Guía de referencia para la calidad de aire interior (CAI) y prevención de riesgos de transmisión de SARS-CoV-2 (COVID-19)

DISTRITOS TÉRMICOS
COLOMBIA

CATALOGACIÓN EN LA PUBLICACIÓN:

Grupo Divulgación de Conocimiento y Cultura Ambiental.
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Distritos térmicos: Guía de referencia para la calidad del aire interior (CAI) y prevención de riesgos de transmisión de SARS COV2 (COVID-19) / Unidad Técnica de Ozono, Ed.: Mariaca Orozco, Hilda Cristina. Bogotá, D. C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021.
50 p.

ISBN impreso: 978-958-5551-29-9
ISBN electrónico: 978-958-5551-30-5

1. distritos térmico **2.** calidad de aire interior **3.** aire acondicionado en recintos **4.** COVID-19 **5.** gestión ambiental **6.** guías ambientales
I. Tit. II. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

CDD: 333

© Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Colombia, 2021

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y divulgación de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización del titular de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento para fines comerciales.

No comercializable. Distribución gratuita

Exención de responsabilidad
Las opiniones aquí expresadas son exclusiva responsabilidad de sus autores, y no expresan la opinión y/o posición institucional de ONUDI, ACAIRE o CIDARE sobre los temas tratados.

Cualquier alusión gráfica o escrita a nombres comerciales de organismos o individuos no implica ni un aval, preferencia o recomendación de ONUDI, ACAIRE o CIDARE respecto marcas, productos o servicios ofrecidos por dichas personas.

Ni ONUDI, ACAIRE o CIDARE, así como los autores y personal del proyecto de Distritos Térmicos en Colombia, asumen responsabilidad legal alguna por la interpretación y uso que se le de al contenido del presente documento.

DISTRITOS TÉRMICOS
COLOMBIA

Guía de referencia para la calidad del aire interior (CAI) y prevención de riesgos de transmisión de SARS-CoV-2 (COVID-19)

El futuro es de todos
Gobierno de Colombia
UPME
ONUDI
ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL
Embajada de Suiza en Colombia
Cooperación Económica y Desarrollo (SECO)

REPÚBLICA DE COLOMBIA

Presidente de la República
Iván Duque Márquez

Ministro de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Carlos Eduardo Correa Escaf

Viceministro de Ordenamiento Ambiental del Territorio
Nicolás Galarza

Director de Cambio Climático y Gestión del Riesgo
José Francisco Charry Ruíz

Coordinadora Nacional de la Unidad Técnica de Ozono
Leydy María Suárez Orozco

Equipo
Unidad Técnica Ozono – Distritos Térmicos en Colombia

Edición
Hilda Cristina Mariaca Orozco

Comité Técnico
Ricardo Baquero Vergara
Bolívar Monroy
Celso Simoes

Desarrollo de Contenido Técnico
Asociación Colombiana de Acondicionamiento de Aire y de la Refrigeración – ACAIRE. Capítulo de Calidad del Aire Interior - CAI: Roberto D´Anetra, Ernesto Porras, Adis Machado, César Ruiz, José Naranjo, Daniel Tello, y Centro de Investigación y Desarrollo de Acondicionamiento de Aire y Refrigeración - CIDARE.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL – ONUDI:

Representante - Oficina para Colombia, Guyana, Perú y Surinam
Cristiano Pasini

Oficial de Desarrollo Industrial
Marco Matteini

Diseño, diagramación y producción
Gray Matter Advertising

Corrección de estilo
María Del Pilar Hernández Moreno

Grupo Divulgación de Conocimiento y Cultura Ambiental
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Esta impresión se realiza con recursos del programa “Distritos Térmicos en Colombia- Fase 2”

El futuro es de todos
Gobierno de Colombia
UNIDAD TÉCNICA OZONO Colombia
upme
ONUDI
ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Embajada de Suiza en Colombia
Cooperación Económica y Desarrollo (SECO)

Contenido

Introducción 7
Alcance 7
1. Mitos y realidades del aire acondicionado y la COVID-19 9
2. Mecanismos de transmisión del SARS-CoV-2 y su relación con la calidad del aire interior 11
2.1. Mecanismos de transmisión del SARS-CoV-2 12
2.2. Herramientas de protección y eliminación de virus 12
2.3. Determinación de la probabilidad de contagio 14
3. Calidad del aire exterior: definición y clasificación 15
3.1. Definición 16
3.2. Clasificación del material particulado 16
3.3. Clasificación de la calidad del aire exterior 16
4. Calidad del aire interior: definición y clasificación 19
4.1. Definición 20
4.2. Clasificación de la calidad del aire interior 20
5. ¿Cómo mejorar la calidad del aire interior? 23
5.1. Acciones para mejorar la calidad del aire interior 24
5.2. Elementos de filtración: definición y selección 24
5.3. Clasificación de filtros 25
5.4. Parámetros para mantener la calidad del aire interior 25
5.5. Plan de inspección de la calidad del aire 28
6. Operación y mantenimiento según el tipo de sistemas de ventilación, climatización o acondicionamiento de aire 29
6.1. Clasificación de sistemas de ventilación, climatización o acondicionamiento de aire 30
6.2. Sistemas de ventilación natural 30
6.3. Sistemas de ventilación mecánica 32
6.4. Sistemas de acondicionamiento mecánico 33
6.4.1. Sistemas divididos 33
6.4.2. Sistemas centrales 34
6.4.3. Sistemas tipo paquete 36
6.4.4. Sistemas portátiles 37
6.5. Equipos complementarios 38
6.5.1. Recuperadores de calor 38
6.5.2. Torres de enfriamiento 39
6.5.3. Ductos y accesorios 40
7. Bioseguridad para el personal de mantenimiento 41
8. Recomendaciones para la ventilación de los espacios interiores 43
1. Aire exterior 44
2. Operación y mantenimiento 44
3. Uso de equipos de ventilación individual 44
4. Adaptaciones y mejoras locativas 45
5. Limpieza y desinfección 45
9. Recomendaciones generales para edificios comerciales 47
9.1. Recomendaciones técnicas generales (edificios comerciales y de enseñanza) 48
9.2. Recomendaciones técnicas generales para residencias (casas, apartamentos u otros asimilables) 49
Referencias bibliográficas 50

Listado de figuras

Figura 1. Representación de gotículas y aerosoles 12
Figura 2. Pirámide tradicional de eliminación de infecciones, adaptada del CDC de Estados Unidos 13
Figura 3. Rangos de humedad relativa óptima para la salud 13
Figura 4. Ingreso y alcances de las partículas PM en las vías aéreas 16
Figura 5. Fuente de enfermedades respiratorias en edificaciones 20
Figura 6. Plan de control de la calidad del aire interior 28
Figura 7. Clasificación de los sistemas de ventilación, climatización o acondicionamiento de aire 30
Figura 8. Sistemas de ventilación natural 31
Figura 9. Sistemas de suministro y extracción 32
Figura 10. Sistemas de acondicionamiento mecánico tipo dividido 34
Figura 11. Sistemas de acondicionamiento mecánico tipo centralizado y tipos de difusores 35
Figura 12. Sistemas de acondicionamiento mecánico tipo paquete 36
Figura 13. Sistemas de acondicionamiento de aire portátiles 37
Figura 14. Sistemas recuperadores de calor 39
Figura 15. Torres de enfriamiento 40

Listado de tablas

Tabla 1. Ecuaciones de probabilidad de contagio 14
Tabla 2. Categorías del aire exterior, según la escala ODA 17
Tabla 3. Eficiencia mínima de filtración, según las condiciones de calidad del aire exterior y el uso del espacio objeto del acondicionamiento 24
Tabla 4. Equivalencia de los diferentes estándares de clasificación de filtros de polvo fino 25
Tabla 5. Equivalencia de los diferentes estándares de clasificación de filtros de alta eficiencia (HEPA) y de ultra alta eficiencia (ULPA) 25
Tabla 6. Requisitos de calidad del aire interior aceptable 26
Tabla 7. Relación de aspectos ambientales y parámetros a estudiar 26
Tabla 8. Valores de referencia y métodos de ensayo de parámetros complementarios asociados con la calidad del aire interior 27
Tabla 9. Recomendaciones de O&M para los sistemas de ventilación natural, frente a la propagación del SARS-CoV-2 30
Tabla 10. Recomendaciones de O&M para los sistemas de suministro, ante la propagación del SARS-CoV-2 32
Tabla 11. Recomendaciones de O&M para los sistemas de acondicionamiento mecánico tipo dividido, frente a la propagación del SARS-CoV-2 33
Tabla 12. Recomendaciones de O&M para los sistemas de acondicionamiento de aire mecánico tipo centralizado, frente a la propagación del SARS-CoV-2 34
Tabla 13. Recomendaciones de O&M para los sistemas de acondicionamiento de aire mecánico tipo paquete, frente a la propagación del SARS-CoV-2 36
Tabla 14. Recomendaciones de O&M para los sistemas de acondicionamiento mecánico tipo portátil, frente a la propagación del SARS-CoV-2 37
Tabla 15. Recomendaciones para los sistemas recuperadores de calor 38
Tabla 16. Recomendaciones de O&M para las torres de enfriamiento, frente a la propagación del SARS-CoV-2 39
Tabla 17. Recomendaciones de O&M para ductos y accesorios, frente a la propagación del SARS-CoV-2 40
Tabla 18. Elementos de protección personal para realizar mantenimiento 42
Tabla 19. Caudales de aire exterior, en L/s por persona y CFM por persona 48

Introducción

La calidad del aire interior tomó relevancia para el mundo por los efectos de la pandemia de COVID-19. En Colombia, el Ministerio de Salud y Protección Social publicó los lineamientos para orientar a la población ante las medidas que se requieren para mitigar la transmisión del virus SARS-CoV-2, contenidas en la Resolución 666 de 2020, que incluye las que buscan favorecer la circulación y el recambio de aire en espacios interiores.

Según estimaciones de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), las personas pasan aproximadamente el 90% del tiempo en espacios interiores, y el aire en estos lugares es hasta cinco veces más contaminado que el aire exterior. Es por eso que normativas nacionales e internacionales relacionadas con la calidad del aire en espacios interiores establecen que los ambientes ocupados por personas deben mantener condiciones que ofrezcan confort térmico (temperatura y humedad relativa), así como un adecuado flujo de aire, lo cual permitirá reducir riesgos de contraer enfermedades causadas por microorganismos aerotransportados y material particulado, entre otros.

Esta guía procura identificar generalidades sobre las condiciones ideales para el ingreso del aire exterior a los espacios interiores, y las características que debe cumplir el aire en el interior de las edificaciones. Aquí encontrará algunas recomendaciones técnicas generales para que los sistemas de ventilación, climatización o acondicionamiento de aire sean una herramienta que reduzca la probabilidad de contagio causada por el SARS-CoV-2.

