas por el aire (AIIR)

Una sala de aislamiento de infecciones transmitidas por el aire (AIIR) es un espacio diseñado para alojar a pacientes en investigación o confirmados positivos para enfermedades infecciosas transmitidas por el aire ⁴⁰(p. ej., gripe, tuberculosis, COVID-19, paperas, sarampión y tos

ferina).⁴¹ Con el fin de aumentar la dilución de contaminantes en la sala, las AIIR tienen una tasa de ACH más alta que las salas de pacientes comparables que alojan a pacientes no infecciosos. Por ejemplo, una sala de AIIR tendrá al menos 12 ACH, mientras que una sala de pacientes de cuidados intensivos tendrá un mínimo de 4 ACH. Una unidad de cuidados intensivos (UCI) o unidad de cuidados críticos (UCC) tendrá al menos 6 ACH.⁴² El Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170 requiere que el aire AIIR se escape directamente al exterior a través de un sistema de escape de AIIR dedicado con un ventilador, normalmente en un área de techo con una pila de descarga para expulsar el aire peligroso del hospital.⁴³

Una AIIR tiene una relación de presión negativa con el pasillo, que se logra aumentando el aire de suministro más allá de los requisitos de ventilación del pasillo y luego liberando el aire no devuelto en el pasillo fuera de la AIIR. Cuando la sala esté en uso, la puerta debe estar cerrada en todo momento, excepto cuando sea necesario para los miembros del equipo clínico designados vestidos con el equipo de protección adecuado.⁴⁴ Siempre que se realice un procedimiento generador de aerosol (Aerosol-Generating Procedure, AGP) en una persona en investigación o se confirme un resultado positivo para una enfermedad infecciosa transmitida por el aire, el procedimiento debe realizarse en una AIIR.⁴⁵

Las AIIR se encuentran bajo presión negativa para proteger a los ocupantes en espacios adyacentes y tienen una ACH aumentada para diluir el aire dentro del espacio a una velocidad más rápida. La Figura 9 muestra la presión negativa a una AIIR y cómo se descargan las partículas peligrosas después de un AGP.

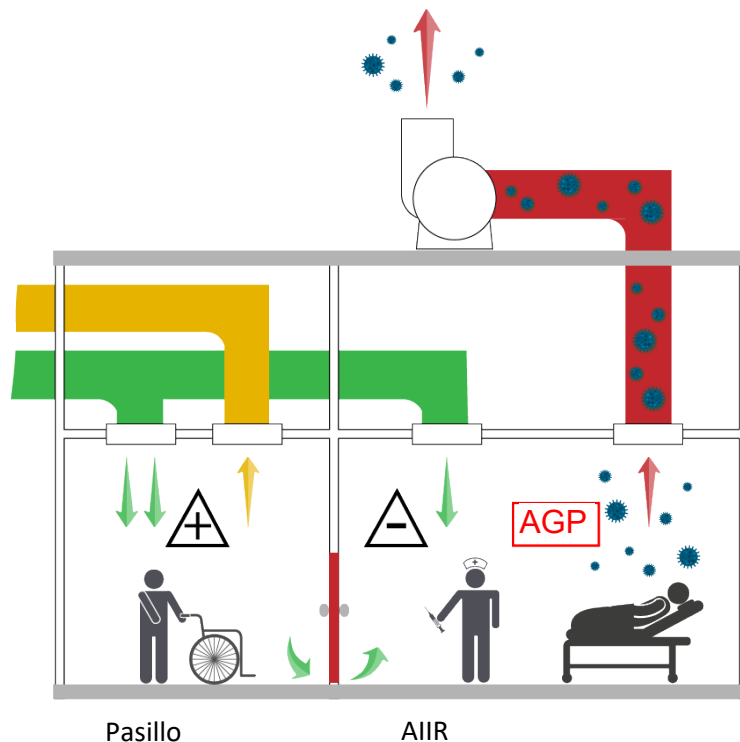


Figura 9. AGP que tiene lugar en AIIR.

Salas de entorno protector (PE)

A la inversa que las AIIR, las salas de entorno protector (PE) están diseñadas para contener a pacientes inmunodeprimidos y protegerlos de cualquier posible contaminante en el aire en espacios adyacentes. La sala de PE opera bajo los mismos principios que una AIIR: relaciones de presión (también conocidas como flujo de aire direccional), una puerta cerrada y un aumento de ACH (12 ACH según el Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170).⁴⁶

Sin embargo, las salas de PE no son lo mismo que las AIIR y deben utilizarse de forma diferente. Una sala de PE tendrá una relación positiva con los espacios adyacentes para mantener fuera cualquier contaminante aéreo por la seguridad de la persona inmunodeprimida. Además, contrario a una AIIR, una sala de PE no necesita escape al aire libre porque la persona susceptible no es un peligro para otros ocupantes del edificio.⁴⁷

	AIIR	PE
ACH	12	12
Presurización	Negativo	Positivo
Con escape	Sí	No
Diseñado para	Pacientes con enfermedades infecciosas transmitidas por el aire	Pacientes inmunodeprimidos

Tabla 3. Salas de AIIR frente a PE.

