



**Universidad
Andrés Bello®**

Facultad de Enfermería

Sede Viña del Mar

Magíster en Enfermería

**REVISIÓN SISTEMÁTICA:
EVIDENCIA DE LA RELACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE
VENTILACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE Y LAS
INFECCIONES ASOCIADAS A LA ATENCIÓN DE SALUD.**

Tesis para optar al grado de Magíster en Enfermería.

Autora:

Daniella Ignacia Ferretti Loyola.

Profesor guía:

Yocelyn Margaret Price Romero

Viña del Mar, Chile

2021.

TABLA DE CONTENIDOS

I. INTRODUCCION	1
1.1 Delimitación del problema	1
1.2 Pregunta de investigación	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General:	3
1.3.2 Objetivos Específicos:	3
1.4 Justificación y aportes del estudio.	4
II. MARCO TEORICO	5
2.1 Ambiente hospitalario como fuente de infección y su relación con los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire.	5
2.2 Requisitos y recomendaciones de diseño y mantenimiento expuestas por expertos en climatización en hospitales.	8
2.3 Definiciones y conceptos básicos	11
III. MÉTODO	12
3.1 Tipo de estudio y diseño de investigación.	12
3.2 Población y muestra	12
3.3 Protocolo de búsqueda de documentos.	13
3.4 Estrategia de búsqueda y fuentes de Información.	15
3.5 Proceso de selección de estudios	16
3.5.1 Criterios de elegibilidad	16
3.6 Proceso de extracción, recopilación de datos y elección de los artículos.	18
3.7 Proceso de evaluación de la calidad	19
IV. RESULTADOS	20
4.1 Resultados del proceso de búsqueda.	20
4.3 Evaluación de la calidad de ensayos clínicos seleccionados	22
4.4 Análisis de los resultados seleccionados	27

4.4.1 Características generales de los estudios seleccionados.	27
4.4.2 Relación entre los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire y las infecciones asociadas a la atención de salud.	29
4.4.3 Lineamientos y recomendaciones para la prevención de infecciones mediante el uso de los sistemas HVAC expuestas en los estudios seleccionados.	31
V. DISCUSIÓN	37
VI. CONCLUSIONES	39
BIBLIOGRAFÍA	40
ANEXOS	45

ÍNDICE TABLAS Y FIGURAS

Tablas (T) – Figuras (F)

Tabla 1 Pregunta de investigación y palabras clave. Formato PICO	14
Tabla 2 Palabras clave. Formato PICO	14
Tabla 3 Estrategia de búsqueda booleana.	16
Tabla 4 Resultados de búsqueda bibliográfica	20
Tabla 5 Resultado del CHECK LIST CASPe en los Ensayos Clínicos seleccionados.	23
Figura 1 PRISMA: Procedimiento de selección, exclusión y número de estudios finalmente seleccionados.	21

ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1 Preguntas check list CASPe para Ensayos Clínicos.	45
Anexo 2 SUMARIO DE ESTUDIOS SELECCIONADOS	46

ABSTRACT

Ventilation and air conditioning systems have established themselves as an essential element in the control and prevention of infections associated with health care. However, due to design problems or inadequate maintenance, they can pose a risk to the health of patients and health personnel. (1) The general objective of this research is to argue based on a systematic review, the relationship between ventilation and air conditioning systems and infections associated with health care. The total population was 485 studies derived from the search protocol. Twelve articles were selected that met the eligibility criteria and the methodological quality scale. All articles included in this review agree and ensure that environmental control provided by the proper use of HVAC systems is essential for the prevention of infections associated with health care, as well as to limit the spread of the SARS CoV -2. However, it is ensured that a deficient HVAC system in terms of its design, operability and maintenance, can generate circumstances of risk of infection transmission, however, more evidence is required to estimate this risk. As limitations, it was possible to observe the need for case studies regarding the risk of infection associated with HVAC systems. There was a lack of clear guidelines for the processes of surveillance, maintenance and remodeling of the ventilation systems and hospital ambient air conditioning.

RESUMEN

Los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire se han consolidado como un elemento imprescindible en el control y prevención de las infecciones asociadas a la atención de salud. Sin embargo, debido a problemas de diseño o mantenimiento inadecuado, pueden significar un riesgo para la salud de los pacientes y del personal de salud. (1) El objetivo general de esta investigación es argumentar en base a una revisión sistemática, la relación entre los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire y las infecciones asociadas a la atención de salud. La población total fue de 485 estudios derivados del protocolo de búsqueda. Se seleccionaron 12 artículos que cumplieron con los criterios de elegibilidad y la escala de calidad metodológica. Todos artículos incluidos en esta revisión concuerdan y aseguran que control ambiental que otorga el uso adecuado de los sistemas de HVAC, es primordial para la prevención de las infecciones asociadas a la atención de salud, así como también, para limitar la propagación del virus SARS CoV-2. Sin embargo, se asegura que un sistema HVAC deficiente en cuanto a su diseño, operatividad y mantención, puede generar circunstancias de riesgo de transmisión de infecciones, no obstante, se requiere mas evidencia que permita estimar ese riesgo. Como limitaciones, se pudo observar la necesidad de estudios de casos en torno al riesgo de infección asociado a los sistemas HVAC. Se observo escases de lineamientos claros para los procesos de vigilancia, mantención y remodelación de los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire ambiental hospitalario.

DESCRIPTORES:

Sistemas de aire acondicionado

Sistemas HVAC

Infecciones asociados a las atencion de salud.

Hospital.

I. INTRODUCCION

1.1 Delimitación del problema

Los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire cumplen una función muy importante dentro de los recintos hospitalarios, favoreciendo el bien estar de los pacientes y los profesionales de la salud. Gracias a sus diversos componentes resguardan y contribuyen a la recuperación satisfactoria del paciente. (2)(3)

Al referirnos al ambiente hospitalario, es importante comprender que el control del aire y la climatización no solo tiene un impacto sobre las condiciones de confort de éste, considerando que dentro de un hospital se hospeda a gran concentración de personas con enfermedades infectocontagiosas y al mismo tiempo, personas que están cursando por alguna patología que los mantiene en una situación de mayor susceptibilidad a contraer enfermedades, lo que genera un ambiente con alta posibilidad de transmisión de organismos patógenos, no solo entre pacientes, sino también con el personal sanitario y personas externas. En este sentido, un establecimiento de salud es un recinto que requiere de una higiene y limpieza ambiental especial. (1)

Por esta razón y favorecido por el avance de la tecnología, los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire se han consolidado como un elemento imprescindible en el control y prevención de las infecciones asociadas a la atención de salud. A raíz de esto, de forma universal se han implementado diversas estrategias en los hospitales para prevenir la diseminación aérea de patógenos, a través de la implementación de procedimientos de limpieza anti-aerosoles, flujo del aire de ventilación, filtros en determinadas localizaciones, habitaciones con presión negativa y sistemas de desinfección automáticos, donde la principal referencia utilizada corresponde a los parámetros propuestos por la

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, (ASHRAE). (1)(4)

La Organización Mundial de la Salud (OMS), destaca la importancia de contar con un sistema de ventilación general que cumpla con los requisitos establecidos de diseño y mantención, asegurando que es cable para prevenir la expansión de infecciones. Se indica también que su habilitación, operación y mantención deben formar parte de las estrategias generales en el control de infecciones de todos los establecimientos de salud.(5)(3)

Sin embargo, aun cuando se conoce su importancia en la prevención de infecciones nosocomiales, los sistemas de ventilación de los hospitales pueden fallar principalmente por problemas en el diseño o por un mantenimiento inadecuado, poniendo en riesgo la salud de los pacientes y del personal de salud. (1)

A partir de esto, surge la necesidad de conocer cuál es el estado de la investigación sobre la infección asociada a los sistemas de ventilación, es decir, que estudios se han realizado sobre casos de personas y/o brotes de infecciones en los hospitales, que se hayan desarrollado o se hayan visto favorecidas debido a deficiencias en el funcionamiento de los sistemas de ventilación, cuáles casos se han estudiado, qué factores se han visto involucrados, y qué conclusiones y discusiones exponen los estudios encontrados, con el fin de sintetizar y analizar el fenómeno de estudio, para la orientación en acciones preventivas y manejo de este tipo de infecciones.

La presente investigación realiza una descripción y análisis de la evidencia sobre la relación entre los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire y las infecciones asociadas a la atención de salud y su impacto en la seguridad del paciente y personal de salud, teniendo como fuente de exploración las bases de datos académicas: PubMed, Web of Science, Scopus y Google Académico. Esta revisión que se llevó a cabo en el periodo de mayo a septiembre 2021.

1.2 Pregunta de investigación

¿Cuál es la evidencia sobre la relación entre los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire y las infecciones asociadas a la atención de salud?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General:

Describir en base a una revisión sistemática la evidencia sobre la relación entre los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire y las infecciones asociadas a la atención de salud.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Seleccionar la evidencia sobre la relación entre los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire y las infecciones asociadas a la atención de salud.
- Sintetizar la evidencia en base a la calidad metodológica de los estudios y la relevancia de sus resultados.
- Analizar los resultados mas importantes de los estudios seleccionados y exponer lineamientos en el marco de la prevención de las infecciones asociadas a la atención de salud.

1.4 Justificación y aportes del estudio.

La presente investigación se vio motivada en primera instancia en el contexto de la pandemia global por COVID-19 desarrollada por la enfermedad que causa el virus respiratorio SARS-CoV2 a inicios el año 2020, situación que ha tenido un gran impacto en la salud, en la forma de vivir de las personas y en la sociedad en general.

Según define la OMS, el COVID-19 es una infección respiratoria que se transmite a través de gotitas respiratorias, a través de núcleos de gotas y mediante fómites que corresponden a objetivos contaminados por el patógeno. En relación a los núcleos de gotas (diámetro inferior a 5 μm), se ha visto que permanecen en el aire periodos prolongados y logran llegar a personas que se encuentren a mas de un metro de distancia, además, se pudo determinar que la transmisión aérea también podría ser posible en circunstancias y lugares específicos en que se realizan procedimientos o se administran medicamentos que tengan riesgo de generar aerosoles.(6)

Esta información ha generado un gran impacto en la importancia de los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire de los hospitales, puesto que se vieron puestos en observación y destacados, dado su amplia relación con el aire ambiental y la innegable posibilidad de que los flujos de aire acondicionado, calefacción y ventilación favorezcan la transmisión masiva del virus. (7)

La presente investigación realiza a través de una revisión sistemática, la selección de los estudios mas relevantes acerca la relación entre los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire y las infecciones asociadas a la atención de salud, realiza una síntesis de los resultados y recomendaciones otorgadas por los distintos autores. La finalidad de este trabajo es ampliar el conocimiento y evidencia científica existente, servir de orientación en posibles estrategias de prevención de infecciones, a fin de promover la salud y bien estar de las personas.

II. MARCO TEORICO

2.1 Ambiente hospitalario como fuente de infección y su relación con los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire.

En un hospital ocurren circunstancias específicas que lo hacen requerir de procedimientos de ventilación y manejo del aire especiales, en primer lugar, la inminente necesidad de una higiene y limpieza ambiental efectiva, en respuesta y concordancia a la amplia concentración de patógenos presente en sus dependencias, sus variados mecanismos de transmisión y como estos se relacionan con el ambiente hospitalario.