Alcance

Este documento está dirigido a empresarios, gerentes, jefes de mantenimiento, líderes y responsables del área de seguridad y salud en el trabajo, y tiene el propósito de dar algunas recomendaciones que permitan la toma de decisiones y el cumplimiento de los lineamientos establecidos en la Resolución 666 de 2020, del Ministerio de Salud y Protección Social, sobre el uso de los equipos de ventilación y acondicionamiento de aire en recintos interiores ocupados.

Las consideraciones técnicas se desarrollan para las zonas climáticas y bajo las tecnologías disponibles en Colombia y países de la región andina.

Ante un eventual caso confirmado de COVID-19 en un edificio ocupado, el lector deberá informar a las autoridades de salud, de acuerdo con los protocolos definidos por el gobierno local o nacional.

1. Mitos y realidades del aire acondicionado y la COVID-19

Objetivo del capítulo 1:
Resaltar cómo los sistemas de ventilación y acondicionamiento del aire ayudan a mitigar la propagación del SARS-CoV-2, causante de la COVID-19.

Los sistemas de ventilación y climatización se utilizan para regular la temperatura y la humedad en hogares, edificios, empresas y centros de salud, entre otros, y para purificar los ambientes y reducir la presencia de diferentes virus.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), estos equipos, cuando están bien mantenidos y operados, pueden reducir la propagación de la COVID-19 en espacios interiores. A continuación, se plantean algunos mitos creados por el uso de estos sistemas en época de pandemia:

1.1. Mito: el aire acondicionado es propagador del virus.

Realidad: el equipo en sí mismo, no lo es. Debemos entender que los aires acondicionados son parte de un sistema y, siendo así, existen criterios y medidas que les permiten minimizar o controlar los riesgos de infección. Una de ellas es el aumento de la proporción de aire exterior en la mezcla de aire que ingresa al edificio y su respectiva limpieza antes de ser inyectado al recinto. Otro factor es la ejecución constante del mantenimiento preventivo, basado en la limpieza y desinfección de los equipos. Todo esto complementa, pero no remplaza, las disposiciones ya conocidas de protección respiratoria individual y distanciamiento social. En el caso de las aglomeraciones, estos eventos se convierten en situaciones de alto riesgo de contagio, independientemente del uso o no de aires acondicionados.

1.2. Mito: el aire recirculado de los equipos de aire acondicionado es un potencial portador de la COVID-19.

Realidad: el aire 100% recirculado no es una buena práctica, incluso desde antes de la pandemia. Por esta razón, se deben diseñar y mejorar los sistemas de climatización en función de estándares de calidad de aire que incluyen las tomas de aire externo y los sistemas de extracción y filtración en función del uso de los espacios o edificaciones. Un ejemplo de esto es el sistema de acondicionamiento de aire de los aviones, el cual toma aire del exterior en promedio cada tres minutos y ha demostrado ser seguro para la tripulación y los pasajeros.

1.3. Mito: es necesario cambiar todo el sistema de ventilación de un negocio u hogar.

Realidad: no necesariamente. Solo hay que adaptarlo de acuerdo con las normativas y a las condiciones actuales que hoy son más exigentes. Existen estrategias complementarias como instalar sistemas de filtración adicionales o disponer de equipos autónomos que capturan una gran cantidad de estos virus, en algunos casos con eficiencias del 99,99%. Cualquiera de estas soluciones purifica el aire de los espacios ocupados.

1.4. Mito: ningún filtro es eficaz contra la COVID-19.

Realidad: hay distintas variedades de filtros en el mercado que pueden contribuir a mitigar la propagación del virus. Una alternativa son los tipo HEPA (por sus siglas en inglés) de alta eficiencia, probados bajo estándares para cumplir con la necesidad de filtración y hacer frente a la COVID-19. Asesórese con su proveedor sobre las opciones disponibles.

1.5. Mito: evite el ingreso a lugares con aire acondicionado.

Realidad: Para alcanzar temperaturas de confort es necesario usar mezclas de aire con una alta proporción de aire fresco (exterior). La falta de este tipo de sistemas en espacios cerrados puede generar riesgos asociados con altos niveles de temperatura y humedad, y causar la concentración de partículas y microorganismos por la ausencia de renovación de aire en los espacios.

Tenga en cuenta que gran parte de los sistemas de acondicionamiento de aire cuentan con filtros de alta eficiencia y sus caudales ayudan a diluir los contaminantes, como en los casos de hospitales, centros comerciales y aeropuertos, entre otros.

2. Mecanismos de transmisión del SARS-CoV-2 y su relación con la calidad del aire interior

Objetivo del capítulo 2:
Conocer los mecanismos de transmisión del virus y la influencia de las diferentes condiciones ambientales que permiten prevenir la propagación de la COVID-19.

2.1. Mecanismos de transmisión del SARS-CoV-2

La infección de SARS-CoV-2 tiene diferentes métodos de transmisión, dentro de los cuales se encuentran el contacto, gotas, aire y fómite (objetos), entre otros. Por esta razón, reconocer las vías aéreas de transmisión es fundamental para conocer el mecanismo de acción y establecer estrategias de prevención que reduzcan la probabilidad de contagio.

Los sistemas de ventilación y acondicionamiento de aire tienen una estrecha relación con las siguientes posibles vías de transmisión:

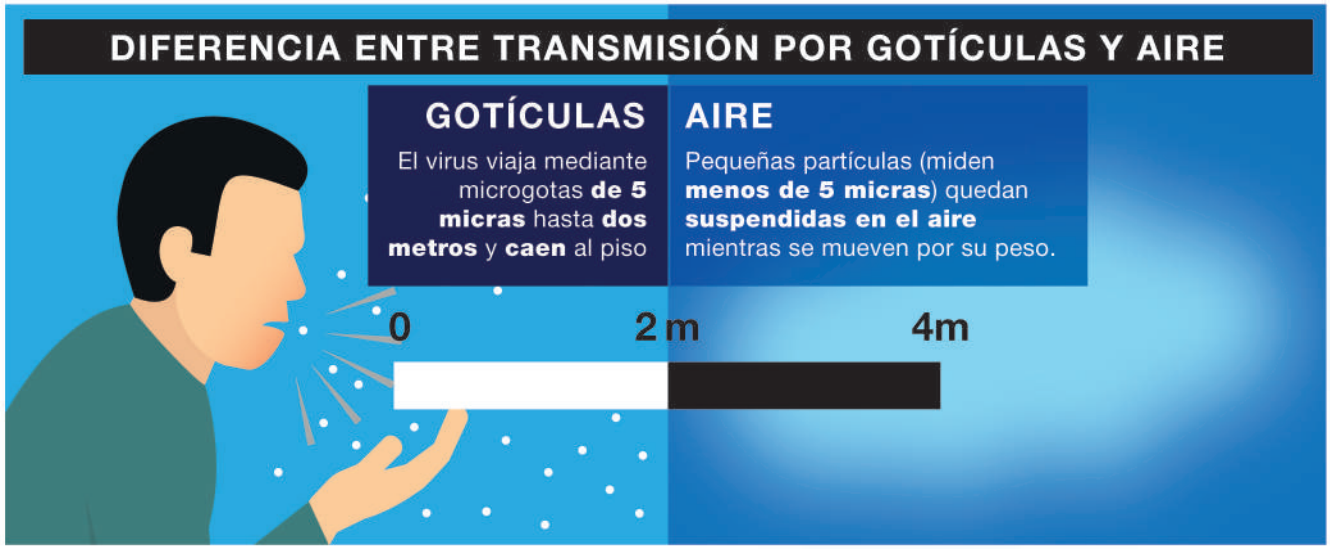
Transmisión por gotas: la OMS la describe como la posibilidad de contacto directo, indirecto o cercano con personas posiblemente contagiadas, a través de secreciones infectadas como saliva o gotas que suelen ser expulsadas cuando se habla, canta, estornuda o tose. Estas gotas respiratorias varían de tamaño y su diámetro oscila entre 5 y 10 µm (micrómetros).

Transmisión por gotículas: puede ocurrir cuando una persona infectada habla desde una distancia menor a un metro con su interlocutor. Las gotículas pueden reposar en objetos cercanos o entran en contacto con boca, nariz o inclusive los ojos de la persona susceptible al contagio. Se denominan gotículas a las secreciones con un tamaño de partícula menor a 5 µm (micrómetros).

Transmisión por vía aérea: incluye aquellas situaciones en las que el agente infeccioso se somete a procesos que pueden generar aerosoles. El virus se mantiene suspendido en el aire durante largas distancias y tiempos.

Según estudios presentados por la OMS, algunos de los brotes estudiados y reportados se relacionan con espacios altamente ocupados, con ventilación inadecuada y tiempos prolongados de exposición con personas infectadas, lo cual favoreció la posibilidad de transmisión por aerosoles.

Figura 1. Representación de gotículas y aerosoles



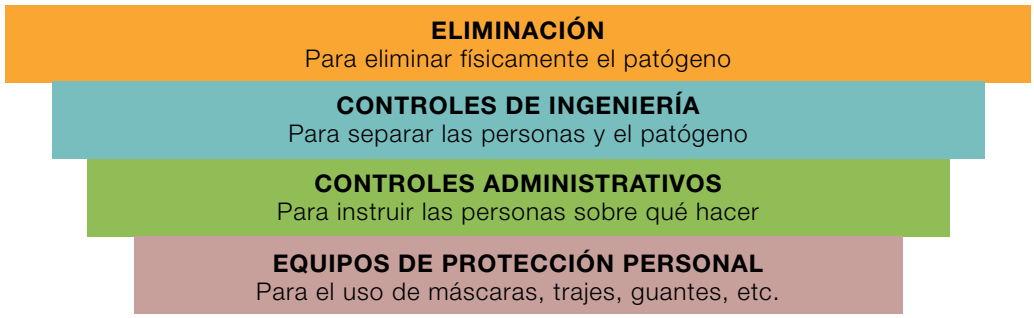
Fuente: Primicias (2020).

2.2. Herramientas de protección y eliminación de virus

El Center for Disease Control and Prevention (CDC), de Estados Unidos, presenta una pirámide de herramientas para eliminar cualquier tipo de virus. Estas medidas se clasifican según su nivel de efectividad, como se identifica en la Figura 2. La eliminación física de la amenaza es la más efectiva de todas, seguida por controles de ingeniería que permitan separar a las personas del patógeno por medio de acciones que involucren sistemas diseñados para tal fin. Una de estas medidas, explícitamente propuesta por la OMS, indica que “la ventilación es un factor importante para ayudar a prevenir que el virus que causa COVID-19 se propague en espacios interiores” .

Estas medidas se deben complementar con acciones administrativas, para generar una cultura de la prevención. Por último, con la misma importancia de las disposiciones anteriores, se encuentra el uso de elementos de protección personal y de máscaras (tapabocas).