Otros factores

Hay gradientes de configuraciones de climatización en varios tipos de instalaciones de atención médica. Las instalaciones hospitalarias pueden tener oficinas administrativas construidas según diferentes estándares, y se pueden encontrar las mismas limitaciones o una mayor variabilidad en entornos ambulatorios. Los edificios diseñados para cumplir con los requisitos menos estrictos del Estándar ANSI/ASHRAE 62.1, tales como instalaciones ambulatorias, no tienen los cambios de aire, niveles de filtración o cantidades de aire exterior requeridos por el Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170.⁴⁸

Por ejemplo, un centro de cirugía ambulatoria (Ambulatory Surgery Center, ASC) puede tener características de HVAC similares a las de una instalación hospitalaria, mientras que un edificio de consultorio médico (Medical Office Building, MOB) puede ser simplificado e incapaz de ser compatible con usos más complejos.⁴⁹ Se requiere la modificación del sistema de HVAC, el uso de filtros de HEPA portátiles u otras acciones complementarias para aumentar la ACH, mejorar los niveles de filtración o establecer una relación de presión entre los espacios adyacentes de conformidad con el Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170.⁵⁰

La Figura 10 es un esquema de una disposición común de HVAC en una instalación ambulatoria que está permitida por el estándar ANSI/ASHRAE 62.1, pero no por el Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170.⁵¹ En este ejemplo, el sistema de HVAC utiliza un retorno impelente, lo que significa que el aire de retorno viaja de vuelta desde espacios individuales hasta el controlador

de aire que regresa a la red principal a través del área transparente en el espacio impelente del techo superior (en lugar de un sistema de ductos de aire de retorno). Esta disposición puede provocar la migración no intencionada de posibles contaminantes.

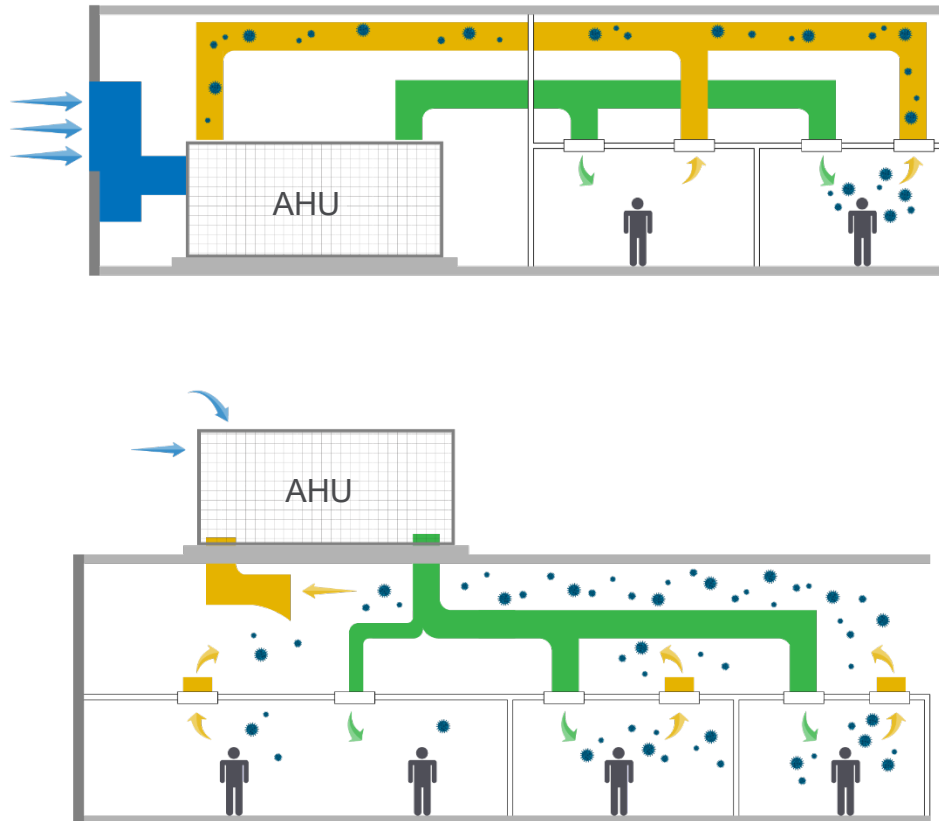


Figura 10. Retorno con conductos e impelente.

Mejores prácticas y recomendaciones

Muchas veces, los propietarios de edificios desean un edificio diseñado para superar los requisitos mínimos de código en un esfuerzo por lograr una mayor resiliencia, un mejor rendimiento operativo y una mejor experiencia de los ocupantes. Las siguientes son recomendaciones para lograr estos objetivos para el control de infecciones relacionadas con sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC).

Comunicación

Los técnicos de HVAC desempeñan un papel esencial para ayudar al personal clínico a comprender el funcionamiento del sistema de HVAC. Un equipo clínico que sea consciente de las diferencias funcionales entre los espacios e informado de las capacidades y limitaciones del sistema

puede prepararse mejor para las necesidades que puedan surgir y responder de forma eficaz a los requisitos de cada paciente.⁵²

Como se mencionó anteriormente en este documento, el Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170 requiere que el aire de ciertas áreas hospitalarias se agote directamente al exterior (p. ej., salas de espera de radiología, salas de espera de emergencia, triajes, endoscopia y broncoscopia).⁵³ Estos espacios y aquellos con requisitos similares deben tenerse en cuenta cuando se localicen temporalmente o se realicen procedimientos en pacientes con una enfermedad infecciosa transmitida por el aire.⁵⁴

N.º de imagen de Getty:
1211642630



Actualizaciones del sistema

Los códigos de construcción para las instalaciones de atención médica se actualizan con frecuencia para garantizar que incluyan estándares y requisitos actualizados para edificios más seguros y resistentes. Es importante tener en cuenta que los edificios y las áreas de construcción funcionan según los requisitos del código desde el momento en que se construyó el área o se renovó más recientemente, no según los requisitos del código más recientes.⁵⁵ Por ejemplo, un espacio anteriormente conocido como quirófano de Clase A que fue renovado en 2012 podría operar con la versión 2008 del Estándar 170 que requiere 15 ACH en lugar de 20 ACH necesarios en las versiones 2013 y posteriores del Estándar 170.