En este sentido, Lorena López C. de la Unidad de Gestión Clínica de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica del Hospital Universitario Virgen Macarena de España, realizó una investigación sobre el Papel del ambiente hospitalario y los equipamientos, en la transmisión de las infecciones nosocomiales, en el cual se describen cuatro áreas ambientales como rutas de transmisión, catalogadas en función de la proximidad o cercanía al paciente, como primera área las soluciones, instrumentos y dispositivos, segunda el agua y comida, la tercer área corresponde a las superficies y la cuarta el aire. (1)

Al referirse a esta cuarta área, analiza el aire como posible fuente de infección, y se sustentan en que el ambiente hospitalario constituye un importante reservorio de patógenos que podrían diseminarse a través del aire hospitalario y potencialmente producir una infección.(1) Se ha logrado determinar que la potencialidad del aire como fuente de infección depende principalmente del tamaño de la partícula que moviliza el patógeno y factores como la cantidad de partículas en suspensión, su velocidad, carga microbiana, supervivencia en el ambiente y la proximidad a los pacientes. Donde la posibilidad de supervivencia de los microorganismos en el aire va a depender directamente de factores como la humedad, la temperatura, la

radiación ultravioleta y el polvo ambiental, todos factores vinculados con los sistemas de ventilación y procedimientos de acondicionamiento del aire. (8)

Del mismo modo, al referirnos al aire como fuente de infección es importante mencionar los riesgos ambientales esporádicos de tipo biológicos, que por su relevancia han sido motivo de estudio y análisis, como lo son las infecciones causados por *Aspergillus*, *Legionella*, *Staphylococcus aureus*, *Serratia marcescens* y en la actualidad con gran impacto el virus Sars-CoV2, microorganismo de los cuales destaca que se han realizado estudios, donde se describen y analizan brotes hospitalarios causados o concomitantes a fallos del sistema de ventilación y acondicionamiento del aire .(9)(10)(11)(12)(7)

Por otro lado, se debe tener en consideración que en el ámbito y contexto hospitalario, se presentan situaciones circunstanciales inevitables que aumentan el riesgo ambiental, como por ejemplo el hecho de que para dar tratamiento a ciertas patologías o incluso salvar la vida de un paciente, se deben realizar procedimientos invasivos o administración de medicamentos que generan aerosoles, procedimientos habituales y muchas veces de realización inminente, como la Reanimación Cardio Pulmonar (RCP), la Intubación Orotranquial, la aspiración abierta, administración de fármacos por nebulización, entre otros, los que se realizan a todo paciente que lo requiera y según determine el equipo medico, independiente si el paciente esta cursando con alguna patología infectocontagiosa con riesgo de diseminación de microorganismos en forma de aerosol. (6)

En virtud de lo expuesto, los sistemas de ventilación y climatización han tenido que ir evolucionando y abarcando cada vez mas áreas y funciones, comenzando por la climatización, que se relaciona al control de la temperatura y contenido de humedad. También realizan todos los procedimientos asociados a la limpieza y mantenimiento del aire, para lo cual, deben contar con niveles de filtrado específicos según los

requerimientos de cada área y evaluación del comportamiento de los flujos de aire, el control de la presión y la restricción de áreas para evitar contaminantes. (2)

Donde es muy importante la programación de tasas de recambio y flujo de aire predeterminadas según cada unidad o área clínica del recinto y sus requerimientos de saneamiento ambiental. Todo esto, con el fin de evitar que el aire de las áreas contaminadas se transmita a áreas limpias especialmente a unidades que requieran un nivel de higiene alto, como por ejemplo Pabellones, las Unidades de Paciente Crítico (UPC), Hematología, Oncología, entre otras.(4)

A partir de esto, se puede concluir que el manejo del aire en los hospitales es fundamental para mantener las condiciones de confort para los pacientes y el personal sanitario, además se ha destacado y comprobado estadísticamente que el manejo del aire ha reducido las infecciones nosocomiales, principalmente gracias al uso de filtros de aire HEPA y el manejo adecuado de presiones relativas, con impacto principalmente en las infecciones asociadas a intervenciones quirúrgicas reduciéndolas a porcentajes ínfimos, resultados obtenidos principalmente gracias al correcto manejo del aire y métodos químicos de asepsia. (4)

2.2 Requisitos y recomendaciones de diseño y mantenimiento expuestas por expertos en climatización en hospitales.

En cuanto al diseño y mantención de los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire para recintos hospitalarios, se destaca el documento desarrollado el año 2013 por el American National Standards Institute (ANSI), la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, (ASHRAE) y la American Society of Healthcare Engineers (ASHE), denominado Estándar 17 – Ventilación de instalaciones para atención médica, el cual tiene como objetivo principal servir de orientación, regulación y mandato a diseñadores de atención médica. Este compendio define los requisitos de diseño de los sistemas de ventilación hospitalarios y asegura es de suma relevancia, que la planificación y desarrollado de éstos se lleve acabo según programas departamentales de espacios o áreas específicas y sus correspondientes parámetros de ventilación. (13)

En el Estándar 170-2013 de la ANSI/ASHRAE/ASHE, se establecen ciertos requisitos generales de ventilación en función del espacio y áreas involucradas, las cuales clasifican en nueve grupos según la similitud de sus riesgos ambientales y requerimientos de ventilación. (13)

En primer lugar, se mencionan el grupo de áreas relacionadas a los espacios físicos de cirugía y cuidados críticos, en segundo lugar, las áreas que engloban la enfermería de pacientes internados, como las salas de pacientes, las salas de recién nacidos, entre otras, como tercer grupo nombren las instalaciones de enfermería, que involucran las residencias, las salas de reunión y el área de fisioterapia o terapia ocupacional también conformar esta categoría, luego, el área de radiología, los espacios de diagnóstico y tratamiento, la unidad de esterilización, la sección de suministros médicos y quirúrgicos principales, las áreas de servicio y como novena categoría los espacios de apoyo. (13)

En función de cada espacio físico incluido en estas nueve categorías y sus requerimientos específicos, en este manual de estándares, se establecen los parámetros de diseño, en base a seis variables, 1. Se indica la relación de presión que cada unidad debe tener con las áreas contiguas, es decir, si requiere presión positiva, presión negativa o no requiere, 2. La cantidad de cambios de aires exterior por hora, 3. Los cambios de aire por hora mínimos totales que requiere cada sección, 4. Cuándo el área requiere que todo el aire de la sala tenga un escape directamente hacia el exterior, 5. La humedad relativa del diseño exigida para cada sector 6. La temperatura óptima para cada unidad, según función física.(13)

En esencia y según comentan los expertos, ante todo, el diseño debe favorecer el movimiento del aire desde áreas limpias a áreas menos limpias, también debe contar con una velocidad de ventilación que logre brindar tanto comodidad como asepsia y control de olores especialmente en las áreas que tengan directa relación con la atención del paciente. El número mínimo del total de cambios de aires indicados, deberá suministrarse para salas de presión positiva o expulsarse hacia salas de presión negativa y en las unidades que se permite que recircule el aire, estas unidades de aire no deben recibir aire del exterior. (13)

Adicionalmente, se definen requisitos específicos en áreas de mayor riesgo, como las salas de aislamiento por infecciones de transmisión aérea, en las cuales se establece que deben incluir un mecanismo que monitorice de manera constante la presión de aire diferencial entre la sala y el sector subyacente, además, todo aire proveniente de estas salas de aislamiento aéreo debe ser descargado directamente al exterior y sin relación a cualquier otro sistema de escape y este solo podría recircular con la condición de que el aire pase primero a través de un filtro HEPA, por demás la sala debe contar con un sistema de sellado que limite la fuga del flujo de aire. (13)

En las unidades de cuidados críticos, como, por ejemplo, cuidados intensivos que tengan relación al manejo de heridas especialmente áreas de pacientes gran quemados, deben contar con un control de humedad individual en cada unidad. (13)

Las salas de cirugía o quirófanos, requiere una presión positiva con respecto a todos los espacios adyacentes y debe lograr mantener esta diferencial de presión constante, cada sala debe contar con un control de la temperatura individual y los difusores de suministros primarios debe estar diseñados de manera que el flujo de aire que expulsan sea unidireccional, hacia abajo y que cumple con la velocidad promedio establecida, entre otros factores. (13)

En lo que concierne a los procedimientos de mantención y sus recomendaciones, la ASHRAE expone que cada prestador debe determinar un ciclo de mantenimiento preventivo efectivo y acorde a las recomendaciones de los fabricantes de los dispositivos involucrados en su funcionamiento. (13)

En este sentido, enfatiza en los siguientes parámetros de mantención y recomendaciones, 1. La revisión mensual de los filtros de unidades serpentín, ventiladores y bombas de calor, con el fin de determinar alguna caída de presión, puesto que, deben ser reemplazados cuando esta caída de presión determine una reducción del flujo aéreo, esta revisión debe incluir, la limpieza de las bandejas de drenaje de estas unidades, 2. Las unidades de radiación de tubos con aletas, unidades de inducción y unidades de convección, colocadas en salas de pacientes se deben limpiar en forma trimestral, 3. Las unidades terminales accionadas con ventilador, colocados en salas de pacientes de deberán inspeccionar mensualmente o se deben cambiar cuando generen la disminución del flujo de aire. (13)

2.3 Definiciones y conceptos básicos

Aire de extracción: aire retirado de un ambiente y enviado al exterior por medios mecánicos.

Aire de retorno: aire retirado de un ambiente y reusado como aire de suministro.

Aire de suministro: aire suministrado al ambiente por medios mecánicos.

Flujo laminar: Se define como tal a un flujo de aire ordenado de baja velocidad cuyo valor medio está dentro de un rango de 90 pies/min \pm 20 pies/min.

Flujo Turbulento: Es un flujo de alta velocidad cuya característica de escurrimiento es errática e impredecible. Estos flujos se encuentran principalmente en ductos de ventilación industrial.

Cambios por hora: número de veces que el volumen de aire de un recinto es cambiado por hora, se expresa en cambios por hora.

Filtro HEPA (High Efficiency Particulate Air Filters): filtro con eficiencia igual o superior al 99.97% medido con partículas de 0.3 micrones con prueba DOP, con marco metálico.

III. MÉTODO

3.1 Tipo de estudio y diseño de investigación.

Como metodología de investigación, se decidió realizar una revisión sistemática, dado que estos son artículos científicos que se llevan a cabo mediante la recopilación y síntesis de la evidencia científica disponible, siendo parte fundamental e imprescindible de su metodología el contar y describir un proceso de elaboración transparente y comprensible. Se decidió utilizar este tipo de metodología puesto que, al estar constituido por múltiples artículos y fuentes de información, representan el mas alto nivel de evidencia dentro de la jerarquía de la evidencia. (14)

En cuanto al tipo de estudio y método, esta investigación es un estudio retrospectivo, observacional y de método mixto, dado que se recolectó análisis de datos cualitativos y cuantitativos en su desarrollo. (15)

En el proceso metodológico de esta investigación se realizo la recolección, selección y evaluación crítica de la evidencia sobre la relación entre los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire y las infecciones asociadas a la atención de salud, con el fin de sintetizar la información y realizar un análisis que permita generar evidencia científica que sirva para profundizar el conocimiento del tema y sea de utilidad en la toma de decisiones en el marco de la prevención de las infecciones nosocomiales.

3.2 Población y muestra

La población corresponde a 485 estudios que arrojaron el resultado al introducir las palabras claves y limites. A partir de esta población se seleccionaron 12 artículos que cumplieran con los criterios de elegibilidad y permitían dar respuesta a la pregunta de investigación.

3.3 Protocolo de búsqueda de documentos.

El esquema de redivisión utilizado en este estudio sigue las reglas descritas en la declaración PRISMA que consta de cuatro etapas, en primer lugar la fase de identificación, que corresponde a la búsqueda bibliográfica de artículos en bases de datos y la eliminación de los resultados duplicados, seguidamente, la etapa de cifrado en donde se seleccionaron los artículos según su título y luego según su abstract o resumen atendiendo a los criterios de elegibilidad, en tercer lugar la fase de idoneidad, donde se realizó la selección de los artículos atendiendo a los indicadores de calidad metodológicos y según la información contenida, finalmente, la fase de inclusión, donde se realizó la recopilación de datos relevantes y redacción de los resultados de la investigación. (16)

La presente revisión sistemática se basa en un protocolo de búsqueda de documentos que se elaboró previamente, con el fin de minimizar riesgos de sesgo de publicación y de selección. Se utilizó la estrategia PICO para la construcción de la pregunta de investigación y la búsqueda bibliográfica, lo que permitió asegurar una correcta estructuración y contenido, como se puede observar en la Tabla 1, asimismo, a partir del formato PICO se obtuvieron los descriptores en ciencias de la salud (DeCS) y medical subject headings (MeSH) utilizados lo que se exponen en la Tabla 2. (17)

Tabla 1

Pregunta de investigación y palabras clave. Formato PICO

Pregunta de búsqueda	¿Cuál es la evidencia sobre la relación entre los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire y las infecciones asociadas a la atención de salud?
Paciente o problema de interés	Riesgo de infección asociada a los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire en hospitales y características de la población afectada.
Intervención	Intervenciones preventivas de infecciones asociadas a los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire.
Comprador	-----
Resultados/ Outcomes	Descripción de la evidencia que sea de utilidad en la toma de decisiones en el marco de la prevención de las infecciones asociadas a los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire.