Figura 2. Pirámide tradicional de eliminación de infecciones, adaptada del CDC de Estados Unidos



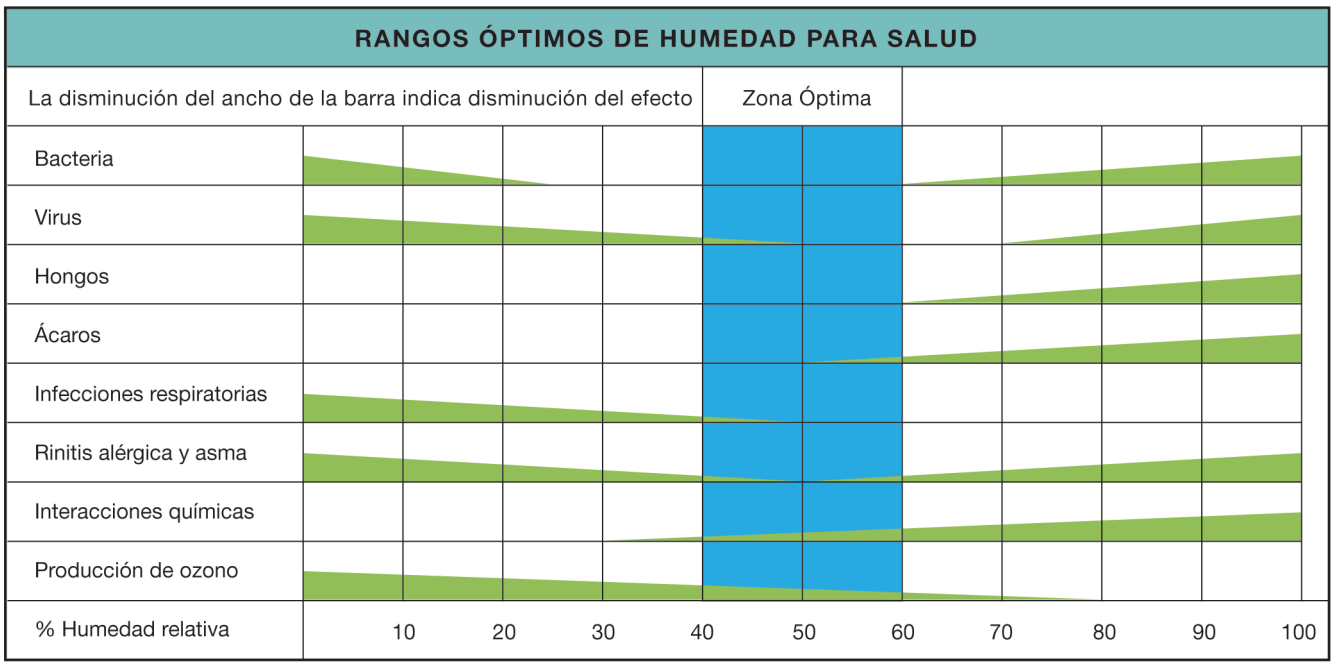
Fuente: adaptada de REHVA (2020).

El uso de sistemas de ventilación o acondicionamiento de aire es una medida de ingeniería para controlar la propagación del virus. El objetivo es hacer una renovación de aire interior (potencialmente contaminado), que se remplaza por aire del exterior (potencialmente no contaminado). Con esto se busca la dilución de partículas portadoras del virus. La OMS recomienda utilizar una mayor tasa de ventilación por medios naturales o mecánicos, preferiblemente sin recirculación del aire.

Las mayores tasas de ventilación con aire externo que se encuentran disponibles a temperatura y humedad muy distintas de las de confort deben complementarse con un control de temperatura y humedad en el ambiente. La investigación de Sterling & Sterling (1985) establece que cuando la temperatura y la humedad relativa están fuera de un rango específico se genera una mayor probabilidad de crecimiento y propagación de virus como el SARS-CoV-2 . La Figura 3 muestra los rangos de humedad óptimos para evitar ambientes propicios al crecimiento de virus.

Es importante señalar que ambientes excesivamente secos o húmedos no proporcionan los niveles óptimos para mitigar la propagación de agentes contaminantes. Se recomienda, por el contrario, operar en una zona de humedad relativa comprendida entre el 40% y el 60%.

Figura 3. Rangos de humedad relativa óptima para la salud



Fuente: adaptada de Sterling & Sterling (1985).

www.distritoenergetico.com

2.3. Determinación de la probabilidad de contagio

La posibilidad de contagio por contacto con una persona portadora del virus siempre está latente, independiente de las condiciones y estrategias implementadas.

A continuación, se presentan algunas ecuaciones disponibles para determinar la probabilidad de contagio:

Tabla 1. Ecuaciones de probabilidad de contagio

DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	
CIBSE 2020 propone que el riesgo de contagio se puede calcular mediante la siguiente ecuación.	**Riesgo = Exposición x tiempo**	
La Organización Mundial de la Salud propone la siguiente ecuación como método de cálculo de la probabilidad de infección.	$P=\frac{D}{S}=1-e^{-\frac{Ipqt}{Q}}$	P= Probabilidad de infección D= Número de casos infectados S= Número de personas en riesgo I= Número de infectados p= Tasa de respiración por persona (m^3/s) q= Tasa de generación cuántica por persona infectada (quanta/s) t= Tiempo total de exposición (s) Q= Tasa de suministro de aire exterior (m^3/s)
La revista Clínicas de Inmunología y Alergias de Norteamérica en su volumen No. 13 própone para el cálculo de probabilidad de infección la siguiente ecuación.	$\text{Infección}=\frac{\text{Dosis x Patogenicidad x Tiempo de permanencia x Local}}{\text{Nivel de resistencia de la persona}}$	

Fuente: CIBSE (2020) y WHO (2009).

Los factores comunes de las ecuaciones se centran en tiempo, exposición y otros factores adicionales que pueden hacerlas más precisas que otras.

De acuerdo con las características del caso que se va a analizar, se sugiere escoger la ecuación que contenga la mayor información posible. El resultado de estos cálculos y estimaciones es puramente probabilístico, y al igual que con las consideraciones presentadas en la sección anterior, la probabilidad de contagio es uno de muchos factores que pueden incidir en la efectividad de las medidas de mitigación.

3. Calidad del aire exterior: definición y clasificación

Objetivo del capítulo 3:
Identificar las condiciones del aire exterior adecuadas para reducir la probabilidad de contagio por vía aérea.

3.1. Definición

El aire exterior ingresa a las edificaciones a través de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de aire. Dependiendo de la ubicación del edificio, este puede contener contaminantes capaces de afectar la salud de las personas. Por eso es importante conocer la calidad del aire exterior disponible para ventilar los espacios.

Por ejemplo, un edificio ubicado en cercanías a avenidas principales, fábricas o ambientes con alta concentración de material particulado, debe ser objeto de un análisis previo que permita definir una estrategia de tratamiento y, en caso extremo, evitar por completo el ingreso de este aire perjudicial para la salud de los ocupantes del edificio.

3.2. Clasificación del material particulado

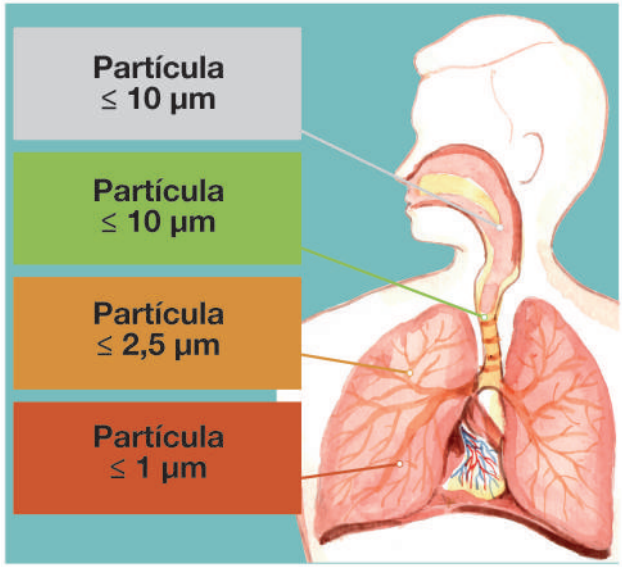
El material particulado es uno de los principales factores que se deben tener en cuenta en la calidad de aire que respiran los ocupantes de un espacio. El valor más utilizado para caracterizar la calidad de aire es el indicador “PMx,x”, asociado con el material que se encuentra suspendido en el aire, clasificado según su tamaño.

Tenemos el caso de las partículas PM_{10}, con un diámetro hasta de 10 µm (micrómetros). Por su tamaño tienen efectos nocivos para el ser humano, ya que son capaces de alcanzar las vías respiratorias hasta la tráquea, y disminuir la capacidad funcional debido a obstrucciones.

De igual manera, el material particulado $PM_{2,5}$ es la principal causa de problemas pulmonares, y es responsable de enfermedades respiratorias, oculares, de piel y, en muchas ocasiones, de cáncer de pulmón; además de ser un vehículo transportador de microorganismos patógenos.

Por último, las partículas PM_1 son las más perjudiciales para el ser humano. Se trata de las partículas más pequeñas presentes en el aire; son capaces de penetrar al sistema cardiovascular.

Figura 4. Ingreso y alcances de las partículas PM en las vías aéreas



Fuente: Eurovent 4/23 - 2017.

3.3. Clasificación de la calidad del aire exterior

La OMS utiliza la escala Outdoor Air Quality (ODA) para clasificar las distintas categorías de la calidad del aire exterior, según el tipo de ambiente del cual se está tomando el aire, como lo indica la Tabla 2.

La presencia de gases contaminantes en el medio ambiente es un factor determinante que afecta la calidad del aire exterior. En los centros urbanos, centros industriales o ciudades se generan gases considerados

contaminantes tóxicos y otros corrosivos. Dentro de los principales gases se encuentran el monóxido de carbono (CO), el dióxido de azufre (SO_2) y los óxidos de nitrógeno (N_2O, NO_2, NO). Cuando su concentración excede los parámetros normales, pueden generar efectos negativos en la piel, ojos y sistema respiratorio, entre otros.

Tabla 2. Categorías del aire exterior, según la escala ODA

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	AMBIENTE TÍPICO
ODA 1	Aire exterior, es adecuado salvo alguna contaminación temporal. Material particulado medida anual de $PM_{2,5} \leq 10\ \mu g/m^3$ y $PM_{10} \leq 20\ \mu g/m^3$	
ODA 2	Aire exterior, con concentraciones altas de partículas y/o gases contaminantes. Material partículado medida anual de $PM_{2,5} \leq 15\ \mu g/m^3$ y $PM_{10} \leq 30\ \mu g/m^3$	
ODA 3	Aire exterior, con concentraciones de gases contaminantes y/o de partículas muy altas. Material partículado medida anual de $PM_{2,5} > 15\ \mu g/m^3$ y $PM_{10} > 30\ \mu g/m^3$	

Fuente: adaptado de Eurovent 4/23 de 2017.

Dependiendo del nivel ODA disponible se deberá recurrir a medios o elementos físicos como los filtros de partículas, explicados en el capítulo 5. Elementos filtrantes, que son capaces de mitigar la entrada de los contaminantes del exterior para evitar afectar la calidad de aire interior.