Cuando se desea o requiere una modificación o actualización del sistema de HVAC, es fundamental considerar el impacto en el cumplimiento del código al planificar el cambio. Además, realice un estudio de prueba y equilibrio (Test and Balance, TAB) del sistema según corresponda para evaluar el rendimiento del sistema. En la mayoría de las jurisdicciones, las modificaciones en las tasas de suministro, devolución, flujo de aire exterior o de escape del sistema de HVAC están sujetas a la revisión y aprobación de la autoridad competente (AHJ). Si un sistema aún no funciona según lo previsto, es posible que una actualización tampoco funcione según lo previsto e incluso podría causar problemas adicionales. También es importante recordar que ciertas modificaciones

pueden ser limitadas o solo factibles durante ciertas épocas del año. Por ejemplo, en un clima frío durante la temporada de calefacción, o en un clima caliente durante la temporada de refrigeración, las limitaciones de capacidad del equipo HVAC existente pueden hacer que el aumento del aire exterior sea inviable. Siempre que se realicen modificaciones en el sistema de HVAC, se recomienda trabajar con una empresa de ingeniería de renombre con experiencia en tipos de instalaciones similares a las suyas. Los miembros de la Sociedad Estadounidense de Ingeniería de Atención Médica (American Society for Health Care Engineering, ASHE) a menudo cumplen con dichos criterios, ya que ASHE proporciona certificación, educación y apoyo específicamente para la gestión de instalaciones de atención médica.

Mantenimiento

El mantenimiento rutinario del sistema de HVAC debe realizarse correctamente para evitar comprometer las capacidades del sistema de HVAC para filtrar, diluir, templar o presurizar. Por ejemplo, si un filtro se ha instalado incorrectamente, el aire contaminado omitirá el filtro y pasará a través del equipo de HVAC.

Una forma eficaz de controlar el estado del filtro de aire es instalar monitores de presión antes de la entrada del filtro y después de la descarga del filtro. A medida que el filtro absorbe los contaminantes, el diferencial de presión aumenta. Cuando el filtro alcanza el límite de servicio del fabricante para el diferencial de presión, es hora de planificar el mantenimiento del filtro de repuesto.⁵⁶

Si no se sustituye un filtro, una unidad de tratamiento de aire (AHU) no podrá mantener relaciones de presión aguas abajo y ACH. Una forma de confirmar que se ha instalado eficazmente un nuevo filtro es verificarlo mediante un contador de partículas PM_{2,5}, que cuenta las partículas finas inhalables. En una instalación hospitalaria, el contador de partículas debe indicar cero después de que se haya instalado correctamente un filtro nuevo. Debido a que las instalaciones ambulatorias pueden no tener los mismos niveles de filtración, el contador puede leer más alto que cero cuando se usa en esos espacios. En estos casos, un número inferior después de sustituir el filtro indica una instalación correcta.⁵⁷



Imagen de Getty
n.º1200477373

Otras formas de mantenimiento que pueden afectar a la salud de los ocupantes del edificio incluyen el control de la acumulación de biopelícula (un fango compuesto por microorganismos) en las bobinas dentro del equipo de refrigeración y el control de la calidad del agua en los sistemas hidrónicos. Esto es particularmente cierto para los sistemas de agua del condensador de circuito abierto (es decir, torres de refrigeración), ya que existe un alto potencial de crecimiento bacteriano en estos sistemas.

Humedad relativa

Los equipos de HVAC también ayudan a controlar la temperatura y la humedad relativa del espacio a un rango optimizado para prevenir la proliferación de bacterias, virus, hongos, ácaros, infecciones respiratorias, rinitis alérgica, interacciones químicas y producción de ozono. La Figura 11 ilustra la Tabla de riesgos Sterling, que indica que el rango óptimo de humedad relativa en un espacio está entre el 40 % y el 60 %.⁵⁸