Fuente: Elaboracion propia.

Tabla 2

Palabras clave. Formato PICO.

Siglas PICO	Palabras MESH	Palabras DeSC
P	Air conditioning - health care associated infection	Aire acondicionado – infecciones nosocomiales
I	Enviroment controlled preventive interventions	Ambiente controlado – intervenciones preventivas
C	-	-
O	Prevention and control Hospital infections.	Prevención y control – Infección Hospitalaria.

Fuente: Elaboracion propia.

3.4 Estrategia de búsqueda y fuentes de Información.

La revisión sistemática se realizó a través de la exploración las plataformas y bases de datos académicas: PubMed, Web of Science y Scopus, a las que se pudo acceder a través de la plataforma de búsqueda avanzada y sistemas de bibliotecas de la Universidad Andrés Bello. Además, se complementó con una búsqueda manual a partir de las listas de referencias de los artículos resultantes para examinar si se han perdido otros artículos relevantes.

Como estrategia de búsqueda se realizó una búsqueda booleana, que consiste en combinar las palabras claves previamente definidas y los operadores booleanos (AND, OR & NOT), con el objetivo de ampliar, limitar y definir una frase de búsqueda que nos permitiera encontrar los estudios que den respuesta a la pregunta de investigación.

Se empleó la siguiente frase de búsqueda; Air conditioning OR Air conditioner AND ventilation OR air filtration OR airflow AND infection AND hospital. Se observaron las coincidencias de esta búsqueda en los títulos, resúmenes y palabras claves de las diferentes investigaciones. La búsqueda se limitó a artículos publicados entre el 2017 – 2021, escritos en inglés y español, a los cuales se pudiera acceder al documento completo. En la Tabla N°3 se describe la estrategia de investigación booleana utilizada en las diferentes bases de datos académicas.

Tabla 3

Estrategia de búsqueda booleana.

Bases de Datos	Palabras claves
PuBMed	((((air conditioning) OR (air conditioner)) AND (ventilation)) OR (air filtration)) OR (airflow)) AND (infection)) AND (hospital)
Web of Science	((((ALL=(air conditioning)) OR ALL=(air conditioner)) AND ALL=(ventilation)) OR ALL=(air filtration)) OR ALL=(airflow)) AND ALL=(infection)) AND ALL=(hospital)
Scopus	air AND conditioning OR air AND conditioner AND ventilation OR air AND filtration OR airflow AND infection AND hospital

Fuente: Elaboracion propia

3.5 Proceso de selección de estudios

3.5.1 Criterios de elegibilidad

Criterios de inclusión:

- Filtro por publicación: Artículos seleccionados en el área de las ciencias de la salud. Y que fueran publicados en el periodo que comprendido entre el año 2017 hasta el 2021.
- Filtro por palabras: Se utilizaron las siguientes palabras claves durante la exploración: Air conditioning – Air conditioner – ventilation – air filtration – airflow – infection – hospital y los operadores boléanos empleados: OR y AND.

- Se seleccionaron artículos que publicados en los idiomas inglés y español.
- Se incluyeron artículos científicos y tesis de investigación, que estuvieran incluidos en las bases de datos y que se pudiera acceder al documento completo.

Criterios de exclusión:

- No se consideración artículos que comprender otras áreas distintas al área de la salud, que sean documentos distintos a artículos científicos o tesis de investigación y que no tuvieran acceso al documento completo.
- Se excluyeron los artículos publicados años anteriores al 2017.
- Los artículos publicados en idiomas diferentes a Inglés y español no se consideraron dentro de la búsqueda.

3.6 Proceso de extracción, recopilación de datos y elección de los artículos.

Los resultados y artículos obtenidos al realizar la búsqueda en cada base bibliográfica y la búsqueda manual corresponden, PubMed (254), Web of Science (189), Scopus (36), búsqueda manual (6), estos documentos se descargaron y agruparon en carpetas individuales, luego, todas estas referencias se traspasaron a la plataforma MENDELEY, dado que este programa cuenta con una herramienta que permite eliminar las referencias duplicadas de revistas, artículos y tesis.

Posteriormente, se realizó la lectura de todos los títulos de los documentos derivados de la búsqueda inicial y se realizó una primera selección que se basó en la relación del título con el fenómeno de estudio y los objetivos de la presente investigación. De este grupo seleccionado según título, se realizó la lectura del abstract o resumen, en donde se pudo evaluar con mayor claridad de que se trataba cada uno de esos artículos, las metodologías empleadas y las conclusiones otorgadas por los autores, de esta lectura se realizó una nueva selección, según los criterios de elegibilidad y el enfoque de la investigación. Finalmente, de la selección según abstract se realizó la lectura del documento completo y se seleccionaron los artículos más completos e idóneos atendiendo a los indicadores de calidad metodológicos y según la información contenida.

3.7 Proceso de evaluación de la calidad

En una revisión sistemática, la evaluación de la calidad de los estudios se centra en analizar los centros de investigación y el rigor en las investigaciones, puesto que el objetivo es asegurar que los estudios incluidos cumplan con estándares de rigor principalmente en dos ámbitos, las características metodológicas del estudio y el reporte del estudio. Lo que permite evaluar la eficacia, seguridad o efectividad de las intervenciones o programas de salud recomendados por los autores de los artículos evaluados.(18)

La fase de evaluación de calidad en una revisión sistemática se denomina “critical appraisal”, y tiene como finalidad asegurar que las conclusiones y resultados resultantes de la revisión provengan de estudios relevantes, con procesos metodológicos correctamente realizados y que sus conclusiones sean confiables y sustentados en base a la evidencia científica. (18)

En el proceso de evaluación de la calidad de los estudios aplicado en esta investigación, consiste en evaluar una serie de criterios de calidad metodológica, específicos según la metodología de cada estudio, con el objetivo de asegurar que la evidencia utilizada es confiable, rigurosa y de respuesta a la problemática de estudio y pregunta de investigación. (18)

La calidad de los estudios se evaluó utilizando la lista de control de The Critical Appraisal Skill Programme (CASP) diseñada por el Oxford Center for Triple Value Healthcare, la cual utiliza una serie de listas de verificación que permiten evaluar la investigación, según la validez del estudio, sus resultados y si estos resultados son útiles o no, mediante la aplicación de un instrumento en formato check list, disponible en el ANEXO 1. (19)

IV. RESULTADOS

4.1 Resultados del proceso de búsqueda.

La búsqueda bibliográfica se realizó entre el 31 de julio y el 8 de agosto del 2021. La Tabla 4, muestra el total de resultados obtenidos en las distintas fases de la búsqueda bibliográfica.

Tabla 4

Resultados de búsqueda bibliográfica

Bases de datos	Número total de artículos	Artículos seleccionados por título	Artículos seleccionados por abstract	Artículos seleccionados final
PubMed	254	34	9	5
Web of Science	189	25	10	4
Scoopus	36	7	2	1
Búsqueda Manual	6	4	3	2

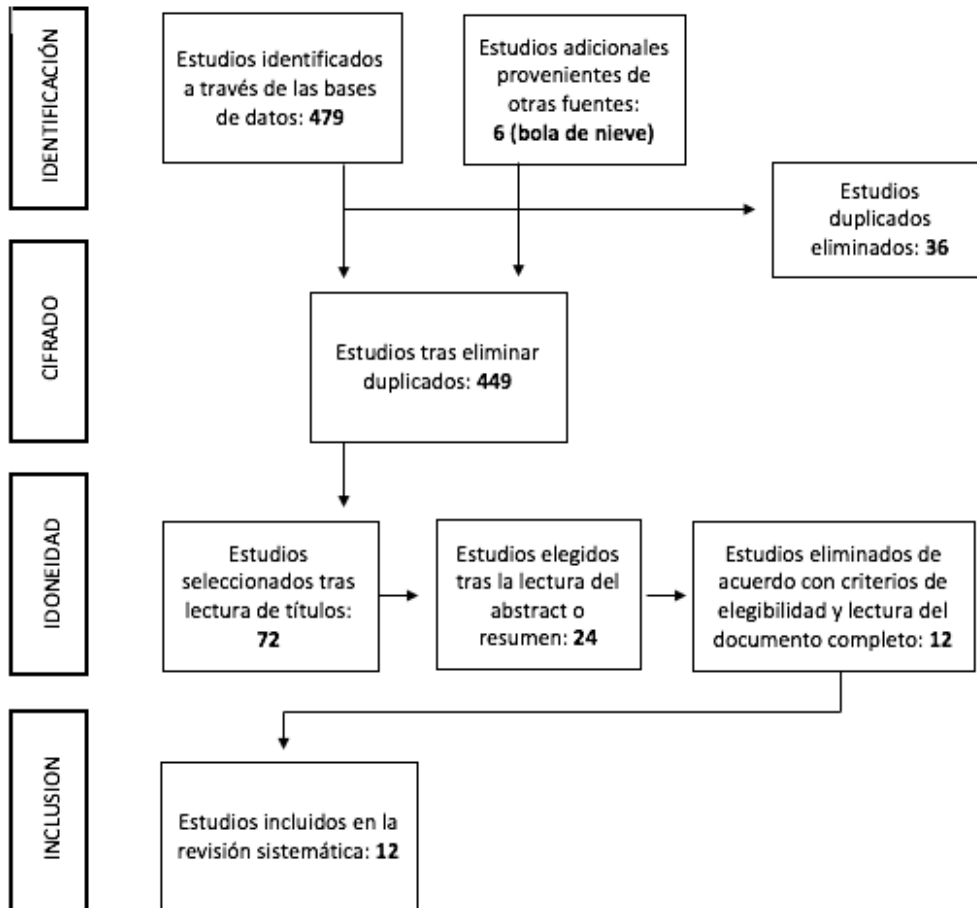
Fuente: Elaboración propia

4.2 Proceso de selección de artículos

El procedimiento de selección de artículos para esta revisión sistemática se detalla en el diagrama de flujo de la información obtenida en las distintas fases de esta investigación. Se utilizó el formato Preferred Reporting Items for Systematic Reviews (PRISMA), lo que se puede observar en la Figura 1, expuesta a continuación.

Figura 1

PRISMA: Procedimiento de selección, exclusión y número de estudios finalmente seleccionados.



Fuente: Elaboración propia

4.3 Evaluación de la calidad de ensayos clínicos seleccionados

Como se menciona en la metodología, como instrumento de evaluación de la calidad se utilizó el *CHECK LIST CASPe en los Ensayos Clínicos de la Oxford Center for Triple Value Healthcare* disponible en el Anexo 1.

Consta de 11 preguntas que permiten evaluar la calidad metodológica y confiabilidad de los estudios seleccionados. Las primeras 3 preguntas de este checklist, corresponden a preguntas dicotómicas con posibilidad de respuesta SI o NO y cualquier resultado negativo en alguna de estas tres preguntas es criterio de exclusión del ensayo de la investigación, por lo que estas primeras preguntas permiten asegurar la mínima calidad requerida para un ensayo clínico y tiene relación con que el estudio tenga una pregunta claramente definida, la aleatorización y el seguimiento completo de los participantes del estudio. Los 12 artículos seleccionados para esta revisión sistemática tienen respuestas SI en estas 3 preguntas.

Los resultados en detalle de la aplicación del *CHECK LIST CASPe en los Ensayos Clínicos*, se detallan a continuación en la Tabla 5, y evalúan de forma general el cegamiento de la investigación, cuantificación del efecto, importancia clínica, aplicabilidad local de los resultados y riesgos y costos asociados a cada estudio.

Tabla 5

Resultado del CHECK LIST CASPe en los Ensayos Clínicos seleccionados.