4. Calidad del aire interior: definición y clasificación

Objetivo del capítulo 4:
Entender cómo se caracteriza la calidad del aire en espacios interiores.

4.1. Definición

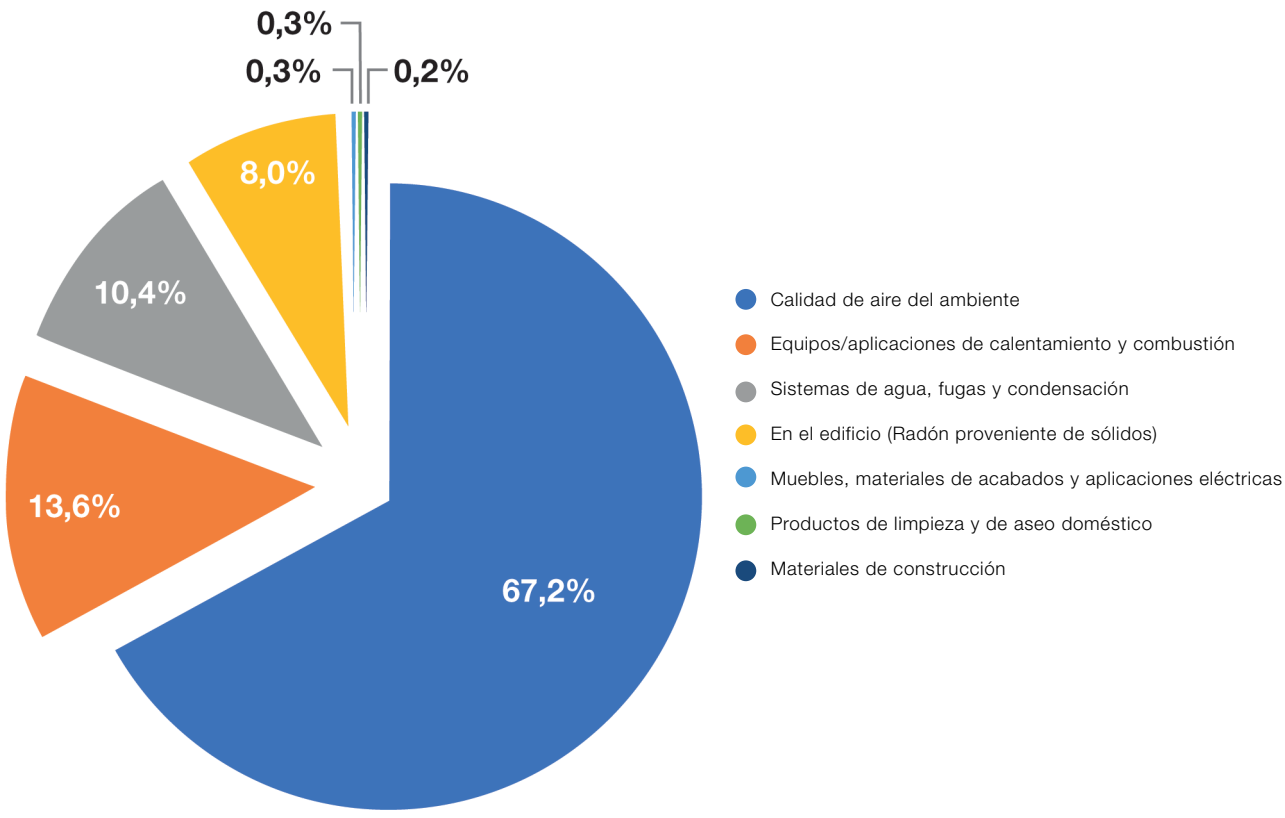
En todos los espacios ocupados por personas se deben garantizar condiciones para tener un ambiente confortable y saludable.

La OMS ha promovido el término síndrome del edificio enfermo, que refleja el conjunto de enfermedades originadas o estimuladas por la contaminación del aire interior en espacios interiores o dentro de los edificios.

La Figura 5 muestra gran parte de las enfermedades respiratorias producidas por este fenómeno. Además, se identifica como la mayor fuente de costos relacionados con incapacidades médicas, ausentismo y reducción del desempeño laboral de las personas.

Por ejemplo, el aumento de alergias y enfermedades respiratorias como el asma puede asociarse con la exposición a contaminantes internos de la edificación y a otros factores relacionados con la alta humedad o la presencia de moho.

Figura 5. Fuente de enfermedades respiratorias en edificaciones



Fuente: Eurovent 4/23 de 2017.

4.2. Clasificación de la calidad del aire interior

El estándar Eurovent 4/23 de 2017 establece una clasificación de la calidad del aire interior (Indoor Air, IDA), según su aplicación.

Por ejemplo, un IDA 1 es usado para procesos de producción de fármacos, mientras que un IDA 2 es suficiente (*) para edificios comerciales. A continuación, se muestra la clasificación de la calidad del aire interior:

IDA 1: para espacios que requieren la máxima calidad del aire, debido a sus procesos y funciones. Aplica para hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.

IDA 2: para espacios que necesitan una buena calidad del aire, debido a la cantidad de tiempo de permanencia de las personas en su interior. Aplica (*) para oficinas, residencias, salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y similares, y piscinas.

IDA 3: para espacios en los cuales, a pesar de tener un gran flujo de personas, es suficiente (*) tener una calidad de aire media, debido a que no hay una alta permanencia dentro del lugar y, por el contrario, los ocupantes están en constante circulación. Se usa para (*) edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.

IDA 4: no es recomendado para ocupación humana. Se usa en lugares en los cuales la calidad del aire es baja. Es para espacios en los cuales, a pesar de tener un gran flujo de personas, es suficiente tener una calidad de aire aceptable.

(*) Dadas las características físicas y la agresividad del SARS-CoV-2 y su propagación, resultará necesario en algunos casos la reclasificación de espacios que funcionaban con nivel IDA bajos, por lo que, por ejemplo, un antiguo espacio IDA 3 deba ahora equiparse para lograr niveles IDA 2 o superiores.

5. ¿Cómo mejorar la calidad del aire interior?

Objetivo del capítulo 5:
Presentar pautas generales para generar una mejor calidad del aire interior en espacios ocupados.

5.1. Acciones para mejorar la calidad del aire interior

Las siguientes estrategias son un punto de partida para aumentar la calidad del aire interior:

i. Eliminar o reducir las fuentes de contaminación provenientes de los materiales de construcción, mobiliario del edificio, electrodomésticos, equipos e insumos de uso frecuente.

ii. Usar sistemas de climatización (aire acondicionado o ventilación mecánica) o ventilación natural para controlar contaminantes generados por el metabolismo de las personas (transpiración, exhalación, sudor, etc.).

a. Los sistemas de climatización deberán tener etapas de filtración de aire acordes con la aplicación y el estado del aire exterior (ver la siguiente sección).

b. Cuando se considere la ventilación natural, deberá tenerse en cuenta la calidad del aire exterior disponible, así como los procedimientos y mecanismos de control de las condiciones de ingreso del aire a las áreas ocupadas.

iii. Definir valores, bajo las recomendaciones de la OMS, para determinar el valor ODA disponible y el IDA deseado, con el fin de establecer un control de concentraciones de contaminantes por medio de mediciones periódicas.

5.2. Elementos de filtración: definición y selección

Los filtros de aire se clasifican, entre otros aspectos, por su eficiencia, es decir, la capacidad para retener material particulado o extraño en el ambiente, que está por encima del tamaño mínimo de la partícula. La clasificación internacional para los filtros de aire es la efficiency Particulate Matter (ePM, por sus siglas en inglés), definida en la norma ISO 16890.

La siguiente tabla sugiere niveles mínimos de eficiencia de los filtros de aire, con referencia a la presencia de material particulado $PM_{2,5}$ y PM_{10}, según el nivel ODA del aire exterior y la calidad del aire interior IDA deseada, y de acuerdo con el uso del espacio ventilado o acondicionado.

Por ejemplo, una farmacéutica cuya calidad de aire interior deseada es IDA1, debido a la naturaleza del negocio, pero que además está ubicada cerca de la zona industrial (ODA3), debe utilizar filtros con eficiencia

Tabla 3. Eficiencia mínima de filtración, según las condiciones de calidad del aire exterior y el uso del espacio objeto del acondicionamiento mínima del 90%. Por supuesto, esta solución es una de las más exigentes.

				SUMINISTRO DE AIRE DESEADO			
				IDA 1 PM 2,5 ≤ 2,5 PM 10 ≤ 5 **(µg/m³)**	**IDA 2** PM 2,5 ≤ 5 PM 10 ≤ 10 **(µg/m³)**	**IDA 3** PM 2,5 ≤ 7,5 PM 10 ≤ 15 **(µg/m³)**	**IDA 4** PM 2,5 ≤ 10 PM 10 ≤ 20 **(µg/m³)**
AIRE EXTERIOR DISPONIBLE	**Categoría**	**$PM_{2,5}$ (µg/m³)**	**PM_{10} (µg/m³)**	**ePM_1**	**ePM_1**	**$ePM_{2.5}$**	**ePM_{10}**
	ODA 1	≤10	≤20	60%	50%	60%	60%
	ODA 2	≤15	≤30	80%	70%	70%	80%
	ODA 3	>15	>30	90%	80%	80%	90%

Fuente: Eurovent 4/23 de 2017.

5.3. Clasificación de filtros

La Unión Europea define dos estándares para clasificar los filtros de aire: 1) EN ISO 16890 y 2) EN 779:2012.

En Estados Unidos se utilizan las escalas de clasificación establecidas en los estándares Ashrae 52.2 o MERV.

Las tablas 4 y 5 muestran el comparativo de la capacidad de filtración, según el estándar utilizado.

Tabla 4. Equivalencia de los diferentes estándares de clasificación de filtros de polvo fino

	Ashrae 52.2	EN779	ISO16890			
			ISO ePM_1	ISO $ePM_{2,5}$	ISO ePM_{10}	ISO Course
Filtros de polvo fino	MERV 5	G3	-	-	-	>80%
	MERV 6-7	G4	-	-	-	>90%
	MERV 8-9	M5	-	-	>50%	-
	MERV 10-12	M6	-	50-65%	>60%	-
	MERV 13	F7	50-65%	65-80%	>85%	-
	MERV 14	F8	65-80%	>80%	>90%	-
	MERV16	F9	>80%	>95%	>95%	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Equivalencia de los diferentes estándares de clasificación de filtros de alta eficiencia (HEPA) y de ultra alta eficiencia (ULPA)

	EN 1822:2011	Eficiencia inicial
Filtros de alta eficiencia (HEPA)	E10	>85%
	E11	<95%
	E12	>99,5%
	H13	>99,95%
	H14	>99,995%
Filtros de ultra alta eficiencia (ULPA)	U15	>99,9995%

*HEPA - High-efficiency particulate air. **ULPA - Ultra-low particulate air.