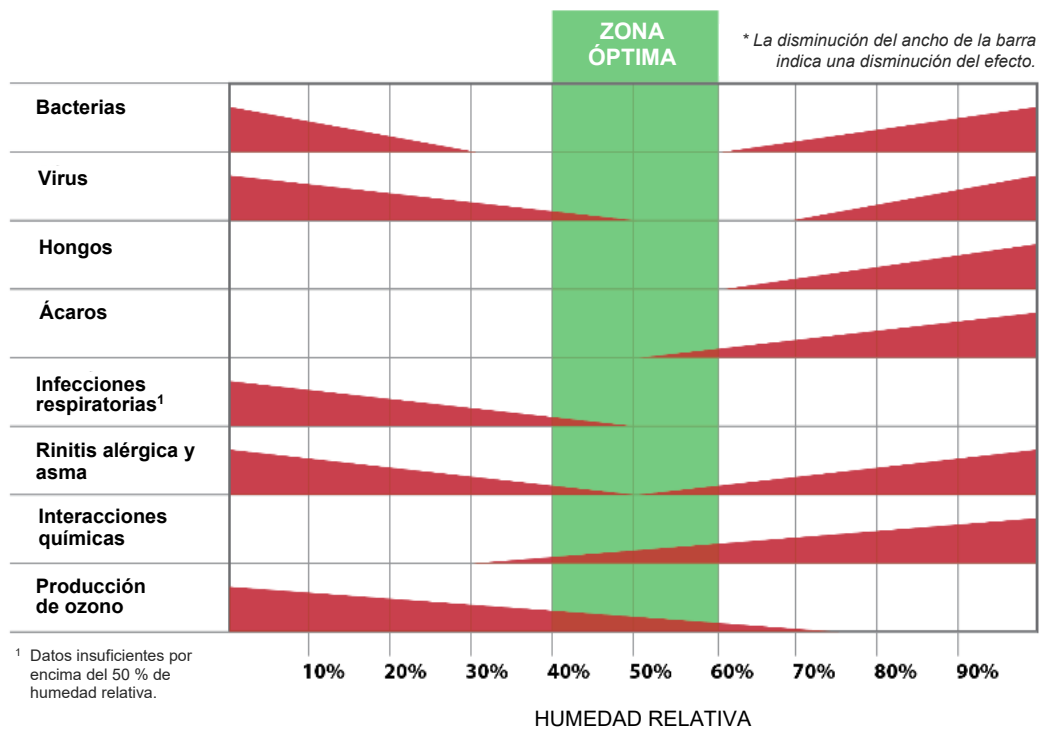


Figura 11. Tabla de riesgos Sterling para la humedad relativa.

Monitores de presión

Como se ha comentado anteriormente en este documento, es de vital importancia garantizar que se mantenga la relación de presión de una sala de aislamiento de infecciones transmitidas por el aire (AIIR) y los cambios de aire por hora (ACH) para que los pacientes con enfermedades infecciosas transmitidas por el aire puedan alojarse de forma segura cuando sean ingresados en el hospital. Los monitores de presión como el que se muestra en la Figura 12 deben comprobarse para asegurarse de que la sala se mantenga negativa. Al menos una vez al año, se debe utilizar un balómetro para verificar la cantidad de aire de suministro y, por lo tanto, los ACH totales. Si es

factible, un equipo de la instalación puede elegir mantener una AIIR como espacio dedicado al procedimiento generador de aerosol (AGP). Alternativamente, un equipo que planifica un hospital puede incluir al menos una sala de tratamiento de AIIR en uno o más departamentos (p. ej., los Departamentos de Urgencias o Terapia Respiratoria) al diseñar el edificio.



Figura 12. Monitor de presión ambiente.

Antesalas

Una antesala, vista en la Figura 12, es una pequeña sala entre la AIIR y el pasillo u otros espacios adyacentes. Una antesala crea una relación de presión más resistente entre dos espacios al funcionar de manera similar a una esclusa de aire.⁵⁹ El diseño adecuado de la antesala debe incluir una rejilla de suministro y escape.⁶⁰ Cuando la sala de aislamiento está en uso, la puerta de la antesala debe cerrarse con un acceso gestionado similar al de la sala de aislamiento, como se indica en la sección de AIIR. La antesala no debe utilizarse para el almacenamiento, excepto según lo dictado por el equipo clínico en relación con el lavado de manos y la colocación/desconexión del equipo de protección. Las salas de aislamiento no equipadas con una antesala requerirán espacio adecuado en el pasillo para lavarse las manos y ponerse/quitarse el equipo de protección.⁶¹ La Figura 13 también indica la relación de presurización entre el espacio adyacente, la antesala y AIIR. La antesala es negativa para el pasillo y la AIIR es negativa para la antesala. Esto proporciona una relación de presión negativa constante con la AIIR, independientemente de si una persona entra o sale de la habitación.



Figura 13. Relaciones de presurización de una antesala de AIIR.

Modos de transmisión

Las personas, las corrientes de aire, los materiales de construcción, etc. llevan las infecciones transmitidas por el aire en huéspedes susceptibles al interior de una instalación de atención médica. Los microorganismos nocivos pueden proliferar en ciertas condiciones interiores y pueden servir como fuente de infecciones asociadas a la atención médica si entran en el sistema de HVAC. Existen dos tipos de transmisión para enfermedades infecciosas transmitidas por el aire: de corto y largo alcance.

Corto alcance se refiere a enfermedades (p. ej., tos ferina e infección meningocócica) en las que los microorganismos pueden permanecer activos e infectar a las personas a través de gotitas liberadas por una persona infectada.⁶² Los modos de transmisión de corto alcance incluyen tos, estornudos o hablar.

Los modos de transmisión de largo alcance son indirectos a través de núcleos de gotas en aerosol en el aire (p. ej., viento, sistemas de HVAC o corrientes de aire del edificio). Ejemplos de enfermedades causadas por la transmisión a largo plazo son la tuberculosis y el sarampión.⁶³

Tecnología nueva y emergente

La irradiación germicida ultravioleta (Ultraviolet Germicidal Irradiation, UVGI) utiliza energía lumínica ultravioleta (UV) para inactivar los microbios dañinos.⁶⁴ En las instalaciones, la UVGI se aplica normalmente de tres maneras: como luces indirectas que complementan el tratamiento del espacio, en unidades de tratamiento de aire y como un filtro de aire suplementario junto con un filtro de aire de partículas (HEPA) de alta eficiencia. Estos tres métodos se detallan aquí.

- La **UVGI** de la habitación superior utiliza luces UV indirectas (dirigidas al techo) para desactivar microorganismos nocivos a medida que pasan a través de la parte superior de un espacio del edificio.⁶⁵ No se debe confiar en este método como único

medio de prevención de infecciones. Debe tenerse en cuenta los acabados del edificio y si la luz UV puede hacer que se degraden.