ENSAYOS CLINICOS

<i>PREGUNTAS/ ESTUDIOS</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>“Airborne route and bad use of ventilation systems as non-neglegible factors in SARS-cov-2 transmission” (20)</i>	✓	✓	✓	No hubo cegamiento , por la naturaleza del estudio.	✓	✓	Destacan la necesidad de cambios en la operación de los sistemas HVAC para "prevenir la propagación de COVID-19 dependiendo de factores relacionados con los sistemas HVAC o de plomería".	Confiable.	✓	✓	✓
<i>“Analysis on the risk of respiratory virus transmission by airconditioning system operation based on experimental evidence” (21)</i>	✓	✓	✓	No hubo cegamiento , por la naturaleza del estudio	✓	✓	El uso científico razonable y seguro de un acondicionador de aire, no solo puede crear un entorno de vida cómodo, sino que también reduce eficazmente el riesgo de infección en interiores.	Confiable.	✓	✓	✓
<i>“Best Practices on HVAC Design to Minimize the Risk of COVID-19 Infection within Indoor Environments” (22)</i>	✓	✓	✓	No hubo cegamiento , por la naturaleza del estudio	✓	✓	Destaca el papel de la calefacción, la ventilación y el aire acondicionado para minimizar el riesgo de infección por transmisión aérea dentro del entorno construido mediante la aplicación de las mejores prácticas.	Confiable.	✓	✓	✓

<p><i>“A numerical study of ventilation strategies for infection risk mitigation in general inpatient wards” (23)</i></p>	✓	✓	✓	<p>No hubo cegamiento , por la naturaleza del estudio</p>	✓	✓	<p>Los autores aseguran hay una escasez de pautas o estrategias para la ventilación general de las salas una revisión de las prácticas actuales de control de infecciones nosocomiales para zonas presuntamente de bajo riesgo y áreas desprotegidas como una sala general es de suma importancia.</p>	<p>Confiable.</p>	✓	✓	✓
<p><i>“COVID-19 Outbreak and Hospital Air Quality: A Systematic Review of Evidence on Air Filtration and Recirculation” (24)</i></p>	✓	✓	✓	<p>No hubo cegamiento , por la naturaleza del estudio</p>	✓	✓	<p>La recirculación de aire solo debe usarse en el entorno hospitalario junto con una filtración de aire adecuada</p>	<p>Confiable.</p>	✓	✓	✓
<p><i>“Identification of SARS-cov-2 RNA in healthcare heating, ventilation, and air conditioning units” (25)</i></p>	✓	✓	✓	<p>No hubo cegamiento , por la naturaleza del estudio</p>	✓	✓	<p>Este estudio sugiere el potencial de que las UTA sirvan como un lugar para realizar vigilancia viral ambiental, para guiar las operaciones de construcción, el comportamiento humano y otras acciones de mitigación de acuerdo con los riesgos relevantes identificados.</p>	<p>Confiable.</p>	✓	✓	✓
<p><i>“Impact of HVAC-Systems on the Dispersion of Infectious Aerosols in a Cardiac Intensive Care Unit” (26)</i></p>	✓	✓	✓	<p>No hubo cegamiento , por la naturaleza del estudio</p>	✓	✓	<p>Se destacan importantes recomendaciones con respecto a la selección de la mejor posición de las rejillas de entrada y salida en un sistema HVAC. Pero afirman que se necesitan más estudios para determinar el impacto de los sistemas HVAC en la</p>	<p>Confiable.</p>	✓	✓	✓

							transmisión del SARS-CoV-2 en casos reales.				
<i>“Microbiological Air Quality in Heating, Ventilation and Air Conditioning Systems of Surgical and Intensive Care Areas: The Application of a Disinfection Procedure for Dehumidification Devices” (27)</i>	✓	✓	✓	No hubo cegamiento , por la naturaleza del estudio	✓	✓	Conluyen que la ppresencia de ruedas de deshumidificación giratorias complejas (RDW) puede complicar los procedimientos de limpieza y desinfección de los sistemas HVAC	Confiable.	✓	✓	✓
<i>“SARS-cov-2 indoor contamination: considerations on anti-COVID-19 management of ventilation systems, and finishing materials in healthcare facilities” (28)</i>	✓	✓	✓	No hubo cegamiento , por la naturaleza del estudio	✓	✓	Si el sistema de ventilación está correctamente diseñado y se mantiene limpio para preservar la presión correcta entre las unidades funcionales, puede ser eficaz para eliminar los agentes infecciosos transportados por el aire.	Confiable.	✓	✓	✓
<i>“Sistemas de Acondicionamiento de aire y Ventilacion como foco de infeccioso de SARS COV-2 en hospitales e instituciones de salud’ (7)</i>	✓	✓	✓	No hubo cegamiento , por la naturaleza del estudio	✓	✓	Recalcan la importancia de que en los hospitales, clínicas e instituciones de salud se refuercen estos equipos con sistemas de limpieza y desinfección mediante soluciones de tratamiento de aire que posean purificadores de aire (filtros de alta eficiencia) y dispositivos de desinfección que integren cámaras germicidas con luz ultravioleta de onda corta UVc (200-280 nm),	Confiable.	✓	✓	✓

<p><i>“The role of air conditioning in the diffusion of Sars-cov-2 in indoor environments: A first computational fluid dynamic model, based on investigations performed at the Vatican State Children’s hospital” (29)</i></p>	✓	✓	✓	<p>No hubo cegamiento , por la naturaleza del estudio</p>	✓	✓	<p>El desarrollo de simulaciones CFD 3D en entornos sanitarios puede proporcionar una predicción cualitativa y cuantitativa del riesgo de contagio y una valiosa ayuda para optimizar los procesos de prevención destinados a minimizar el riesgo infeccioso para los pacientes y los profesionales sanitarios durante una pandemia.</p>	<p>Confiable.</p>	✓	✓	✓
<p><i>Ventilation control for airborne transmission of human exhaled bio-aerosols in buildings” (30)</i></p>	✓	✓	✓	<p>No hubo cegamiento , por la naturaleza del estudio</p>	✓	✓	<p>La ventilación es un medio de ingeniería útil para controlar las infecciones transmitidas por el aire, pero puede que no sea una forma eficiente de controlar la transmisión por gotitas. Una tasa de ventilación más alta reduce el riesgo de infecciones transmitidas por el aire.</p>	<p>Confiable.</p>	✓	✓	✓

Fuente: Elaboracion Propia.

4.4 Análisis de los resultados seleccionados

En la presente revisión sistemática, se realizó la selección de 12 artículos científicos, a partir de los cuales se presenta una descripción de la evidencia sobre la relación entre los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire y las infecciones asociadas a la atención de salud.

4.4.1 Características generales de los estudios seleccionados.

En cuanto a las características generales de los 12 artículos seleccionados a través del protocolo de búsqueda, la totalidad de estos corresponde a ensayos clínicos, 6 son estudios experimentales en los que fueron realizados mayoritariamente con el objetivo de evaluar la capacidad de transmisión de enfermedades por contaminación de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), lo que se investigó ya sea a través de muestro o identificación de microorganismos en los sistemas de ventilación, como también por escenarios de simulación del ambiente hospitalario y observando la calidad del aire según los efectos de la variación de ciertos parámetros específicos asociados a estos sistemas HVAC, principalmente en el contexto de limitar la propagación de la pandemia por el virus SARS-CoV2. (21)(23)(25)(26)(27)(29)

De los estudios seleccionados, 4 corresponden a estudios descriptivos en los cuales, a modo general se analiza la importancia del control ambiental y se realiza una descripción de la evidencia existente, con el fin de estimar el riesgo existente que los sistemas HVAC, al no ser utilizados adecuadamente, pudieran contribuir a la transmisión aérea de microorganismos. Destaca que, en estos 4 estudios, se enfatiza la importancia de un sistema de ventilación correctamente diseñado y con un protocolo de evaluación y mantención adecuado. Los autores describen ciertas recomendaciones específicas y lineamientos para cumplir con los

estándares propuestos por las instituciones internacionales acreditadas en el área. (7)(20)(22)(28)

También se incluyeron 2 revisiones sistemáticas, en las cuales se investiga evidencia específica con respecto a los parámetros de ventilación y factores como el flujo, dirección y recirculación del de aire, el uso de filtros de alta eficiencia y recomendaciones en el marco de la promoción de los procedimientos de limpieza y desinfección de los sistemas HVAC.(24)(30)

En cuanto los países de procedencia de los estudios, entre las naciones que realizaron los estudios que predominan en la presente revisión se encuentra China (3) e Italia (3), seguido por Estados Unidos (2), Brasil (1) Portugal (1) y Colombia (1). Referente al año de publicación, se considero como criterio de elegibilidad estudios publicados durante los años 2017 al 2021, y los estudios incluidos fueron publicados principalmente el año 2020 (7), seguido del 2021 (3), 2019 (1) 2018 (1).

Se pudo observar, que esta área de investigación se vio potenciada y favorecida, por los efectos de la pandemia mundial por el virus SARS-CoV-2, principalmente por la situación de saturación de la capacidad hospitalaria y el innegable aumento del riesgo de infecciones hospitalarias. Lo expuesto, explica el origen territorial de los estudios encontrados, dado que entre los países mas afectados por la pandemia se encuentra, China, Estados Unidos e Italia, asimismo, se notificaron los primeros brotes por este virus a inicios del año 2020 y se ha mantenido como protagonista durante todo el 2021 en ámbitos de la salud y la ciencia. Estos datos, evidencian que el estudio de los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire es un asunto de gran relevancia en la actualidad, que se destaca en el marco de la prevención y promoción de la salud. (31)

4.4.2 Relación entre los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire y las infecciones asociadas a la atención de salud.

Al analizar en profundidad cada uno de los estudios seleccionados, se pudo observar que todos los autores indican y destacan la importancia del uso científico, razonable y seguro de los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire, asegurando que permiten crear un entorno cómodo y reducen eficazmente el riesgo de infección en interiores. En este sentido, los estudios evidencian que los sistemas HVAC cumplen un papel importante principalmente en minimizar el riesgo de infección por transmisión aérea. (21) (22)

Por otro lado, se considera sustancial considerar que 8 de los 12 artículos desarrollaron desde la hipótesis inicial de que la transmisión aérea de SARS-CoV-2 fuera posible y el riesgo potencial de que los sistemas HVAC pudieran estar contribuyendo a la diseminación masiva del virus. En este sentido, los estudios analizan la posibilidad o de transmisión de infecciones por medio los sistemas HVAC, apoyándose principalmente en tres formas hipotéticas en las que estos sistemas pudieran contribuir a la transmisión de microorganismos. En primero lugar, el escenario de circulación de aire en compartimientos cerrados con pacientes infectados, en segundo lugar, mencionan los sistemas de recirculación de aire con áreas adyacente y en tercer lugar la renovación sistemática de aire y los intercambios hacia y desde aire exterior, en donde los autores enfatizan en el riesgo potencial de transmisión de infecciones concomitante a estos procesos. (20)

En este mismo ámbito, otros estudios evalúan el riesgo de transmisión durante el funcionamiento de los sistemas HVAC, mediante el análisis de la capacidad de transporte de virus y las características de descomposición de las gotitas de patógenos en interiores, los efectos de la temperatura del aire y la humedad relativa sobre la supervivencia del virus en el aire o en

las superficies, en donde confirman que los sistemas HVAC poseen ventiladores en sus diferentes componentes de circulación de aire, que podrían estar ocasionando la movilidad de núcleos de gotas y gotitas respiratorias en el ambiente que acondicionan. Sin embargo, aseguran que se necesitan más estudios para determinar efectivamente el impacto de los sistemas HVAC en la transmisión del SARS-CoV-2 en casos reales. (21)(7)

Del mismo modo, otro de los estudios experimentales incluidos en esta revisión sistemática, evaluó el riesgo de transmisión de infecciones en base la posibilidad potencial de colonización o contaminación del sistema HVAC propiamente tal, lo cual se investigo mediante muestras tomados a los dispositivos físicos y la posterior detección de ARN de SARS-COV-2. Los autores reportaron presencia de ARN de SARS-COV-2 en el 25% de las muestras tomadas de 10 ubicaciones diferente en múltiples manipuladores de aire, lo que plantea la posibilidad de que las partículas virales puedan ingresar y viajar dentro del sistema de manejo de aire de un hospital. No obstante, los autores aseguran se necesitan más investigaciones para abordar en profundidad el riesgo de transmisión del SARS-CoV-2 a través de los sistemas de HVAC, considerando la relevancia de sus resultados y que destacan la necesidad de verificar la efectividad de las estrategias de mitigación que se están empleando. (25)