Fuente: elaboración propia.

5.4. Parámetros para mantener la calidad del aire interior

La norma NIbF 500001 sobre "Control de calidad de aire en interiores en edificios", desarrollada por la Federación de Asociaciones Iberoamericanas de Aire Acondicionado y Refrigeración (Faiar), propone una serie de parámetros y características que debe cumplir un espacio para proteger la salud de los usuarios y, además, brindarles condiciones de bienestar y confort. Esta norma recomienda, como mínimo, la medición de los factores indicados en la Tabla 6.

www.distritoenergetico.com

Tabla 6. Requisitos de calidad del aire interior aceptable

PARÁMETRO	CRITERIO DE CONFORT
Temperatura	Área cálida: entre 23 a 25°C Área fría: entre 21 a 23 °C
Humedad Relativa	30% a 70%
Dióxido de Carbono	Interior - Exterior <600 ppm
Monóxido de Carbono	<5 ppm
Partículas en suspensión PM_5	Interior/Exterior <1,3
Partículas en suspensión $PM_{2,5}$	<20 µg/m3
Partículas en suspensión $PM_{0,5}$	Interior/Exterior <1,5
Bacterias	<600 UFC/m^3
Hongos	<500UFC/m^3

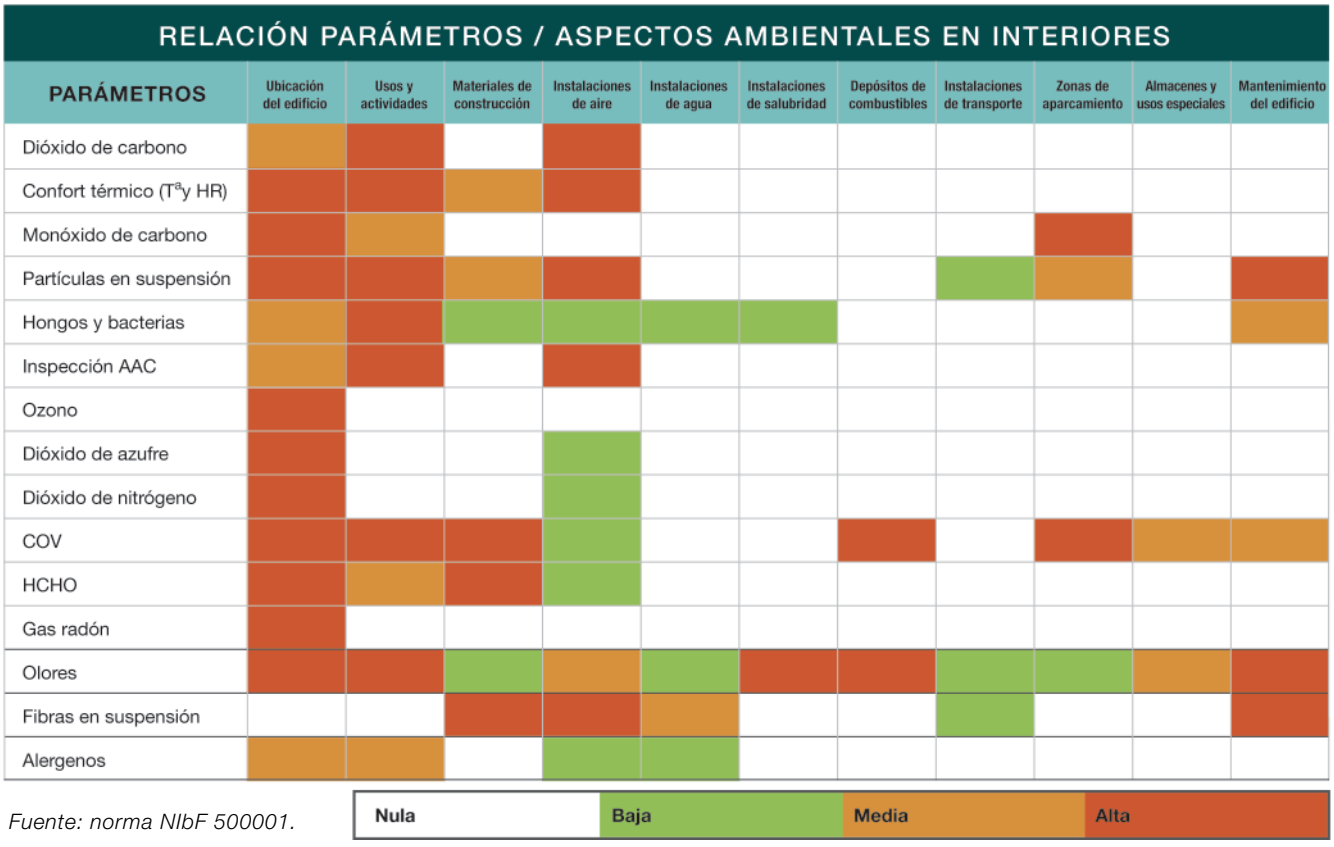
Fuente: norma NIbF 500001.

Monitorear de forma periódica las variables de la Tabla 6 permite reunir información valiosa para la toma de decisiones. Igualmente, se facilita la definición de estrategias enfocadas en la sostenibilidad para mejorar la salud de las personas, aumentar la productividad y optimizar el funcionamiento de los sistemas de climatización.

La norma sugiere medir parámetros inherentes a las condiciones exteriores disponibles y a las condiciones interiores deseadas, las cuales han sido previamente explicadas en los capítulos 3 y 4, para llevar a un nivel óptimo las estrategias de calidad del aire interior.

Por ejemplo, se establece cuándo medir o no cada uno de los parámetros. En el caso del dióxido de carbono, sus fuentes más probables son las condiciones exteriores, que dependen de la ubicación del edificio, en caso de que la construcción se encuentre en una zona de alta concentración.

Tabla 7. Relación de aspectos ambientales y parámetros para estudiar



Fuente: norma NIbF 500001.

www.distritoenergetico.com

Otro ejemplo para analizar es la evaluación de los compuestos orgánicos volátiles (COV), cuyas fuentes probables están relacionadas con la ubicación del edificio y con el uso y actividades que se ejecutan en el espacio ocupado. En las remodelaciones se debe prestar atención a los materiales de construcción y, en un menor porcentaje, a los sistemas de acondicionamiento de aire.

La Tabla 8 registra valores de referencia para algunos de los parámetros complementarios considerados en la norma NIbF 500001:

Tabla 8. Valores de referencia y métodos de ensayo de parámetros complementarios asociados con la calidad del aire interior

PARÁMETRO	MÉTODO DE ENSAYO	CRITERIO VALOR DE CONFORT	CRITERIO VALOR LÍMITE
Evaluación higiénica de los sistemas de climatización	Interior de conductos: gravimetría mediante casetes (método Nadca).	30 mg/100 cm^2	No aplica
	Interior de conductos y al menos un elemento de cada unidad de tratamiento de aire: toma de muestras de hongos y bacterias en superficies.	Hongos: 100 UFC/25 cm^2 Bacterias: 100 UFC/25 cm^2	No aplica
Formaldehído	Captación sobre tubo o solución absorbente y cromatografía de gases en laboratorio o método equivalente con límite inferior de detección por debajo del valor límite recomendado. Difusores pasivos.	0,12 mg/m^3	0,3 mg/m^3
Ozono	Captación sobre filtro o solución absorbente y cromatografía en laboratorio o método equivalente con límite inferior de detección por debajo del valor límite recomendado.	<0,1 ppm	< 0,2 ppm
Total de COV	Captación sobre tubo absorbente y cromatografía de gases en laboratorio o método equivalente con límite inferior de detección por debajo del valor límite recomendado. Tubos o difusores pasivos. Equipo de lectura directa basado en Photo-Ionization Detector (PID.)	<600 µg/m^3	<3000 µg/m^3
Fibras en suspensión	Captación sobre filtro de éster de celulosa y conteo por microscopia óptica o electrónica.	Fibras vítreas artificiales (fibra de vidrio, lana mineral, etc.): 0,1 fib/cc. Amianto: 0,01 fib/cc	No aplica
Olores	Estudio sensorial.	Ausencia de olores molestos	No aplica
Óxidos de nitrógeno	Métodos Niosh; tubos colorimétricos de alta sensibilidad o método equivalente con límite inferior de detección por debajo del valor límite recomendado.	0,2 mg/m^3	No aplica

www.distritoenergetico.com

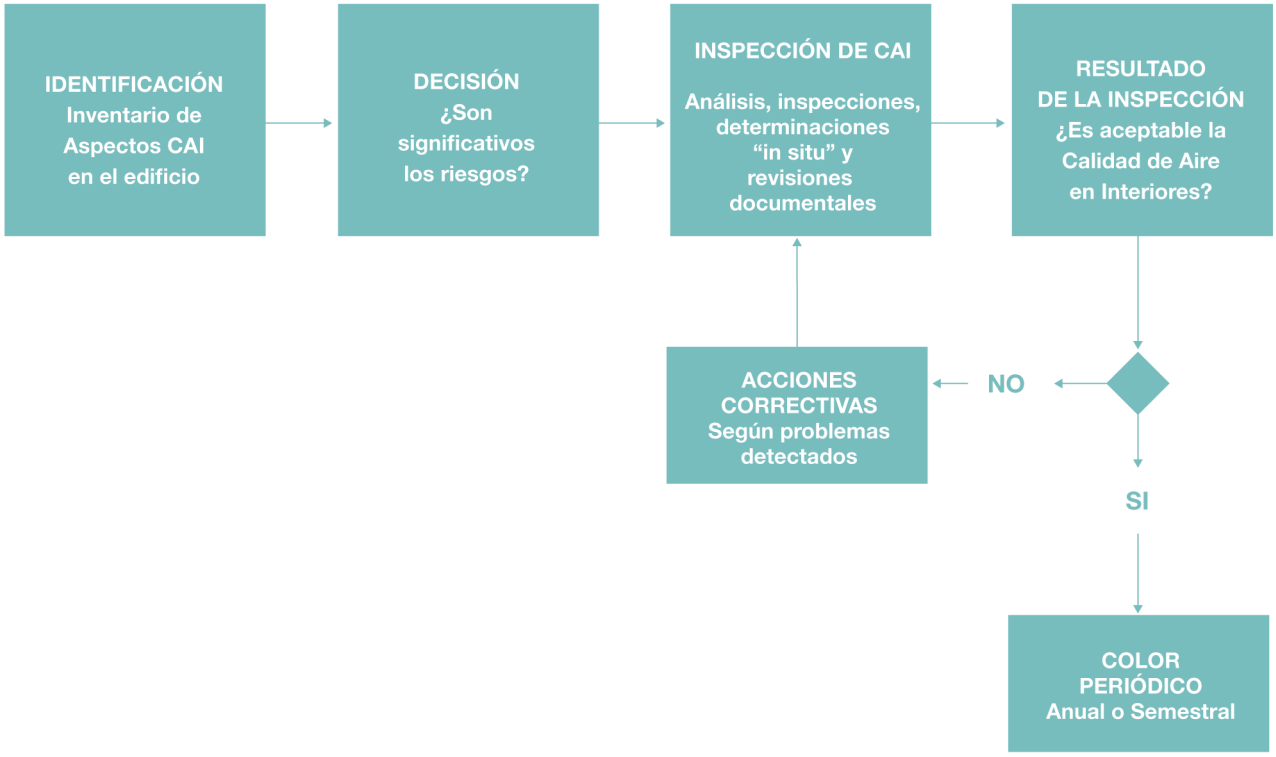
PARÁMETRO	MÉTODO DE ENSAYO	CRITERIO VALOR DE CONFORT	CRITERIO VALOR LÍMITE
Dióxido de azufre	Métodos Niosh; tubos colorimétricos de alta sensibilidad o método equivalente con límite inferior de detección por debajo del valor límite recomendado.	0,5 mg/m^3	No aplica
Gas radón	Detectores de partículas alfa o método equivalente con límite inferior de detección por debajo del valor límite recomendado.	200 Bq/m^3	No aplica

Fuente: norma NIbF 500001.