- **La UVGI en una AHU** implica colocar luces UV dentro de la unidad para reducir la biopelícula (un fango compuesto de microorganismos) en componentes que experimentan grandes cantidades de condensación, como bobinas de refrigeración.⁶⁶ La UVGI también puede ser un tratamiento complementario para el aire que pasa a través de la AHU inactivando microorganismos, pero este método puede ser difícil de implementar.⁶⁷
- **La iluminación con UVGI en filtros** de HEPA aumenta su rendimiento. Cabe destacar que un filtro de HEPA solo tiene al menos una tasa de eficiencia de partículas del 99.97 %, por lo que cualquier mejora en esto es menor.⁶⁸

Otras tecnologías nuevas y emergentes incluyen dispositivos de purificación o limpieza de aire que emplean ionización, que se han comercializado como una forma de reducir el polvo, los microbios y algunos compuestos orgánicos volátiles (COV).

Se debe considerar cuidadosamente si las tecnologías nuevas y emergentes son seguras y eficaces. Los dispositivos deben cumplir con los estándares del sector y las afirmaciones realizadas por el fabricante deben ser verificadas por agencias externas de buena reputación (p. ej., Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración [AHRI], Organización Internacional de Normalización [ISO], Underwriters Laboratories [UL], etc.).⁶⁹

Conclusión

Una instalación de atención médica cuenta con innumerables recursos para el control de infecciones, y HVAC es uno de los más potentes. Juntos, los recursos empleados por una instalación comprenden el sistema de control de infecciones. Al igual que la mayoría de los sistemas, si un componente no funciona correctamente, el sistema no cumplirá su propósito, que en este caso es mantener los niveles deseados de control de infecciones. La función de HVAC en el sistema de control de infecciones es principalmente proporcionar presurización entre espacios y eliminar contaminantes aéreos, dos efectos prácticamente invisibles a simple vista. Es primordial que cualquier equipo de las instalaciones esté atento a los indicadores, monitores e informes de TAB del sistema de HVAC para verificar la capacidad del sistema de HVAC para funcionar según lo deseado, lo que permite que el sistema de control de infecciones de la instalación de atención médica funcione para la seguridad de todos los ocupantes.

Casos prácticos

Estudio de caso A: FGI 2021

El Instituto de Directrices de Instalaciones (FGI) publicó un documento en marzo de 2021 titulado “Guía para el diseño de instalaciones de la salud y de atención residencial que responden y se adaptan a las condiciones de emergencia”, en el que se analiza un estudio de caso que destaca un centro médico académico en la región del Atlántico Medio de los Estados Unidos y la respuesta de sus instalaciones a la pandemia de COVID-19.⁷⁰

Uno de los puntos más destacables planteados en el estudio de caso es que en una institución de atención médica con más de 14 hospitales, que atiende a más de 13 000 pacientes con COVID-19 (casi 4000 pacientes hospitalizados) y que atiende simultáneamente a 17 000 pacientes no positivos de COVID-19, no hubo pruebas de transmisión de COVID-19. Esto indica que un hospital puede ser un lugar seguro para todos los ocupantes, incluso durante una pandemia, con las medidas adecuadas implementadas.⁷¹

El documento adoptó una versión del documento de Taylor de 2014 “El entorno de un cuidado seguro: Consideración del diseño de edificios como una faceta de la seguridad”, que se muestra en la Figura 14. La figura indica cómo a medida que el diseño del edificio avanza desde el diseño hasta la construcción, el costo de implementar características de seguridad aumenta en gran medida, mientras que la facilidad de implementación en la instalación disminuye drásticamente. Esta cifra debe recordarse al debatir la viabilidad, la efectividad y el costo de implementar cambios de diseño en varias etapas de diseño, construcción u ocupación.⁷²

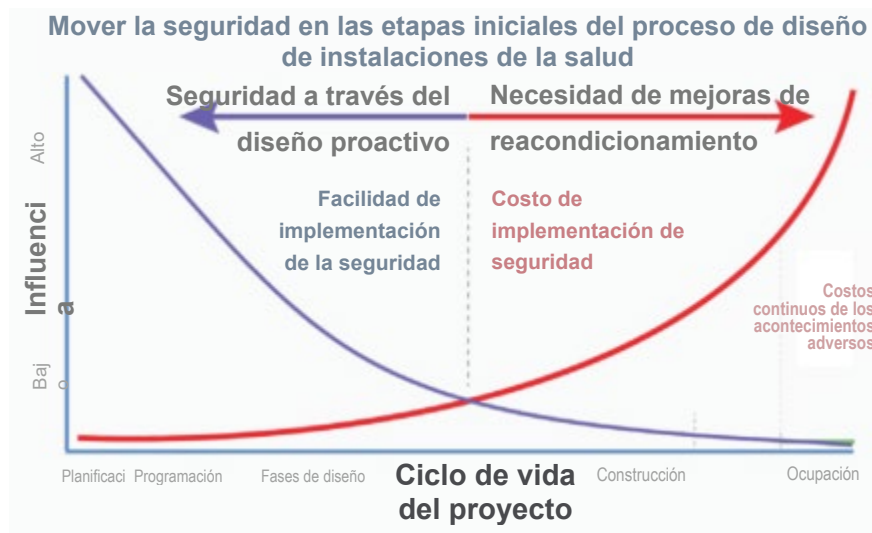


Figura 14. Mover la seguridad hacia arriba en el proceso de diseño de instalaciones de la salud