A partir de lo expuesto, se puede concluir que existe evidencia de situaciones en las que los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire pueden asociarse a procesos de transmisión y movilidad aérea de microorganismos patógenos. Sin embargo, la mayor parte de los estudios analizados enfatiza en que, de existir cierto riesgo de infección asociado a los sistemas HVAC, este riesgo deriva y se potencia, principalmente en situaciones de defecto en el diseño, procesos de vigilancia inefectivos y limitada mantención y/o remodelación de los sistemas HVAC. (20)

No obstante, es un área de indagación que requiere mas desarrollo, como la realización de nuevas investigaciones con metodologías similares,

que permitan comparar los resultados y clarificar, determinar o cuantificar, efectivamente el riesgo de infección asociado directamente a los sistemas HVAC. (20)

En vista a los resultados inconsistentes en torno al riesgo de infección favorecido por los sistemas HVAC, en contraposición a la amplia evidencia que afirma y asegura los beneficios del correcto uso de los sistemas HVAC y su gran impacto de en prevención de la transmisión de infecciones, los autores de los artículos incluidos en esta revisión concuerdan y aseguran que control ambiental que otorga el uso adecuado de los sistemas de HVAC, sumado a la limpieza de las superficies interiores, son intervenciones indispensable para limitar la propagación del virus SARS-CoV-2. Así mismo, destacan la gran labor que cumplen los sistemas HVAC en preservar una calidad microbiológica interior adecuada y la prevención de las infecciones asociadas a la atención de salud. A partir de estos, sugieren relevante que los encargados de los establecimientos realicen acciones de operación de concordantes a su amplio impacto que generan los sistemas HVAC, en la prevención de infecciones, enfatizando en la consideración de los costos, tanto directos como indirectos, destinados a su operación, mantenimiento y remodelación. (28)

4.4.3 Lineamientos y recomendaciones para la prevención de infecciones mediante el uso de los sistemas HVAC.

A partir de los riesgos determinados en los estudios y las posibles vías de transmisión de microorganismos por los sistemas HVAC, los autores llegan a las siguientes recomendaciones generales. Los administradores de instalaciones hospitalarias deben revisar sus prácticas de filtración de aire y ventilación en consecuencia, es decir, realizar la evaluación periódica de las prácticas operativas y el equipo de HVAC. (20)(23)(25)(27)

Además, se debe considerar la implementar mejoras que aseguren la disminución de los riesgos de transmisión de microorganismos en el entorno hospitalario, donde destacan como inminente la necesidad de realizar cambios en la operación de los sistemas HVAC y la aplicación de un plan de seguridad para la calidad del aire interior, previniendo el riesgo infeccioso por patógenos aerotransportados en los sistemas de HVAC, de inicio prioritario en áreas quirúrgicas y unidades de cuidados intensivos.(20)(23)(25)(27)

Se consideró relevante destacar 4 elementos sobre los que se recomienda que los hospitales realicen auditorias, con el fin de vigilar y prevenir que los sistemas HVAC se conviertan en fuentes infecciosas. En primer lugar, que el diseño de condiciones ambientales se realice según los criterios ASHRAE 170-2013, ASHRAE 55; en segundo lugar, la ventilación adecuada del recinto según los criterios de ASHRAE 62; tercero, que la renovación y suministro de aire fresco exterior que ingresa a los recintos, se determine según criterios de la norma ASHRAE 62 y DIN 1946; y en cuarto lugar, que se evalúen los requerimientos mínimos de diseño de los sistemas de filtración de este tipo de dispositivos según criterios de la norma EN 1822:2009 e ISO 29463.(7)(22)

Cabe destacar que, en los estudios incluidos en esta revisión sistemática, se realizaron recomendaciones importantes basadas lineamiento otorgados por algunas instituciones expertas en el tema, como la ASHRE, ISS World, Centros para el Control y la Prevención de Enfermedad (CDC) y la Federación Europea de Asociaciones de Profesionales del Sector de Instalaciones Mecánicas (REHVA).

A continuación, se presentan recomendaciones en torno a los procesos de acondicionamiento del aire hospitalario y factores asociados como, el flujo de aire, los procesos de filtrado, purificación y desinfección del aire y los mecanismos de limpieza de los sistemas HVAC. (7)(22)(28)

Ventilación del ambiente hospitalario

Con respecto a la ventilación y cantidad de recambios de aire por hora, se indica como valor de referencia un óptimo recambio de aire y ventilación de 7 veces/h, dado que, se pudo observar que, a esta tasa de ventilación, la supervivencia del virus es de alrededor de 0.1% con respecto a una situación de menos cantidad de recambios de aire. En este sentido en un área de mayor riesgo de transmisión de infecciones se recomienda un aumento de esta tasa, puesto que eso reduce eficazmente el riesgo de transmisión aérea de largo alcance. Cabe destacar, se ha logrado determinar que la ventilación es un medio de ingeniería útil para controlar las infecciones transmitidas por aire, pero puede no ser una forma eficiente en el caso de transmisión por gotitas. La ventilación por desplazamiento no se sugiere para habitaciones de aislamiento. (21)(28)(22)

En este sentido uno de los estudios experimentales analizó escenarios y simulaciones, por las que se pudo determinar que el uso adecuado de los sistemas de ventilación de escape (LEV), simulados en las habitaciones del hospital, se vio asociado a una reducción importante de las gotitas infectadas que se programan desde la boca, en los primeros 0.5 segundos posteriores al episodio de tos, especialmente si estas unidades LEV son colocadas espacialmente sobre la cara del paciente, mostraron aun mayor eficiencia en la reducción de las gotitas, núcleos de gotas y aire contaminado en la habitación, favoreciendo una disminución en la exposición al riesgo. (29)

Flujo y dirección del aire.

En cuanto al flujo de aire que generan los sistemas HVAC y su relación con el control de las infecciones, en primera instancia los autores recomiendan mantener la dirección del flujo de aire desde áreas limpias a áreas sucias, con el fin de prevenir la infección cruzada entre unidades de atención, especialmente cuando se involucran salas de aislamientos, es decir, salas en donde se hospedan pacientes con enfermedades infectocontagiosas, en estos casos se recomienda cerrar o limitar las vías de recirculación. Los autores aseguran que, en la mayoría de los casos de riesgos asociados al flujo de aire, derivan de defectos de diseño, construcción o mantenimiento. A modo general, se recomienda mantener la dirección del flujo de aire de las áreas más limpias hacia áreas menos limpias y sugieren duplicar el flujo de aire acondicionado en las áreas de más riesgo puesto que, reduce la cantidad de microorganismo dentro de la habitación. (30)(23)(29).

Por otro lado, los investigadores ponen bastante énfasis en la importancia del análisis de los procesos de recirculación de aire en instituciones de salud. Recomiendan que la recirculación del aire solo debe usarse en el entorno hospitalario junto a una filtración de aire adecuada, puesto que, el aire al no pasar por un proceso de filtración, la evidencia concuerda en que puede aumentar de forma importante el riesgo de contaminación debido al movimiento de partículas y también se ha visto asociado al aumento de partículas en las superficies. (24)(20)(26)(28)

Filtros de aire y sistemas de purificación

Los autores concuerdan en el uso de unidades purificadoras de aire ambiental con filtración HEPA, dado que estos dispositivos permiten atraer y filtrar el aire de la habitación, reduciendo la concentración viral local en el aire y responde efectivamente a la necesidad de cada área específica. Se

recomienda en las áreas más críticas la incorporación dos o más filtros adicionales, y en las áreas hospitalarias con pacientes con menor riesgo de contraer una infección, se recomienda usar utilizar filtros en las “upstream” de los sistemas de aire acondicionado. En este sentido, se destaca que el uso de un filtro o purificador de aire del sistema HVAC, sumado a un aumento en la frecuencia de recambios del aire circulante, favorece la eliminación de posibles partículas patógenas. (28)(21)(24)

Adicionalmente, se sugiere que los filtros HEPA se utilicen no solo en los entornos, sino también en los tubos de escape de salida y recomiendan detener la recirculación de aire y aumentar la entrada de aire exterior, así mismo, se menciona como factor determinante la ubicación de los filtros de entrada y salida, dado que la combinación de filtración en los casos de recirculación puede reducir el riesgo de infección. Se sugiere que los filtros HEPA se utilicen no solo en los entornos, sino también en los tubos de escape de salida, adicionalmente, se llama a detener la recirculación de aire y aumentar la entrada de aire exterior, ya que la filtración de aire de escape de las salas del hospital o áreas infectadas podría recircular en el hospital y contaminar el ambiente exterior, para lo que se recomienda introducir filtros absolutos en el conducto de expulsión antes del ventilador de extracción. (24)(20)(28)(26)

Se les recomienda a las instituciones de salud evaluar la posibilidad de reemplazar sus sistemas de filtración de aire por equipos que cuenten con sistemas de prefiltros, filtros HEPA y que incorporen lámparas ultravioletas (UVc), que permitan retener y ofrecer un efecto germicida que garanticen un aire higienizado. (7)

Control de la presión, temperatura y humedad.

El control de la presión, la temperatura y la humedad, son cruciales para cambiar el concepto de aire acondicionado contaminante, por el concepto de una herramienta para la inactivación de microorganismos patógenos en

la habitación, en este sentido se recomiendan temperaturas de 20 - 25 °C y humedad relativa de 50 – 70 %, y el uso de presiones negativas en las salas de aislados. Los autores aseguran que, si el sistema de ventilación esta correctamente diseñado y se mantiene limpio para preservar la presión correcta entre las unidades funcionales, puede ser eficaz para eliminar los agentes infecciosos trasportados pro el aire. (21)(22)(28)(7)

Mecanismos de desinfección y limpieza de los sistemas HCVA.

Se recalca la importancia de que los hospitales, clínicas y instituciones de salud refuerce los sistemas de HVAC, con sistemas de limpieza y desinfección mediante soluciones de tratamiento de aire que poseas filtros de alta eficiencia y dispositivos de desinfección que integren irradiación germicida ultravioleta superior (UVGI) con cámaras germicidas con luz ultravioleta de onda corta Uvc (200-280 nm), en el espacio de la sala para mejorar aun mas las estrategia de mitigación de riesgo, las cuales son sugeridas por la Asociación Internacional Ultravioleta (IUVA), como potente desinfectante que inactiva patógenos como virus y bacteria . (7)(23)(28)

Así mismo, se destaca la necesidad de nuevos procedimientos para de desinfección de los sistemas HVAC, dado que no se reportan datos específicos en la literatura o evidencia científica sobre estrategias de desinfección para estos dispositivos. (7)(23) (27)

V. DISCUSIÓN

A partir de esta revisión sistemática, se reafirma la importante función que cumplen los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire en preservar una calidad microbiológica adecuada y prevenir las infecciones asociadas a la atención de salud, principalmente en las transmitidas por vía aérea. Sin embargo, se menciona que de no cumplir con las normas de diseño, operación y mantenimiento, podrían verse afectados el correcto funcionamiento de estos sistemas HVAC e incluso transformarse en factores que aumentan el riesgo de transmisión de infecciones. (20)

Esta situación, no solo se ha podido evidenciar en el contexto hospitalario. Según un estudio realizado en China sobre un caso de brote de COVID-19 en un restaurante, impresiona que, aun cumpliendo con las medidas de prevención de transmisión establecidas a nivel mundial, se vieron afectadas 10 personas que almorzaron en 3 meses diferentes. El piso contaba con un sistema de aire acondicionado independiente y las mesas estaban posicionadas a distancias superiores a 2 metros y la distancia entre las personas era mayor a 1 metro. En este sentido, comenzaron a investigar que la transmisión del virus no podía explicarse únicamente a la transmisión de gotitas, puesto que estas permanecen en el aire corto tiempo y viajan solo distancias cortas, así determinaron que el flujo de aire del acondicionador facilitó el alcance de las gotitas a una distancia superior y lo que favoreció su propagación. (32)