5.5. Plan de inspección de la calidad del aire

La norma NIbF 500001 establece el siguiente flujograma para el desarrollo de un adecuado plan de inspección de la calidad del aire en interiores, que permite reducir de manera significativa los riesgos asociados:

Figura 6. Plan de control de la calidad del aire interior



Fuente: norma NIbF 500001.

Los resultados del desarrollo de este plan de control en una instalación podrían potenciarse con la asesoría y guía de especialistas en sistemas HVAC, quienes están capacitados para identificar factores de riesgo que no son evidentes para el personal de mantenimiento general.

La valoración de la calidad del aire en interiores es una tarea clave para la identificación y gestión de los riesgos asociados. Estas valoraciones y cualificaciones pueden enfocarse en tres líneas de acción fundamentales: 1) medición de la carga microbiológica en el aire; 2) medición del material particulado suspendido en el aire, y 3) medición de las concentraciones de CO, CO_2 y COV (compuestos orgánicos volátiles).

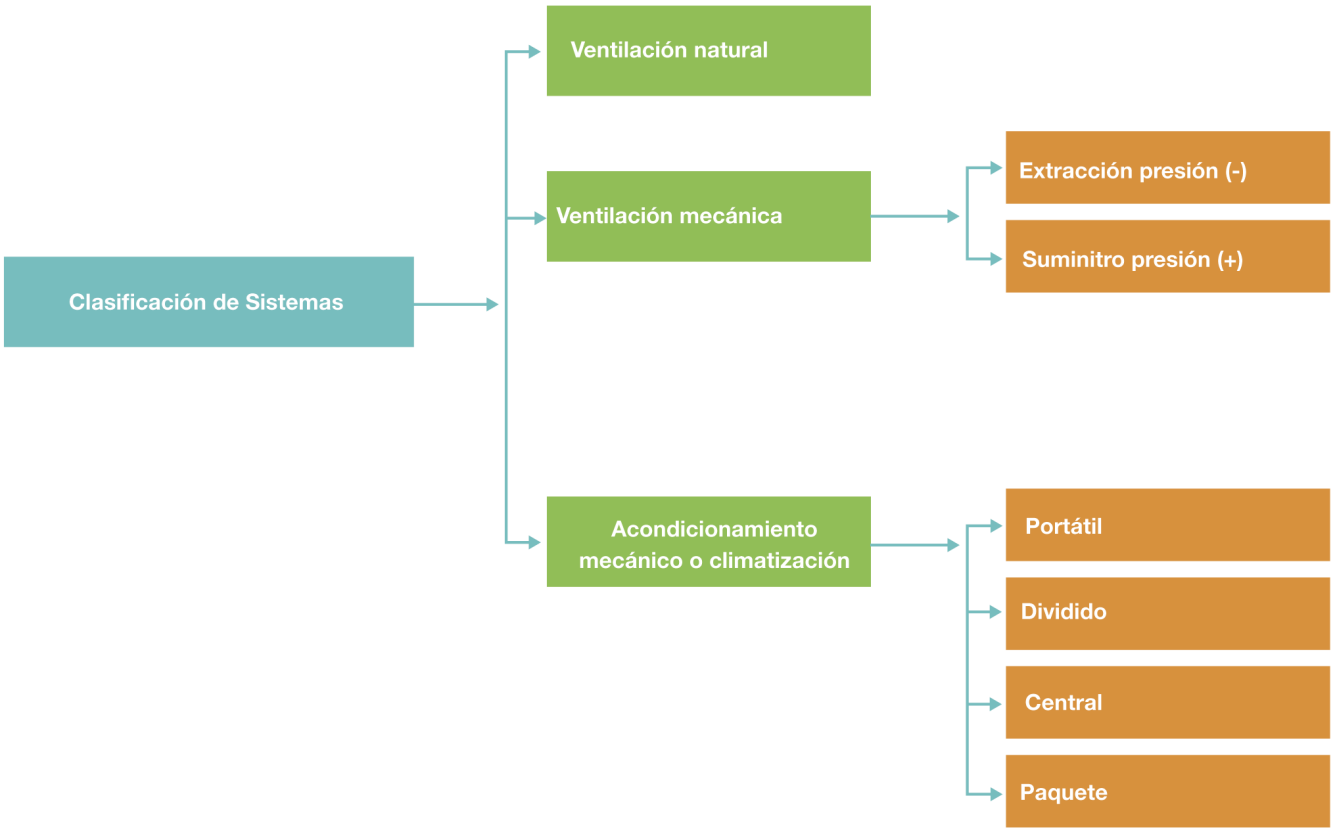
www.distritoenergetico.com

6. Operación y mantenimiento según el tipo de sistemas de ventilación, climatización o acondicionamiento de aire

Objetivo del capítulo 6:
Conocer las disposiciones generales para implementar programas de operación y mantenimiento de los sistemas de ventilación, climatización o acondicionamiento de aire para que puedan reducir la probabilidad de contagio del SARS-CoV-2 en espacios ocupados.

6.1. Clasificación de sistemas de ventilación, climatización o acondicionamiento de aire

Figura 7. Clasificación de los sistemas de ventilación, climatización o acondicionamiento de aire



Fuente: elaboración propia.

6.2. Sistemas de ventilación natural

Los sistemas de ventilación natural se refieren a las aberturas por las cuales ingresa el flujo de aire, como puertas, ventanas y otras partes del edificio que no cuenten con intervención de elementos electromecánicos o ayuda de ventiladores impulsados por motores eléctricos.

Tabla 9. Recomendaciones de O&M para los sistemas de ventilación natural, con respecto a la propagación del SARS-CoV-2

ESTRATEGIA	Ventilación natural
CONFIGURACIÓN	N/A
TIPO DE SISTEMA	Sistema de ventilación natural
RECOMENDACIONES	Mantener puertas abiertas para aumentar el flujo de aire. Las puertas cortafuego deben permanecer cerradas para que cumplan su función y podrán abrirse solo si cuentan con cierre automático.
	Abrir las ventanas antes de ocupar el espacio, con el fin de renovar el aire antes del ingreso de los usuarios.

RECOMENDACIONES	Mantener las ventanas abiertas la mayor cantidad de tiempo posible, siempre y cuando el comportamiento climático lo permita y no genere malestar asociado con la temperatura a los ocupantes del edificio.
	Evitar que los usuarios del edificio se expongan de forma directa a las corrientes de aire, para que obtengan una zona de confort térmico. Si es necesario, reubicar los puestos de trabajo, escritorios y muebles para optimizar las condiciones térmicas.
	En lo posible, contar con ventanas independientes para altos y bajos flujos de aire: ventanas pequeñas en caso de requerir pequeños flujos de aire o porque las condiciones climáticas lo requieran o ventanas grandes para ocasiones en las que se necesite un alto flujo de aire o para ambientes cálidos. Mantener abiertas ambas ventanas con el fin de tener el mayor flujo de aire posible.
	En baños y cuartos de residuos que cuenten con ventanas al exterior es necesario validar la dirección del flujo de aire para garantizar la salida del aire contaminado y, en consecuencia, evitar que permanezca dentro del edificio.

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Sistemas de ventilación natural

VENTILACIÓN NATURAL

Fuente: elaboración propia con adaptación de CIBSE 2020.

www.distritoenergetico.com

6.3. Sistemas de ventilación mecánica

Son sistemas que usan uno o más ventiladores o elementos electromecánicos para la admisión o extracción de aire en un recinto.

6.3.1. Sistemas de suministro y extracción

Este tipo de ventilación mecánica se basa en el suministro de aire del exterior que ingresa al sistema gracias a ductos y se distribuye en los espacios requeridos dentro del edificio. La descarga de aire llega por medio de rejillas o difusores ubicados en el techo, las paredes o el piso de la habitación, dependiendo de la necesidad que se requiere cubrir.

También se encuentran sistemas de extracción usados para renovar el aire en el interior de un espacio. Se busca inducir un flujo que descarga el aire contaminado al exterior del recinto, con el propósito de retirar partículas, olores, etc., utilizando un sistema de ductos y rejillas.

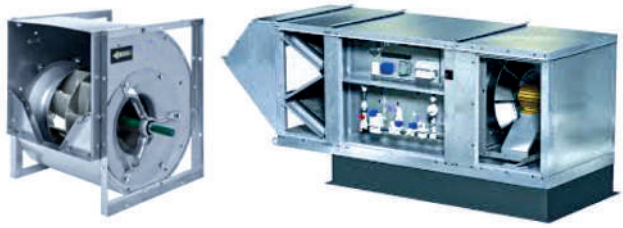
Tabla 10. Recomendaciones de O&M para los sistemas de suministro, ante la propagación del SARS-CoV-2

ESTRATEGIA	Ventilación mecánica
CONFIGURACIÓN	Suministro (+) / Extracción (-)
TIPO DE SISTEMA	Sistemas de suministro o extracción
RECOMENDACIONES	Verifique y elimine suciedad, daños y corrosión en el gabinete del ventilador.
	Verifique el acople del gabinete o carcasa. Realice ajustes de ser necesario.
	Verifique el estado de rodamientos y revise niveles de ruidos. Lubrique de ser necesario.
	Verifique y compruebe la tensión de las correas y el estado y giro de poleas, según el fabricante. Evite que patinen al girar.
	Verifique si hay fugas en las conexiones flexibles. Corrija si se presentan.
	Verifique la operación de amortiguadores de vibraciones. Corrija cualquier defecto de ser necesario.
	Compruebe y revise las condiciones eléctricas de operación, según el fabricante.

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Sistemas de suministro y extracción

SISTEMAS DE SUMINISTRO Y EXTRACCIÓN



Fuente: CIBSE, 2020.

www.distritoenergetico.com

6.4. Sistemas de acondicionamiento mecánico

Son aquellos sistemas que son capaces de modificar las condiciones de temperatura y humedad del aire por medio de diferentes estrategias, para cumplir con las condiciones finales requeridas por el usuario del sistema. También usa elementos electromecánicos para inducir los flujos de suministro o extracción del aire.