Herramientas

- Guía rápida del proyecto Firstline sobre el papel de HVAC en el control de infecciones para administradores de instalaciones de atención médica (2022).
- Diapositivas de desarrollo profesional de primera línea del proyecto sobre el papel del HVAC en el control de infecciones para administradores de instalaciones de atención médica (2022).
- Guía de control de infecciones de primera línea del proyecto sobre calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) para médicos y jefes de enfermería de atención médica (2022)
- “Directrices para el control de infecciones medioambientales en instalaciones de atención médica” de los CDC (julio de 2019).
- [Proyecto CDC Firstline.](#)
- Oficina del Programa de Preparación para Emergencias del Departamento de Salud de Minnesota. “Manejo de enfermedades infecciosas transmitidas por el aire, métodos para el aislamiento temporal de la presión negativa” (febrero de 2020).
- Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170, *Ventilación de instalaciones de atención médica* (2021)
- Estándar ANSI/ASHRAE 52.2, *Método de prueba de dispositivos de limpieza de aire de ventilación general para la eficiencia de eliminación por tamaño de partícula* (2017).
- Estándar ANSI/ASHRAE 62.1, *Ventilación para una calidad aceptable del aire interior* (2019).
- *American Journal of Infection Control*, “Antesalas de aislamiento: componentes importantes del control de infecciones transmitidas por el aire” (2013).
- *Directrices del FGI para el diseño y la construcción de instalaciones de la salud* (2008)
- [Aspectos básicos de la materia particulada \(PM\) de la EPA](#)

Glosario

Organización de acreditación: grupo dotado de la capacidad de otorgar acreditación.

ACH: cambios de aire por hora. El número de veces que se reemplaza el aire por hora en la sala. Reemplazar el volumen de aire en la sala una vez NO significa que la sala esté descontaminada. Consulte la Tabla 2 sobre los tiempos de descontaminación de los ACH para conocer los plazos recomendados para entrar en una sala peligrosa.

Apéndices: cambios en un documento oficial publicado antes de la reedición del documento y que por lo general se incorpora a esta.

AGP: procedimiento generador de aerosoles. Procedimiento médico que produce partículas aéreas o gotitas respiratorias.

AHJ: autoridad competente. El agente o agencia responsable de hacer cumplir una estándar.

AHRI: Instituto de Aire Acondicionado, Calefacción y Refrigeración.

AHU: unidad de tratamiento de aire. Componente de HVAC responsable de filtrar, acondicionar y mover el aire alrededor de un edificio. Consulte también la **estación central de AHU**.

AIIR: sala de aislamiento de infecciones transmitidas por el aire. Una sala diseñada según los requisitos del Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170 destinada a proporcionar aislamiento de infecciones transmitidas por el aire.

ANSI: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares. Organización gubernamental de EE. UU. responsable de supervisar el desarrollo de estándares de consenso voluntario para productos, servicios, procesos, sistemas y personal. Participó en la publicación de el estándar ANSI/ASHRAE 62.1, *Ventilación para una calidad aceptable del aire interior* y el Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170, *Ventilación de instalaciones de atención médica*.

ASC: Centro de Cirugía Ambulatoria. Una entidad quirúrgica distinta que opera exclusivamente para proporcionar atención quirúrgica a pacientes que no requieren hospitalización o una duración prevista del servicio de más de 24 horas después del ingreso. Un ASC puede tener disposiciones de control de infecciones similares a las de un hospital.

ASHE: Sociedad Estadounidense de Ingeniería de Atención Médica. Una asociación de profesionales que diseña, construye, mantiene y opera hospitales y otras instalaciones de atención médica, un recurso de confianza que proporciona educación, orientación normativa, representación de la defensa y desarrollo profesional. Participación en la publicación del Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170, *Ventilación de instalaciones de atención médica*.

ASHRAE: una sociedad internacional de ingenieros responsables de la producción de estándares y la realización de investigaciones de sistemas de HVAC. Anteriormente conocida como la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Participó en la publicación de:

- Estándar ASHRAE 52.2, *Método de prueba de los dispositivos de limpieza de aire de ventilación general para la eficiencia de eliminación por tamaño de partícula*
- Estándar ANSI/ASHRAE 62.1, *Ventilación para una calidad aceptable del aire interior*
- Estándar ANSI/ASHRAE/ASHE 170, *Ventilación de instalaciones de atención médica*

Balómetro: dispositivo de medición de aire colocado en la entrada o salida de aire a una habitación para determinar el flujo de aire en un espacio.

Unidad de tratamiento de aire de la estación central: un equipo grande de HVAC que normalmente se encuentra en su propia habitación o en el techo, que se encarga de calentar, enfriar, filtrar, mezclar y soplar el aire alrededor de la instalación.

Pruebas de desafío: un proceso para probar la competencia de un producto o método para verificar las afirmaciones realizadas sobre el producto o método.

CMS: Centros de Servicios de Medicare y Medicaid. Parte del Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE. UU., desempeña un papel fundamental en el cumplimiento normativo de la atención médica.

Contaminante: sustancia contaminante que causa una impureza que se considera indeseable.

Difusión: movimiento o dispersión de un elemento de una concentración a otra.

FCU: unidad de bobina de ventilador. Un equipo de HVAC responsable de enfriar o calentar el aire solamente. Similar a una AHU, pero normalmente solo sirve para un espacio y no tiene capacidades de control de infecciones.

FGI: Instituto de Directrices de Instalaciones. Organización que trabaja para desarrollar directrices dedicadas al diseño y a la construcción de hospitales y otras instalaciones de atención médica. Las publicaciones relevantes incluyen las siguientes:

- *Directrices del FGI para el diseño y la construcción de hospitales.*
- *Directrices del FGI para el diseño y la construcción de instalaciones ambulatorias.*
- *Directrices del FGI para el diseño y la construcción de instalaciones residenciales de salud, atención y apoyo.*

Filtro final: un filtro de aire diseñado para ser el nivel final de filtración antes de que el aire salga de un equipo. Diseñado para eliminar partículas muy finas del aire.

HEPA: aire de partículas de alta eficiencia (filtro): filtro de aire mecánico capaz de filtrar al menos el 99.97 % de las partículas aéreas.