Secundarios a la pandemia por COVID-19 y sus posibles riesgos asociados a los sistemas HCVA, los estudios incluidos en esta revisión realizaron recomendaciones con el fin de prevenir las infecciones asociadas a los sistemas HVAC, entre ellas se destaca el aumentar el uso de aire exterior e incrementar la tasa de cambio de aire, disminuir o cerrar las vías de recirculación del aire, de no ser posible esto, incluir un filtro absoluto previo a la recirculación, también se menciona el uso de presión

negativa en unidades de aislamiento y se enfatiza el utilizar filtros HEPA, no solo en las unidades críticas, sino también en espacios de alto tráfico.
(7)(26)(28)

Cabe destacar, que en la mayoría de los estudios se sugiere la incorporación de filtros HEPA, pero solo uno de ellos menciona los riesgos de sustituir los filtros de tasa baja por filtros HEPA, puesto que se observó que estas modificaciones, pueden tener resultados desfavorables, como el aumento de la caída de presión lo que puede generar que la cantidad de aire suministrado al espacio disminuya, pudiendo resultar en un desequilibrio del sistema y que favorezca la transición de enfermedades.(24)

Con respecto a las limitaciones observadas en los estudios, se sugiere que se continúe investigando sobre el riesgo de infección asociado a los sistemas HVAC, principalmente mediante estudios de casos. Se puede observar la necesidad de lineamientos claros sobre planes de seguridad y estrategias de vigilancia, con aplicación de nuevas pautas y medios verificables en la práctica. Al mismo tiempo se pudo observar un vacío en el ámbito de la mantención y remodelación de los sistemas HVAC, dado que muchos de los artículos sugieren implementar estrategias de modernización y remodelación, pero no se encontró evidencia científica que guíe de forma clara estos procesos u otorguen lineamientos a seguir en casos de remodelación de los sistemas HVAC ya existentes y la prevención de desequilibrios o disfunciones futuras del sistema.

De modo particular, esta investigación sugiere que las instituciones de salud instruyan al personal sobre la importancia de los sistemas HVCA. Además de informar oportunamente el funcionamiento de estos, ya que es información relevante al momento de asignar una sala a un paciente aislado, la priorización en la gestión de las unidades clínicas y la prevención de las infecciones asociadas a la atención de salud.

VI. CONCLUSIONES

En esta investigación se pudo observar el hecho de que los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire cumplen una función muy importante en lo que concierne a la prevención de las infecciones asociadas a la atención de salud.

Por otro lado, a pesar de que no se determinó el riesgo de infección asociado a estos sistemas HVAC, debido a los escasos estudios que apoyan estas hipótesis o contrarresten la evidencia existente, es importante tener en consideración que la evidencia sí asegura que un sistema HVCA deficiente en cuanto a su diseño, operatividad y mantenimiento, puede generar circunstancias de riesgo de transmisión de infecciones.

Se sigue a modo general que los encargados de las instituciones de salud realicen las auditorías recomendadas en esta investigación, para así determinar que estrategias de mejora se pueden implementar en sus instituciones, con el fin de prevenir las infecciones asociadas a la atención de salud.

BIBLIOGRAFÍA

1. López-Cerero L. Papel del ambiente hospitalario y los equipamientos en la transmisión de las infecciones nosocomiales. *Enferm Infecc Microbiol Clin* [Internet]. 2014;32(7):459–64. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eimc.2013.10.004>
2. Rosell Farrás MG, Muñoz Martínez A. Ventilación general en hospitales. *Notas Técnicas de Prevención*. 2008;1–6.
3. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Ventilación natural para el control de las infecciones en entornos de atención de la salud [Internet]. 2009. 1–149 p. Available from: http://www2.paho.org/hq/dmdocuments/2011/ventilacion_natural_spa_25mar11.pdf
4. Instituto de Salud Pública Ministerio de Salud Gobierno de Chile. IMPORTANCIA DEL USO DE LA VENTILACIÓN COMO MÉTODO DE CONTROL DE CONTAMINANTES EN RECINTOS HOSPITALARIOS. 2016;1–9. Available from: <https://www.ispch.cl/sites/default/files/Nota Técnica N° 43 Importancia del Uso de la Ventilación Como Método de Control de Contaminantes en Recintos Hospitalarios.pdf>
5. Duce G, Fabry J, Nicolle L, Girard R, Perraud M, Prüss A, et al. Guía práctica. Prevención de las infecciones nosocomiales. *Organ Mund la Salud*. 2009;70.
6. Liu J, Liao X, Qian S, Yuan J, Wang F, Liu Y, et al. Community transmission of severe acute respiratory syndrome Coronavirus 2, Shenzhen, China, 2020 [Internet]. Vol. 26, *Emerging Infectious Diseases*. 2020 [cited 2021 Jul 12]. p. 1320–3. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/commentaries/detail/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>

7. Fong-Silva W, Severiche-Sierra C, Fong-Amarís W. Sistemas de acondicionamiento de aire y ventilación como foco infeccioso de SARS CoV-2 en hospitales, clínicas e instituciones de salud. *IPSA Sci Rev científica Multidiscip.* 2020;5(1):28–35.
8. Tang JW. The effect of environmental parameters on the survival of airborne infectious agents. *J R Soc Interface.* 2009;6(SUPPL. 6).
9. Weber DJ, Peppercorn A, Miller MB, Sickbert-Benett E, Rutala WA. Preventing healthcare-associated *Aspergillus* infections: Review of recent CDC/HICPAC recommendations. *Med Mycol.* 2009;47(SUPPL. 1):199–209.
10. Hernández Calleja A. Documentación NTP 313 : Calidad del aire interior : riesgos microbiológicos en los sistemas de ventilación/climatización. *Inst Nac Segur e Hig en el Trab.* 2004;1–9.
11. Kumari DNP, Haji TC, Keer V, Hawkey PM, Duncanson V, Flower E. Ventilation grilles as a potential source of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* causing an outbreak in an orthopaedic ward at a district general hospital. *J Hosp Infect.* 1998;39(2):127–33.
12. Uduman SA, Farrukh AS, Nath KNR, Zuhair MYH, Ifrah A, Khawla AD, et al. An outbreak of *Serratia marcescens* infection in a special-care baby unit of a community hospital in United Arab Emirates: The importance of the air conditioner duct as a nosocomial reservoir. *J Hosp Infect.* 2002;52(3):175–80.
13. ASHRAE. Ventilación de instalaciones de atención médica. 2013;8400.
14. Moreno B, Muñoz M, Cuellar J, Domancic S, Villanueva J. Revisiones Sistemáticas: definición y nociones básicas. *Rev clínica periodoncia, Implantol y Rehabil oral.* 2018;11(3):184–6.
15. Hernández R, Fernández C BP. Metodología de la investigación. 2003. 356–

358 p.

16. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, Liberati A, Altman DG. Reprint-Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement [Internet]. 2009. Available from: <http://www.annals.org/cgi/content/full/151/4/264>.
17. Mamédio C, Roberto M, Nobre C. the Pico Strategy for the Research Question. *Rev latino-am Enferm*. 2007;15(3):1–4.
18. Fàbregues S, Serra V. La evaluación de la calidad de los estudios incluidos en revisiones sistemáticas. *Práctica basada en la Evid* [Internet]. 2019;(September 2019):1–27. Available from: https://www.researchgate.net/publication/339658369_La_evaluacion_de_la_calidad_de_los_estudios_incluidos_en_revisiones_sistematicas
19. PROGRAMME CAS. CASP checklists. Critical Appraisal Skills Programme (CASP): Making sense of evidence. [Internet]. 2021 [cited 2021 Aug 6]. Available from: <https://casp-uk.net/casp-tools-checklists/>
20. Correia G, Rodrigues L, Gameiro da Silva M, Gonçalves T. Airborne route and bad use of ventilation systems as non-negligible factors in SARS-CoV-2 transmission. *Med Hypotheses*. 2020 Aug 1;141.
21. Jia Y, Xiang Y, Guo S, Guo L, Guo L, Cheng Z, et al. Analysis on the risk of respiratory virus transmission by air conditioning system operation based on experimental evidence. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021.
22. Santos AF, Gaspar PD, Hamandosh A, de Aguiar EB, Filho ACG, de Souza HJL. Best Practices on HVAC Design to Minimize the Risk of COVID-19 Infection within Indoor Environments. *Brazilian Arch Biol Technol*. 2020;63:1–11.

23. Satheesan MK, Mui KW, Wong LT. A numerical study of ventilation strategies for infection risk mitigation in general inpatient wards. *Build Simul.* 2020 Aug 1;13(4):887–96.
24. Mousavi ES, Kananizadeh N, Martinello RA, Sherman JD. COVID-19 Outbreak and Hospital Air Quality: A Systematic Review of Evidence on Air Filtration and Recirculation. *Environ Sci Technol.* 2021;55(7):4134–47.
25. Horve PF, Dietz LG, Fretz M, Constant DA, Wilkes A, Townes JM, et al. Identification of SARS-CoV-2 RNA in healthcare heating, ventilation, and air conditioning units. *Indoor Air.* 2021;(May):1–7.
26. Anghel L, Popovici CG, Stătescu C, Sascău R, Verdeş M, Ciocan V, et al. Impact of hvac-systems on the dispersion of infectious aerosols in a cardiac intensive care unit. *Int J Environ Res Public Health.* 2020 Sep 2;17(18):1–17.
27. Totaro M, Costa AL, Casini B, Profeti S, Gallo A, Frendo L, et al. Microbiological air quality in heating, ventilation and air conditioning systems of surgical and intensive care areas: The application of a disinfection procedure for dehumidification devices. *Pathogens.* 2019;8(1):1–9.
28. Gola M, Caggiano G, De Giglio O, Napoli C, Diella G, Carlucci M, et al. SARS-CoV-2 indoor contamination: considerations on anti-COVID-19 management of ventilation systems, and finishing materials in healthcare facilities. *Ann Ig.* 2021 Jul 1;33(4):381–92.
29. Borro L, Mazzei L, Raponi M, Piscitelli P, Miani A. The role of air conditioning in the diffusion of Sars-CoV-2 in indoor environments : A first computational fluid dynamic model , based on investigations performed at the Vatican State Children ' s hospital. 2020;(January).
30. Qian H, Zheng X. Ventilation control for airborne transmission of human

exhaled bio-aerosols in buildings. *J Thorac Dis* [Internet]. 2018 Jul [cited 2021 Jul 30];10(Suppl 19):S2295–304. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30116608>

31. Salud O | OP de la. Aumentan los casos de COVID-19 en muchos países de las Américas - [Internet]. [cited 2021 Aug 14]. Available from: <https://www.paho.org/es/noticias/14-7-2021-aumentan-casos-covid-19-muchos-paises-americas>
32. Jianyun Lu, 1 Jieni Gu, 1 Kuibiao Li, 1 Conghui Xu, 1 Wenzhe Su, Zhisheng Lai, Deqian Zhou, Chao Yu, Bin Xu ZY. COVID-19 outbreak associated with air conditioning in restaurant, Guangzhou, China, 2020. *Emerg Infect Dis*. 2020;26(11):2790.

ANEXOS

Anexo 1

Preguntas check list CASPe para Ensayos Clínicos.