Se pueden clasificar así: sistemas divididos, sistemas centrales, sistemas tipo paquete y sistemas portátiles.

6.4.1. Sistemas divididos

Estos son los sistemas de uso más común en Colombia. Por lo general, están conformados por dos secciones: 1) unidad condensadora y compresor, ubicados en el exterior de la edificación, y 2) manejadora de aire o unidad evaporadora, ubicada en el interior del espacio que se va a acondicionar. De ahí que en inglés su nombre sea split, por tratarse de dos equipos separados.

Estos sistemas modifican las condiciones de temperatura y humedad del aire. Lo pueden hacer mediante el uso de refrigerante, que fluye mediante una tubería entre el condensador y la unidad manejadora de aire. El calor del recinto es retirado por el refrigerante a su paso por la manejadora.

Posteriormente, cuando el refrigerante que ha retirado el calor del aire llega a los elementos mecánicos del sistema se logra disipar el calor del ambiente ocupado.

Otros sistemas hacen uso de intercambiadores de agua helada o caliente para enfriamiento o de elementos de calentamiento eléctrico para calefacción.

Dependiendo de los equipos que se usen, el sistema podría captar aire del exterior, recircular el aire que se encuentra al interior del espacio o cumplir con ambas funciones.

Como lo hemos analizado anteriormente, el flujo de aire acondicionado que ingresa al recinto puede ser 100% recirculado, que es el menos recomendable; 100% aire renovado, el cual es ideal, pero con grandes costos energéticos, o ser una mezcla de los dos.

Tabla 11. Recomendaciones de O&M para los sistemas de acondicionamiento mecánico tipo dividido, frente a la propagación del SARS-CoV-2

ESTRATEGIA	Acondicionamiento mecánico
CONFIGURACIÓN	Dividido
TIPO DE SISTEMA	Sistemas de aire acondicionado tipo “DX-expansión directa – UMA”, “ Mini-Split – Evaporador”, “Chiller-agua fría con UMA”
RECOMENDACIONES	Verifique y elimine suciedad, daños y corrosión en el gabinete de la unidad manejadora, el marco del serpentín y la bandeja de la unidad manejadora.
	Verifique el estado del aislamiento termoacústico y compruebe el sellado de los paneles de cierre del gabinete de la unidad manejadora. No debe haber moho ni manchas atípicas.
	Lave el serpentín y las bandejas de condensados de la unidad manejadora mediante la eliminación de biopelículas (biofilm), sin usar productos desengrasantes y corrosivos.

RECOMENDACIONES	Asegúrese de que el serpentín y la bandeja de la unidad manejadora queden limpios, y compruebe el correcto funcionamiento del drenaje de agua de la bandeja.
	Limpie la carcasa y el ventilador (rotor) de la unidad manejadora. Verifique el caudal en operación del equipo, según el proyecto.
	Compruebe y revise las condiciones eléctricas de operación, según el fabricante.
	Revise el estado y la condición de filtros de polvo para el aire, según el fabricante de equipos y las recomendaciones del especialista en HVAC. Corrija o cámbielos si es necesario.
	Mida la presión diferencial (cámbielo si es mayor a la recomendada por el fabricante).

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Sistemas de acondicionamiento mecánico tipo dividido

Fuente: https://branatech.com/blog/otras-preguntas-frecuentes-sobre-los-sistemas-mini-split/.

6.4.2. Sistemas centrales

Estos sistemas están diseñados para que una unidad centralizada (extractor o ventilador) dirija el aire enfriado por unidades de intercambio de calor centralizadas (UMA) a través de ductos distribuidos a lo largo de la edificación, los cuales reparten el aire entre los espacios requeridos.

La unidad manejadora o UMA centralizada se encuentra conectada mediante tuberías que transportan agua helada a varios equipos de uso final del aire acondicionado, que se encargan de modificar las condiciones de temperatura y humedad del aire, así como hacer el proceso de distribución por medio de los ductos. Estos, a su vez, hacen el proceso de suministro al recinto acondicionado por medio de rejillas ubicadas en el techo o en el piso de los salones, dependiendo de la necesidad que se quiera suplir.

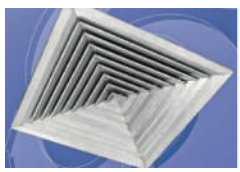
Tabla 12. Recomendaciones de O&M para los sistemas de acondicionamiento de aire mecánico tipo centralizado, ante la propagación del SARS-CoV-2

ESTRATEGIA	Acondicionamiento mecánico
CONFIGURACIÓN	Central
TIPO DE SISTEMA	Cuartos de máquinas de aire acondicionado con unidad UMA central.

RECOMENDACIONES	Verifique y elimine tierra, agua y cuerpos extraños en el recinto.	
	Verifique y elimine obstrucciones en el retorno y la entrada de aire externo. Limpie la cara del paso de flujo del aire.	
	Verifique y limpie el calentador y humidificador de aire. Si aplica.	
	Compruebe y elimine suciedad, daños y corrosión en redes, tuberías e instalaciones.	
	Verifique el funcionamiento de la válvula de control. Ajuste, de ser necesario.	
	Purgue el aire en la red de agua del sistema y revise el tanque de agua de reposición.	
	Verifique el estado de filtros, prefiltros y mallas en la toma de aire externo. Realice cambios de ser necesarios y verifique la fijación.	
	Mida la presión diferencial (cámbielo si es mayor a la presión recomendada por el fabricante del filtro para evitar obstrucción total del flujo o descarga del material filtrado en caso de falla).	
	Si cuenta con compuerta de aire de retorno (dámper)	Compruebe y elimine suciedad, daños y corrosión. Verifique su correcto funcionamiento.
		Verifique que exista un flujo de aire libre. Mida el flujo.
	Si cuenta con compuerta cortafuego	Verifique el certificado de prueba.
		Compruebe y elimine la suciedad en los elementos de cierre, bloqueo y reapertura.
	Si cuenta con compuerta de aire por gravedad (persianas automáticas).	Verifique la posición del indicador de estado (abierto o cerrado).
		Compruebe y elimine suciedad, daños y corrosión.
		Verifique el accionamiento mecánico.

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Sistemas de acondicionamiento mecánico tipo centralizado y tipos de difusores

DIFUSORES SISTEMAS CON DUCTO	UNIDADES DE MANEJADORAS CENTRALIZADAS
 DIFUSOR DE TECHO DIFUSOR DE PISO DIFUSOR DE PARED	

Fuente: elaboración propia con adaptación de CIBSE, 2020, e información de http://daikin.com.mx/productos/unidades-manejadoras-de-aire-ahu/.

www.distritoenergetico.com

6.4.3. Sistemas tipo paquete

Son sistemas que contienen los cuatro elementos del circuito básico de refrigeración en un solo gabinete (condensador, evaporador, compresor y elemento expansor). Con este sistema se evita el uso de tubería y otras partes para conectar las unidades. El más común es el equipo de ventana para aplicaciones domésticas, cada vez más en desuso. Se reitera que, dependiendo de la sofisticación u obsolescencia, estos equipos pueden mezclar en diferentes proporciones aire exterior con aire interior, antes de suministrarlo al recinto que se quiere acondicionar.

Tabla 13. Recomendaciones de O&M para los sistemas de acondicionamiento de aire mecánico tipo paquete, de cara a la propagación del SARS-CoV-2

ESTRATEGIA	Acondicionamiento mecánico
CONFIGURACIÓN	Paquete
TIPO DE SISTEMA	Sistemas de aire acondicionado tipo “paquete condensado remoto” y “aire de ventana”.
RECOMENDACIONES	Verifique y elimine suciedad, daños y corrosión en el gabinete de la unidad paquete, el marco del serpentín y la bandeja de la sección del evaporador.
	Verifique el estado del aislamiento termoacústico y compruebe el sellado de los paneles de cierre del gabinete de la unidad. No debe haber moho ni manchas atípicas.
	Lave el serpentín y las bandejas de condensados de la unidad acondicionadora con eliminación de biopelículas (lodos), sin usar productos desengrasantes y corrosivos.
	Limpie la carcasa y el ventilador (rotor) en la sección evaporadora. Verifique el caudal en operación del equipo, según el fabricante.
	Revise el estado y la condición de filtros de polvo para el aire, según el fabricante de equipos y las recomendaciones del especialista de HVAC. Corrija o cámbielos si es necesario.

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Sistemas de acondicionamiento mecánico tipo paquete

UNIDADES TIPO PAQUETE

Fuente: https://paquetesdeaireacondicionado.com/aire-acondicionado-tipo-paquete.

www.distritoenergetico.com

6.4.4. Sistemas portátiles

Estos sistemas se limitan a recircular el aire dentro de los espacios, es decir, que no usan aire del exterior, probablemente por la ausencia de ventanas o aperturas en techos o paredes. Su uso está orientado al confort térmico (controlando temperatura y humedad). Estos equipos son incapaces de garantizar el control de patógenos en el recinto donde se usen. Por tal razón, en estos sistemas es indispensable contar con filtros de alta eficiencia, con el fin de contener partículas y contaminantes.

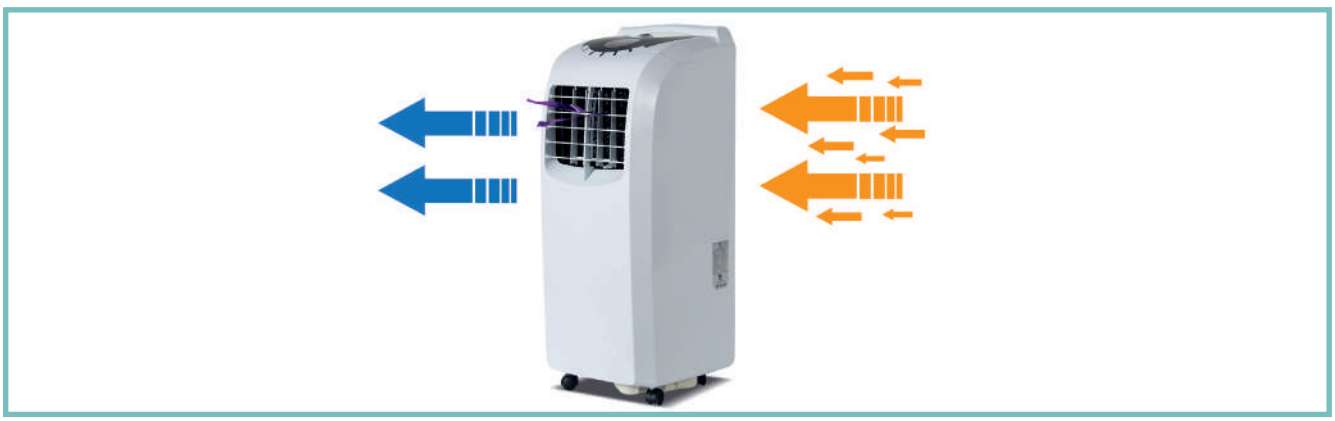
Tabla 14. Recomendaciones de O&M para los sistemas de acondicionamiento mecánico tipo portátil, frente a la propagación del SARS-CoV-2

ESTRATEGIA	Acondicionamiento mecánico
CONFIGURACIÓN	Portátil
TIPO DE SISTEMA	Sistema autocontenido portátil
RECOMENDACIONES	Ubique la unidad en un lugar que permita la libre circulación, en caso de requerirse algún servicio médico. Tampoco debe bloquear la puerta de acceso al recinto.
	Direccione el aire que sale de la unidad para evitar molestias a los usuarios del espacio.
	Cambie el filtro de alta eficiencia, según recomendaciones del fabricante del equipo.
	Mantenga todas las puertas de la habitación cerradas, tanto como sea posible.
	Asegúrese de que el panel operativo esté orientado hacia la habitación y que no esté obstruido.
	Ubique la unidad lo más cerca posible del espacio que se va a acondicionar, debido a que generalmente no tiene un gran alcance a distancia.