HVAC: calefacción, ventilación y aire acondicionado (sistema). Sistema del edificio responsable de templar, presurizar y ventilar el edificio.

UCI: unidad de cuidados intensivos. Una sala de pacientes dedicada a alojar a los pacientes en una afección más grave o liberada de un procedimiento médico exigente. También se puede denominar unidad de cuidados intensivos (UCI).

ISO: Organización Internacional de Normalización. Organización internacional dedicada a la producción de estándares en muchos productos y empresas.

MERV: valor de notificación de eficiencia mínima. Valor de calificación desarrollado por ASHRAE para informar de la capacidad de un filtro para capturar partículas de tamaño variable. Una clasificación de MERV más alta indica un filtro de mayor rendimiento.

MOB: edificio de consultorios médicos. Un edificio de oficinas diseñado específicamente para la atención médica. Es probable que un MOB no tenga las mismas capacidades de control de infecciones que un hospital.

Presión de aire negativa: presurización en la que el aire es aspirado en un espacio para contener contaminantes en su punto de origen.

Quirófano: sala quirúrgica en la que se realizan operaciones y cirugías médicas.

OSA: aire exterior. Aire del exterior que se introduce para establecer relaciones de presión y diluir el aire de retorno recirculado del edificio.

PE: entorno protector. Una sala diseñada para mantener a los pacientes inmunodeprimidos y protegerlos de cualquier posible contaminante en el aire en espacios adyacentes

Efecto pistón: cuando una habitación y una puerta actúan para forzar el flujo de aire hacia dentro o hacia fuera de una habitación a medida que se abre la puerta.

Columna: patrón de flujo de aire una vez que el aire se ha dispersado de algo (p. ej., aire que sale de la boca de una persona al estornudar o aire que se expulsa de un ventilador de escape).

PM: materia particulada. Término para partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire.

Prefiltro: filtro de aire colocado en la entrada del equipo HVAC diseñado para capturar polvo y partículas grandes que podrían dañar los componentes dentro del equipo.

Presión de aire positiva: presurización en la que el aire se expulsa de un espacio para evitar que los contaminantes aéreos entren en una habitación.

TAB: pruebas y equilibrio. Medición, ajuste y calibración de piezas de un sistema de HVAC para garantizar que su rendimiento sea el diseñado.

TJC: la Comisión Conjunta. Una organización de acreditación responsable de certificar hospitales y mejorar la seguridad de la atención médica.

UL: Underwriters Laboratories. –Una organización dedicada al avance de la seguridad pública. Proporciona una certificación de productos comercializados.

UV: ultravioleta. Forma de radiación electromagnética con longitudes de onda más cortas que la luz visible, por lo que el ojo humano no la ve. Se ha demostrado que las luces UV con la intensidad adecuada inactivan patógenos.

UVGI: irradiación germicida ultravioleta. El uso de energía ultravioleta para matar o inactivar especies virales, bacterianas y fúngicas.

COV: compuesto orgánico volátil. Compuesto emitido como gas que puede tener efectos sobre la salud a corto y largo plazo.

Notas finales

¹ ANSI/ASHRAE. “Estándar 52.2, Método de prueba de los dispositivos de limpieza de aire de ventilación general para la eficiencia de eliminación por tamaño de partícula”, 2017.

² ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de instalaciones de atención médica” febrero de 2021; ANSI/ASHRAE. “Estándar 62.1, Ventilación para una calidad aceptable del aire interior”, noviembre de 2019.

³ Consulte la nota 2.

⁴ ASHRAE. “Manual de diseño de HVAC para hospitales y clínicas”

⁵ ASHE. “El entorno de la atención y las infecciones asociadas a la atención médica: una perspectiva de ingeniería”. 2011.

⁶ CDC. “Directrices para el control de infecciones medioambientales en instalaciones de atención médica”, julio de 2019.

<https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/environmental-guidelines-P.pdf>