NUMERO PREGUNTA	ENUNCIADO	RESPUESTA POSIBLE	TIPO DE PREGUNTA
1	<p>¿Se orienta el ensayo a una pregunta claramente definida ?</p> <p>Una pregunta debe definirse en términos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La población de estudio. - La intervención realizada. - Los resultados considerados. 	<p>SI</p> <p>NO</p> <p>NOSE</p>	PREGUNTAS DE ELIMINACIÓN DE ESTUDIO CLÍNICO
2	<p>¿Fue aleatoria la asignación de los pacientes a los tratamientos?</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Se mantuvo oculta la secuencia de aleatorización? 	<p>SI</p> <p>NO</p> <p>NOSE</p>	
3	<p>¿Fueron adecuadamente considerados hasta el final del estudio todos los pacientes que entraron en él?</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿El seguimiento fue completo? - ¿Se interrumpió precozmente el estudio? - ¿Se analizaron los pacientes en el grupo al que fueron aleatoriamente asignados? 	<p>SI</p> <p>NO</p> <p>NOSE</p>	
4	<p>¿Se mantuvo el cegamiento a?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los pacientes. - Los clínicos - El personal del estudio. 	<p>SI</p> <p>NO</p> <p>NOSE</p>	PREGUNTAS DE DETALLE
5	<p>¿Fueron similares los grupos al comienzo del ensayo ?</p> <p>En términos de otros factores que pudieran tener efecto sobre el resultado: edad, sexo, etc.</p>	<p>SI</p> <p>NO</p> <p>NOSE</p>	
6	<p>¿Al margen de la intervención en estudio los grupos fueron tratados de igual modo?</p>	<p>SI</p> <p>NO</p> <p>NOSE</p>	
7	<p>¿Es muy grande el efecto del tratamiento?</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué desenlaces se midieron? - ¿Los desenlaces medidos son los del protocolo? 		PREGUNTAS DE DETALLE B/ ¿Cuáles son los resultados?
8	<p>¿Cuál es la precisión de este efecto?</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuáles son sus intervalos de confianza? 	IC	
9	<p>¿Pueden aplicarse estos resultados en tu medio o población local?</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Crees que los pacientes incluidos en el ensayo son suficientemente parecidos a tus pacientes ? 	<p>SI</p> <p>NO</p> <p>NOSE</p>	PREGUNTAS DE DETALLE C/ ¿Ayudan estos resultados?
10	<p>¿Se tuvieron en cuenta todos los resultados en tu medio o población local?</p>	<p>SI</p> <p>NO</p> <p>NOSE</p>	
11	<p>¿Los beneficios a obtener justifican los riesgos y los costes?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es importante que pueda deducirse del ensayo, pero ¿Qué piensas tu al respecto? 	<p>SI</p> <p>NO</p>	

Anexo 2

SUMARIO DE ESTUDIOS SELECCIONADOS

TÍTULO	AUTOR/ AÑO / PAIS	METODOLOGÍA	RESULTADOS
<i>"Airborne route and bad use of ventilation systems as non-negligible factors in SARS-CoV-2 transmission"</i>	G. Correia/ 2020/ Portugal	Estudio descriptivo que evalúa el posible impacto de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) en edificios, como hospitales u otras instalaciones de atención médica, como contribuyentes a la propagación del virus SARS-CoV-2.	<p>Investigación que tiene como hipótesis que la transmisión aérea es posible y que los sistemas HVAC, cuando no se utilizan adecuadamente, pueden contribuir a la transmisión del virus y se describen tres formas hipotéticas en las que los sistemas HVAC pueden contribuir a la transmisión del virus:</p> <p>1) A través de la circulación de aire en compartimentos cerrados con pacientes infectados. 2) A través de la recirculación de aire en los sistemas de ventilación de los edificios. 3) Sistema HVAC aire recirculante para permitir la renovación sistemática de ese aire mediante intercambios con aire fuera del edificio.</p> <p>Se ha informado que los sistemas de ventilación son una forma de transmisión / propagación de enfermedades infecciosas como el sarampión, la tuberculosis, la varicela, la influenza, la viruela y el SRAS, asociados principalmente a una baja tasa de cambios de aire por hora y el mantenimiento deficiente de los sistemas de ventilación.</p> <p>Recomendaciones generales: sugieren que los filtros HEPA se utilicen no solo en los entornos, sino también en los tubos de escape de salida y recomiendan detener la recirculación de aire y aumentar la entrada de aire exterior.</p> <p>Destacan la necesidad de cambios en la operación de los sistemas HVAC para "prevenir la propagación de COVID-19 dependiendo de factores relacionados con los sistemas HVAC o de plomería".</p>
<i>"Analysis on the risk of respiratory virus transmission by airconditioning system operation based on experimental evidence"</i>	Yonghong Jia, Yue Xiang / 2021/ China	Estudio experimental que analiza el mecanismo y riesgo potencial para la salud de la transmisión de virus respiratorios en habitaciones con aire acondicionado.	<p>En esta investigación se evalúa el riesgo de transmisión durante el funcionamiento del sistema de aire acondicionado centralizado, mediante el estudio de la capacidad de transporte de virus y las características de descomposición de las gotitas de patógenos en interiores, los efectos de la temperatura del aire y la humedad relativa sobre la supervivencia del virus en el aire o en las superficies.</p> <p>Recomendaciones generales: 1. Temperaturas de 20 ~ 25 ° C y humedad relativa de 50 ~ 70%, generan que la viabilidad de los virus en el aire y en la superficie es débil y la inactivación es más rápida. 2. La eficiencia del filtro o purificador de aire en el acondicionador de aire centralizado aumenta rápidamente con el aumento del diámetro de las partículas, por lo que un aumento en el número de cambios de aire del aire circulante acelera la eliminación de posibles partículas patógenas. 3. En una condición de buena ventilación como 7 veces / h, la tasa de supervivencia del virus es solo alrededor del 0.1% de la situación inicial, y el riesgo de infección es solo una milésima parte de la situación inicial.</p> <p>El uso científico razonable y seguro de un acondicionador de aire no solo puede crear un entorno de vida cómodo, sino que también reduce eficazmente el riesgo de infección en interiores.</p>
<i>"Best Practices on HVAC Design to Minimize the Risk of COVID-19 Infection within Indoor Environments"</i>	Alexandre Fernandes, Dinis Gaspar/ 2020 / Brasil	Estudio descriptivo que recoge las estrategias / pautas para reducir la contaminación en la unidad de cuidados intensivos (UCI) y en todo el entorno hospitalario.	<p>En esta investigación se aplican pautas de ASHRAE y REHVA a las Lámparas UV-C, Filtración de control de presión, Acciones de baños y Control de humedad para reducir la enfermedad por coronavirus (Covid-19) en UCI. En donde concluyen que los sistemas HVAC desempeñan un papel cada vez más importante para minimizar el riesgo de infección por transmisión aérea dentro del entorno construido.</p> <p>Recomendaciones generales: establecen cuatro estrategias que permiten cambiar el concepto de aire acondicionado contaminante, por el concepto de una herramienta importante para la inactivación de virus en la habitación, 1. Lámparas UVC 2. El Control de presión y renovación / filtración de aire 3. Acciones de baños 4. Control de humedad para prevenir el contagio.</p> <p>Este documento destaca el papel de la calefacción, la ventilación y el aire acondicionado para minimizar el riesgo de infección por transmisión aérea dentro del entorno construido mediante la aplicación de las mejores prácticas.</p>

<p><i>"A numerical study of ventilation strategies for infection risk mitigation in general inpatient wards"</i></p>	<p>Manoj Kumar Satheesan, Kwok Wai Mui / 2020 /China</p>	<p>Estudio experimental que investiga el mecanismo de transporte y los patrones de depósito del coronavirus del síndrome respiratorio de Oriente Medio (MERS-CoV) dentro de un cubículo típico de una sala de hospitalización general de seis camas a través de una simulación numérica.</p>	<p>La investigación demostró que tanto el cambio de aire como las tasas de flujo de aire de escape tienen efectos significativos no solo en el flujo de aire, sino también en la distribución de partículas dentro de un espacio ventilado mecánicamente. Además, la ubicación de un paciente infectado dentro del cubículo de la sala es crucial para determinar el alcance del riesgo de infección para otros ocupantes de la sala. Recomendaciones Generales : 1. Instalar rejillas de escape muy cerca de un paciente, preferiblemente encima de la cama de cada paciente. 2. Para lograr la prevención y el control de infecciones, también se sugiere una alta tasa de flujo de aire de escape. 3. Independientemente del diseño de ventilación, todos los pacientes y cualquier superficie dentro de un cubículo de la sala deben limpiarse y desinfectarse completa y regularmente para eliminar la contaminación microbiana.4. Se recomienda la instalación de lámparas UVGI en el espacio de la sala para mejorar aún más las estrategias de mitigación de riesgos. Los autores aseguran hay una escasez de pautas o estrategias para la ventilación general de las salas una revisión de las prácticas actuales de control de infecciones nosocomiales para zonas presuntamente de bajo riesgo y áreas desprotegidas como una sala general es de suma importancia.</p>
<p><i>"COVID-19 Outbreak and Hospital Air Quality: A Systematic Review of Evidence on Air Filtration and Recirculation"</i></p>	<p>Ehsan Mousavi, Negin Kananizadeh / 2020/ USA</p>	<p>Revisión sistemática de la literatura sobre la seguridad de la filtración y recirculación del aire en las instalaciones sanitarias</p>	<p>La investigación explica la importancia de que la recirculación de aire solo debe usarse en el entorno hospitalario junto con una filtración de aire adecuada, ya que la recirculación pura puede aumentar el riesgo de contaminación debido a movimientos aleatorios de partículas y también puede resultar en una deposición significativa de partículas en las superficies. La ubicación de los filtros de entrada y salida también es importante, ya que el sistema HVAC puede causar diferentes patrones de recirculación en las superficies y el aire contaminado puede provocar la propagación de enfermedades, y la combinación de filtración y recirculación de aire puede reducir este riesgo. Recomendaciones generales: demostrado que la combinación de filtración HEPA y recirculación de aire es extremadamente eficaz en muchas funciones espaciales, estos sistemas limpian el aire al eliminar (es decir, filtrar) y diluir (mediante recirculación) simultáneamente los contaminantes del espacio y se recomiendan los sistemas de filtro HEPA portátiles son otra herramienta eficaz para reducir la carga viral u otros diseños como colar un filtro HEPA portátil que descarga aire en una antesala de plástico portátil justo en la entrada, sistema de este tipo son recomendados por el grupo de trabajo de epidemias de ASHRAE, ya que puede limpiar el aire dentro de la habitación del paciente, mientras crea presión negativa, con respecto a la antesala de plástico. Por lo tanto, se puede lograr tanto la eliminación como la contención del virus.</p>
<p><i>"Identification of SARS-CoV-2 RNA in healthcare heating, ventilation, and air conditioning units "</i></p>	<p>Patrick F. Horve, Leslie G. Dietz /2021/ USA</p>	<p>Estudio experimental que tiene como objetivo evaluar el papel potencial de los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) en la transmisión viral por el aire, determinando la presencia viral, en las unidades de tratamiento de aire en un entorno de atención médica de pacientes con COVID -19.</p>	<p>La presencia de ARN del SARS-CoV-2 se detectó en aproximadamente el 25% de las muestras tomadas de diez ubicaciones diferentes en múltiples manipuladores de aire. Se pudo observar la presencia de ARN viral en los manipuladores de aire, lo que plantea la posibilidad de que las partículas virales puedan ingresar y viajar dentro del sistema de manejo de aire de un hospital. La identificación de SARS-CoV-2 en los componentes de HVAC indica la utilidad potencial de una vigilancia ambiental interior, no obstante, se necesita más trabajo para evaluar más a fondo el riesgo de transmisión del SARS-CoV-2 a través de los sistemas HVAC y para verificar la efectividad de las estrategias de mitigación. Recomendaciones generales: 1. Se sugiere que los administradores de edificios e instalaciones hospitalarias deben revisar sus prácticas de filtración de aire y ventilación en consecuencia. 2. Realización de una evaluación de las prácticas operativas y el equipo de HVAC del edificio y la implementación de mejoras podrían reducir los riesgos de transmisión del entorno construido en el futuro a medida que más edificios vuelvan a abrir o aumenten su ocupación. Este estudio sugiere el potencial para que las UTA sirvan como un lugar para realizar vigilancia viral ambiental para guiar las operaciones de construcción, el comportamiento humano y otras acciones de mitigación de acuerdo con los riesgos relevantes identificados.</p>