-
- ⁷ FGI. “Directrices para el diseño y la construcción de instalaciones de atención médica, edición 2018”, 2018.
- ⁸ Consulte la nota 7.
- ⁹ Consulte la nota 7.
- ¹⁰ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ¹¹ ANSI/ASHRAE. “Estándar 52.2, Método de prueba de los dispositivos de limpieza de aire de ventilación general para la eficiencia de eliminación por tamaño de partícula”, 2017.
- ¹² ANSI/ASHRAE. “Estándar 62.1, Ventilación para una calidad aceptable del aire interior”, noviembre de 2019.
- ¹³ Consulte la nota 12.
- ¹⁴ Consulte la nota 12.
- ¹⁵ Consulte la nota 12.
- ¹⁶ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ¹⁷ ANSI/ASHRAE. “Estándar 62.1, Ventilación para una calidad aceptable del aire interior”, noviembre de 2019.
- ¹⁸ ANSI/ASHRAE. “Estándar 52.2, Método de prueba de los dispositivos de limpieza de aire de ventilación general para la eficiencia de eliminación por tamaño de partícula”, 2017.
- ¹⁹ ANSI/ASHRAE. “Estándar 62.1, Ventilación para una calidad aceptable del aire interior”, noviembre de 2019.
- ²⁰ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ²¹ ANSI/ASHRAE. “Estándar 52.2, Método de prueba de los dispositivos de limpieza de aire de ventilación general para la eficiencia de eliminación por tamaño de partícula”, 2017.
- ²² Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. “Conceptos básicos sobre materia particulada (PM)” <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>
- ²³ Departamento de Energía de los Estados Unidos. “Manual del DOE, Manual de limpieza de aire nuclear”, noviembre de 2003
- ²⁴ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ²⁵ Consulte la nota 24.
- ²⁶ ASHRAE. “Manual de ASHRAE 2020 – Sistemas y equipos de climatización”, 2020.
- ²⁷ Consulte la nota 26.
- ²⁸ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ²⁹ Hermans, R.D. “La búsqueda de la protección mínima, cuán seguros deben ser las instalaciones de atención médica”, 25 de junio. 2019
- ³⁰ Memarzadeh, F. “Factores a tener en cuenta en el diseño de salas de aislamiento, análisis de la distribución de partículas después de la tos”. Presentación, Instituto Nacional de Salud estadounidense.
- ³¹ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ³² ANSI/ASHRAE. “Estándar 52.2, Método de prueba de los dispositivos de limpieza de aire de ventilación general para la eficiencia de eliminación por tamaño de partícula”, 2017.
- ³³ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ³⁴ ASHRAE. “Manual de ASHRAE 2021. Fundamentos de HVAC” 2021
- ³⁵ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ³⁶ CDC. “Directrices para el control de infecciones medioambientales en instalaciones de atención médica”, julio de 2019. <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/environmental-guidelines-P.pdf>
- ³⁷ Consulte la nota 36.
- ³⁸ Consulte la nota 36.
- ³⁹ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ⁴⁰ Consulte la nota 39.
- ⁴¹ CDC. “Directrices para el control de infecciones medioambientales en instalaciones de atención médica”, julio de 2019. <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/environmental-guidelines-P.pdf>
- ⁴² ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ⁴³ Consulte la nota 42.
- ⁴⁴ Consulte la nota 42.
- ⁴⁵ CDC. “Recomendaciones provisionales de prevención y control de infecciones para el personal de la salud durante la pandemia de la enfermedad por coronavirus 2019 (COVID-19)”, sep. 2021. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/infection-control-recommendations.html>
- ⁴⁶ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ⁴⁷ Consulte la nota 46.
- ⁴⁸ ANSI/ASHRAE. “Estándar 62.1, Ventilación para una calidad aceptable del aire interior”, noviembre de 2019.
- ⁴⁹ FGI. “Directrices para el diseño y la construcción de instalaciones de atención médica, edición 2018”, 2018.
- ⁵⁰ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ⁵¹ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de instalaciones de atención médica” febrero de 2021; ANSI/ASHRAE. “Estándar 62.1, Ventilación para una calidad aceptable del aire interior”, noviembre de 2019.
- ⁵² AHA/ASHE et ál., “Uso del entorno físico de atención médica para prevenir y controlar infecciones”, 2018.
- ⁵³ ANSI/ASHRAE/ASHE. “Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica”, febrero de 2021.
- ⁵⁴ Consulte la nota 53.
- ⁵⁵ Consulte la nota 53.
- ⁵⁶ Departamento de Salud de Minnesota, Oficina de Preparación ante Emergencias. “Manejo de enfermedades infecciosas transmitidas por el aire, métodos temporales de aislamiento de presión negativa”, 2007. <https://www.health.state.mn.us/communities/ep/surge/infectious/airbornenegative.pdf>

⁵⁷ Consulte la nota 56.

⁵⁸ Arundel, A.V., et ál. "Efectos indirectos para la salud de la humedad relativa en entornos interiores", marzo de 1986. <https://ehp.niehs.nih.gov/doi/abs/10.1289/ehp.8665351>

⁵⁹ "Directrices para el control de infecciones medioambientales en instalaciones de atención médica", julio de 2019. <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/environmental-guidelines-P.pdf>

⁶⁰ ANSI/ASHRAE/ASHE. "Estándar 170, Ventilación de centros de atención médica", febrero de 2021.

⁶¹ CDC. "Directrices para el control de infecciones medioambientales en instalaciones de atención médica", julio de 2019. <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/pdf/guidelines/environmental-guidelines-P.pdf>

⁶² Consulte la nota 61.

⁶³ Menzies, D. et ál. "Ventilación hospitalaria y riesgo de infección tuberculosa en trabajadores de atención médica canadienses", 21 de noviembre de 2000. <https://www.acpjournals.org/doi/10.7326/0003-4819-133-10-200011210-00010>

⁶⁴ CDC. "Ventilación en edificios", 9 de febrero de 2021. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation.html>

⁶⁵ Consulte la nota 64.

⁶⁶ Consulte la nota 64.

⁶⁷ Consulte la nota 64.

⁶⁸ ANSI/ASHRAE. "Estándar 52.2, Método de prueba de los dispositivos de limpieza de aire de ventilación general para la eficiencia de eliminación por tamaño de partícula", 2017.

⁶⁹ CDC. "Ventilación en edificios", 9 de febrero de 2021. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation.html>

⁷⁰ FGI. "Guía para el diseño de instalaciones de la salud y de atención residencial que respondan y se adapten a las condiciones de emergencia", marzo de 2021.

⁷¹ Consulte la nota 70.

⁷² Consulte la nota 70.

El programa Project Firstline es una capacitación nacional en colaboración dirigida por los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) en asociación con la Asociación Estadounidense de Hospitales y Health Research & Educational Trust (HRET), una subsidiaria sin fines de lucro 501(c)(3) de la AHA.

Project Firstline es una colaboración nacional dirigida por los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) de los EE. UU. para proporcionar capacitación y educación sobre el control de infecciones a los trabajadores de atención médica de primera línea y al personal de salud pública. La AHA se enorgullece de asociarse con Project Firstline, apoyado a través del Acuerdo de Cooperación CDC-RFA-OT18-1802. Los CDC son una agencia dentro del Departamento de Salud y Servicios Humanos (Department of Health and Human Services, HHS). El contenido de este recurso no representa necesariamente las políticas de los CDC ni los HHS, y no debe considerarse un respaldo del Gobierno Federal.