<p><i>"Impact of HVAC-Systems on the Dispersion of Infectious Aerosols in a Cardiac Intensive Care Unit"</i></p>	<p>Larisa Anghel, Catalin George Popovici / 2020 / Rumania</p>	<p>Estudio experimental comparativo que evalúa el impacto de la calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) con un sistema de aire primario de volumen de aire variable (VAV), sobre la dispersión de aerosoles infecciosos.</p>	<p>Estudio realizado en una unidad de cuidados intensivos, mediante una simulación transitoria con dinámica de fluidos computacional (CFD), basada en el método de elementos finitos (FEM), proporciona el mecanismo para la propagación de aerosoles infecciosos, y posiblemente de la infección por COVID-19, por los sistemas de aire acondicionado. Recomendaciones generales: 1. La optimización de la ventilación en las unidades de cuidados intensivos. 2. Aumentar el uso de aire exterior y la tasa de cambio de aire. 3. Disminuyendo la recirculación de aire. 4. Utilizar filtros de aire de partículas de alta eficiencia (HEPA), instalando sistemas HVAC con filtros HEPA no solo en las unidades de cuidados intensivos, sino también en espacios de alto tráfico, con el fin de disminuir el número de partículas virales presentes.</p> <p>Se destacan importantes recomendaciones con respecto a la selección de la mejor posición de las rejillas de entrada y salida en un sistema HVAC. Pero afirma que se necesitan más estudios para determinar el impacto de los sistemas HVAC en la transmisión del SARS-CoV-2 en casos reales.</p>
<p><i>"Microbiological Air Quality in Heating, Ventilation and Air Conditioning Systems of Surgical and Intensive Care Areas: The Application of a Disinfection Procedure for Dehumidification Devices"</i></p>	<p>Michele Totaro, Anna Laura Costa / 2019 / Italia</p>	<p>Estudio experimental que evalúa la calidad microbiológica del aire en sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado de áreas quirúrgicas y de cuidados intensivos: la aplicación de un procedimiento de desinfección para dispositivos de deshumidificación.</p>	<p>Los datos de la literatura internacional informan que el aumento del riesgo de infección puede deberse a los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) contaminados por patógenos transportados por el aire. Además, la presencia de ruedas de deshumidificación giratorias complejas (RDW) puede complicar los procedimientos de limpieza y desinfección de los sistemas HVAC.</p> <p>Recomendaciones Generales:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Destaca la necesidad de nuevos procedimientos para la desinfección de ruedas deshumidificadoras giratorias complejas, planificadas e instaladas en los sistemas HVAC, a pesar de que los datos de la literatura no reportan una estrategia de desinfección para los dispositivos internos complejos de los sistemas HVAC. 2. Se sugiere la aplicación de un plan de seguridad para la calidad del aire interior, previniendo el riesgo infeccioso por patógenos aerotransportados en los sistemas HVAC de los hospitales quirúrgicos y áreas de cuidados intensivos.
<p><i>"SARS-CoV-2 indoor contamination: considerations on anti-COVID-19 management of ventilation systems, and finishing materials in healthcare facilities"</i></p>	<p>M. Gola, G. Caggiano / 2020 / Italia</p>	<p>Estudio descriptivo que a partir de las rutas de transmisión del SARS-CoV-2, investiga el análisis y la gestión de riesgos hospitalarios, la calidad del aire interior y la determinación de la carga microbiana, la gestión de superficies y las estrategias en las actividades de limpieza, la gestión de los sistemas HVAC y la eficiencia de los filtros.</p>	<p>El control ambiental del aire y las superficies interiores se convierte en un medio importante para limitar la propagación del SARS-CoV-2, para preservar una calidad microbiológica interior adecuada, una importante estrategia no farmacológica está representada por los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) y los materiales de acabado.</p> <p>Recomendaciones generales: sugeridas por algunas instituciones AICAAR, ISS, ASHRAE, CDC y REHVA, a modo general sugieren tomar en consideración alguna intervención de modernización, en los siguientes ámbitos. 1. Presión de aire negativa en nuevas unidades de aislamiento. 2. Filtración del aire de escape, es decir, si el aire de escape de las salas del hospital y / o áreas infecciosas puede recircular en el hospital o contaminar el ambiente exterior, se deben introducir filtros absolutos en el conducto de expulsión antes el ventilador de extracción. 3. Flujo de aire de recirculación y evitar la contaminación cruzada. Se recomienda cerrar la vía de recirculación. 4. Limpieza de terminales. 5. Prueba de fugas después de la sustitución de filtros absolutos. Con el fin de evitar fugas de aire contaminado, después de cada reemplazo de filtro y periódicamente, se debe realizar una prueba de fugas de acuerdo con la norma ISO 14644 para verificar que no se hayan producido daños en el filtro durante la instalación. 6. Uso de unidades purificadoras de aire ambiental con filtración HEPA. Estas unidades pueden traer y filtrar el aire en la habitación reduciendo la concentración viral local en el aire y respondiendo efectivamente a la necesidad de cada área específica. 7. La ASHRAE destacó la introducción de un filtro en el upstream del sistema de aire acondicionado en las áreas hospitalarias con pacientes con menor riesgo de contraer una infección aérea, y dos o más filtros adicionales en áreas con pacientes altamente vulnerables, ubicados en el upstream y aguas abajo del equipo de aire acondicionado</p> <p>Si el sistema de ventilación está correctamente diseñado y se mantiene limpio para preservar la presión correcta entre las unidades funcionales, puede ser eficaz para eliminar los agentes infecciosos transportados por el aire. Los tomadores de decisiones deben tener en cuenta los costos, tanto directos como indirectos.</p>

<p><i>"Sistemas de Acondicionamiento de aire y Ventilación como foco infeccioso de SARS-CoV-2 en Hospitales e Instituciones de Salud"</i></p>	<p>Waldyr Fong Silva, Carlos Alberto Severiche Sierra /2020 / Colombia</p>	<p>Estudio descriptivo en donde se analiza como los sistemas de acondicionamiento de aire, calefacción y ventilación se convierten en posibles focos infecciosos de transmisión del SARS Cov-2 debido a los ventiladores internos con los que cuentan y que generan la corriente de aire forzada que refresca, calienta o ventila el recinto o habitación.</p>	<p>Los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado poseen ventiladores en sus diferentes sistemas para la circulación de aire, que podrían estar ocasionando la movilidad de núcleos de gotas y gotitas respiratorias en el ambiente al cual acondicionan. También indican que estas corrientes de aire forzado pueden poner en suspensión aquellas partículas contaminadas con el virus que se encuentren depositadas en fómites.</p> <p>Recalcan la importancia de que en los hospitales, clínicas e instituciones de salud refuercen estos equipos con sistemas de limpieza y desinfección mediante soluciones de tratamiento de aire que posean purificadores de aire (filtros de alta eficiencia) y dispositivos de desinfección que integren cámaras germicidas con luz ultravioleta de onda corta UVc (200-280 nm), las cuales son sugeridas por la Asociación Internacional Ultravioleta (IUVA) como potente desinfectante que inactiva patógenos como virus y bacterias.</p> <p>Recomendaciones generales: se presentan 4 elementos sobre los cuales se deben hacer las auditorías en hospitales y centros de salud para que no se conviertan en fuentes infecciosas. 1. Diseño de condiciones ambientales según los criterios de Ashrae 170-2013, Ashrae 55; 2. Ventilación adecuada del recinto según los criterios de Ashrae 62; 3. Renovación y suministro de aire fresco exterior hacia los recintos según criterios de la norma Ashrae 62 y DIN 1946; 4. Requerimientos mínimos de diseño de los sistemas de filtración de este tipo de dispositivos según criterios de la norma EN 1822:2009 e ISO 29463.</p> <p>Se deben tomar acciones correctivas en hospitales, clínicas, EPS e instituciones de salud verificando, diseñando o rediseñando sus sistemas de acondicionamiento de aire, calefacción y ventilación bajos los estándares 170-2013 de ASHRAE/ASHE, ASHRAE 55 y 62, DIN 1946 e ISO 29463. Así mismo deben evaluar la posibilidad de reemplazar sus sistemas de filtración de aire por dispositivos o equipos que incorporen lámparas ultravioletas (UVc), sistemas de pre filtros y filtros HEPA que permitan retener y ofrecer efecto germicida que garanticen aire higienizado y sin SARS-CoV-2 presente en sus partículas o moléculas.</p>
<p><i>"The role of air conditioning in the diffusion of Sars-CoV-2 in indoor environments: A first computational fluid dynamic model, based on investigations performed at the Vatican State Children's hospital"</i></p>	<p>Luca Borro, Lorenzo Mazzei / 2021 / Italia</p>	<p>Estudio experimental que tiene como objetivo evaluar el papel de los sistemas HVAC en la difusión del contagio a través de simulaciones de tos por Dinámica de Fluidos Computacional (CFD), tanto las salas de espera como las de los hospitales, modelando escenarios interiores.</p>	<p>En este estudio se utilizó un parámetro específico de índice de infección, para estimar la cantidad de aire contaminado inhalado por cada persona presente en los escenarios interiores simulados y se evaluó el papel potencial de los sistemas de ventilación de aire de escape colocados sobre la boca del paciente que tose.</p> <p>Recomendaciones generales: 1. En ambiente interior, la duplicación del flujo de aire acondicionado permite una reducción relevante (hasta un 77%) en la concentración de masa de gotas dentro de la habitación en comparación con el flujo de aire nominal. 2. En ausencia de aire acondicionado, las partículas más grandes se depositan más fácilmente en el suelo, mientras que para el flujo de aire HVAC de flujo nominal o doble, incluso las partículas más grandes están sujetas a fenómenos turbulentos y siguen el flujo del aire acondicionado que permanecen suspendidas durante más tiempo. 3. En ausencia de un sistema de ventilación de escape local, el aire HVAC -flujo favorece su dispersión turbulenta dentro de la habitación. 4. La presencia de una unidad LEV colocada sobre la cara del paciente muestra una capacidad muy alta para reducir las gotas y el aire contaminado en la habitación, asegurando una ausencia total de exposición al riesgo de contagio para el paciente 5. En las simulaciones basadas en datos CFD cuantitativos, LEV El sistema puede eliminar tanto las gotas como el aire contaminado en los primeros segundos inmediatamente después del episodio de tos.</p> <p>Las simulaciones basadas en CFD para ambientes interiores pueden ser útiles para optimizar el flujo de aire acondicionado y predecir el riesgo de contagio tanto en hospitales / ambulatorios como en otros entornos públicos / privados. El desarrollo de simulaciones CFD 3D en entornos sanitarios puede proporcionar una predicción cualitativa y cuantitativa del riesgo de contagio y una valiosa ayuda para optimizar los procesos de prevención destinados a minimizar el riesgo infeccioso para los pacientes y los profesionales sanitarios durante una pandemia.</p>

<p><i>"Ventilation control for airborne transmission of human exhaled bio-aerosols in buildings"</i></p>	<p>Hua Qian, Xiaohong Zheng/ 2018/ China</p>	<p>Revisión exploratoria que tiene como objetivo actualizar los conocimientos sobre la transmisión de patógenos por vía aérea y la mejora de la eficiencia de la ventilación con respecto a la prevención de infecciones. Introducción.</p>	<p>En este estudio se identificaron las características de la transmisión de enfermedades infecciosas por gotitas, a corto plazo y a largo plazo de enfermedades infecciosas y la función de la ventilación en la eliminación de bioaerosoles en el aire exhalados y la prevención de infecciones cruzadas. Recomendaciones generales: 1. El aumento de la tasa de ventilación puede reducir eficazmente el riesgo de transmisión aérea de largo alcance, mientras que puede ser de poca utilidad para prevenir la transmisión por gotitas. 2. Mantener la dirección del flujo de aire de los cubículos limpios a los cubículos sucios es una forma eficaz de prevenir la infección cruzada entre los cubículos, que se usa ampliamente en las salas de aislamiento de los hospitales. 3. Las mediciones de campo mostraron que la dirección incorrecta del flujo de aire se debía a una mala calidad de construcción o mantenimiento.</p> <p>La ventilación es un medio de ingeniería útil para controlar las infecciones transmitidas por el aire, pero puede que no sea una forma eficiente de controlar la transmisión por gotitas. Una tasa de ventilación más alta reduce el riesgo de infecciones transmitidas por el aire; sin embargo, todavía hay una falta de evidencia científica sobre la tasa de ventilación mínima. La ventilación por desplazamiento no se sugiere para habitaciones de aislamiento. El uso adecuado de los sistemas PV-PE puede reducir significativamente el riesgo de infecciones transmitidas por el aire.</p>
--	--	---	--