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Sistemas de acondicionamiento de aire portátiles

SISTEMAS ACONDICIONADORES DE AIRE PORTÁTILES



Fuente: https://www.goodhousekeeping.com/appliances/g21286604/best-portable-air-conditioner/

www.distritoenergetico.com

6.5. Equipos complementarios

Estos equipos se usan para complementar los sistemas anteriormente nombrados. Su uso depende de los requerimientos del usuario final y de las condiciones que se quieran brindar al ambiente.

Algunos equipos complementarios son:

6.5.1. Recuperadores de calor

Son sistemas utilizados en épocas de baja temperatura, principalmente, necesarios para brindar calefacción a algunos espacios. Son ideales debido a que su principio de funcionamiento aprovecha el calor del aire que se está extrayendo de la habitación para precalentar el flujo del aire exterior, reduciendo así la energía necesaria para calentar los ambientes.

Además de ser sistemas enfocados en el ahorro energético, permiten la recirculación de una porción del aire que se está extrayendo, para que se mezcle con el aire de suministro, dependiendo de las necesidades del espacio por intervenir.

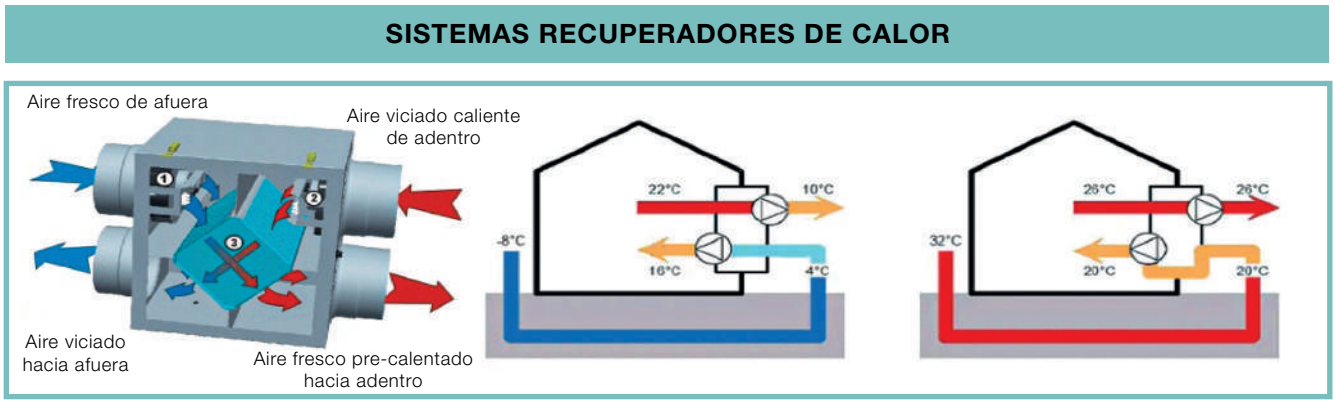
Según su tecnología, estos dispositivos pueden provocar que las sustancias nocivas presentes en el flujo de aire que se extrae del recinto sean absorbidos por el aire fresco que se inyecta y, por lo tanto, devueltas al recinto.

Tabla 15. Recomendaciones para los sistemas recuperadores de calor

ESTRATEGIA	Equipo complementario
CONFIGURACIÓN	N/A
TIPO DE SISTEMA	Sistemas recuperadores de calor
RECOMENDACIONES	Remueva cualquier escombro o restos de materiales que puedan estar en las cubiertas de entrada y salida del equipo. Realice una inspección y ajuste a las unidades del ventilador y a las partes del motor.
	Reemplace los filtros, de acuerdo con los tiempos establecidos por el fabricante. Verifique la ubicación de los filtros respecto al punto de mezcla de los aires caliente y frío.
	Remueva las impurezas y el polvo, y limpie a los núcleos del intercambiador.
	Verifique el buen funcionamiento del equipo después de realizar el mantenimiento.

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Sistemas recuperadores de calor



Fuente: https://ovacen.com/recuperadores-de-calor-conceptos-basicos-y-definicion/.

6.5.2. Torres de enfriamiento

Estos equipos utilizan el agua como refrigerante. A través del contacto entre el agua en circulación de un proceso y una corriente de aire, se disipa el calor contenido en el agua a la atmósfera.

Su principio de funcionamiento se basa en tecnología amigable con el medio ambiente, debido a que al usar agua como fluido refrigerante no aporta emisiones de SAO.

Salvo contadísimas excepciones, el agua de torre no entra en contacto directo con los flujos de aire caliente de los recintos. Sin embargo, su operación y mantenimiento sí expone a un nivel de riesgo a todo el personal que se acerque a estos equipos, estén funcionando o no. Estos aspectos se desarrollan en detalle en el capítulo 7.

Tabla 16. Recomendaciones de O&M para las torres de enfriamiento, ante la propagación del SARS-CoV-2

ESTRATEGIA	Equipo complementario
CONFIGURACIÓN	N/A
TIPO DE SISTEMA	Torres de enfriamiento
RECOMENDACIONES	Verifique y elimine suciedad, daños y corrosión en estructura y ventilador.
	Verifique la limpieza y el estado del tanque o piscina de agua. Esto es importante, porque se podría generar un ambiente óptimo para la creación de colonias de Legionella dentro de las biopelículas que se forman en el agua. Esta bacteria crece en medios acuáticos con temperaturas entre 20°C y 50°C. La temperatura de 35 °C brinda un mayor riesgo.
	Verifique y recomiende la utilización de sistemas de filtración para el agua recirculada.

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Torres de enfriamiento

TORRES DE ENFRIAMIENTO

Fuente: https://ovacen.com/recuperadores-de-calor-conceptos-basicos-y-definicion/.

6.5.3. Ductos y accesorios

Los ductos son elementos que se usan para transportar el aire desde los equipos hasta los espacios que se va a acondicionar. Usualmente son metálicos y su forma puede ser rectangular, circular u ovalada, dependiendo de los requerimientos de diseño con los que se cuente.

Normalmente se usan en sistemas donde la distancia entre el punto de generación del frío y el punto de uso final están separados por un trayecto en el que el tendido de tubería de agua o refrigerante no se justifica. No todos los sistemas de aire los utilizan.

Tabla 17. Recomendaciones de O&M para ductos y accesorios, frente a la propagación del SARS-CoV-2

ESTRATEGIA	Equipo complementario
CONFIGURACIÓN	N/A
TIPO DE SISTEMA	Ductos y accesorios
RECOMENDACIONES	Compruebe y elimine suciedad (interna y externa), daños y corrosión de la red de conductos.
	Compruebe el sellado de las puertas de inspección en funcionamiento normal.
	Verifique y elimine daños al aislamiento térmico. Compruebe el sellado de las conexiones.
	Verifique rejillas o difusores de aire para suministro y retorno de aire.
	Compruebe y elimine suciedad, daños y corrosión; verifique los dispositivos de control y que haya equilibrio en las rejillas y difusores.

Fuente: elaboración propia.

7. Bioseguridad para el personal de mantenimiento

Objetivo del capítulo 7:
Presentar y entender los elementos de protección personal necesarios para ejecutar de manera segura los procedimientos de mantenimiento de los sistemas de ventilación, acondicionamiento de aire o climatización.

Todas las labores de mantenimiento deben realizarse bajo protocolos basados en las normativas vigentes del Ministerio de Salud y Protección Social.

Debido a la alta probabilidad de encontrar material microbiológico en los filtros y entrar en contacto directo con patógenos y virus, el personal de mantenimiento se encuentra expuesto a un alto riesgo de contagio. Se recomienda utilizar una protección especial en el momento de realizar inspecciones o cambios en los filtros de extracción.

Una de las principales recomendaciones al momento de realizar los procedimientos de mantenimiento es garantizar que el sistema de ventilación esté apagado y verificar que no exista riesgo de ponerlo en operación accidentalmente.

Igualmente, es indispensable usar elementos de protección personal para riesgos biomecánicos y biológicos.

La Tabla 18 muestra las recomendaciones de los elementos mínimos de protección personal que se deben usar durante el mantenimiento, para evitar riesgos biológicos:

Tabla 18. Elementos de protección personal para realizar mantenimiento

Higiene de manos	Gorro quirúrgico	Respirador N95	Mascarilla quirúrgica	Protección facial u ocular (monogafas/careta)	Uniforme o vestido quirúrgico	Bata antifluidos	Guantes	Zapato cerrado lavable
Permanente	Permanente	Recomendable	Permanente	Permanente	Permanente	Recomendable	Permanente	Permanente

Fuente: elaboración propia.

Una vez finalizada la labor de mantenimiento se debe garantizar la adecuada disposición de estos elementos.

Para la manipulación, transporte y disposición final de filtros usados y otros elementos se recomienda el uso de bolsas con sello para evitar esparcir las partículas de material microbiológico y la contaminación de otros espacios. Estas deberán ser llevadas a los puntos establecidos de recolección.

8. Recomendaciones para la ventilación de los espacios interiores

Objetivo del capítulo 8:
Establecer las recomendaciones generales para los espacios interiores ocupados, independiente de su uso y tipo de equipo.

Existe una alta probabilidad de que el virus del SARS-CoV-2 se transmita por el aire, de acuerdo con los puntos expuestos en el capítulo 2 de esta guía.

Con el fin de reducir la presencia del virus en ambientes interiores se sugiere actualizar los programas de operación y mantenimiento de los sistemas de ventilación, climatización o acondicionamiento de aire bajo las recomendaciones planteadas en el capítulo 6.

A continuación, se presentan algunas sugerencias aplicables a todo tipo de sistema y según el uso de cada recinto.

1. Aire exterior

En los espacios interiores se debe mantener la máxima contribución posible de aire exterior, mediante ventilación natural o los sistemas de ventilación. Si solo se dispone de ventilación natural, se puede maximizar el caudal de renovación del aire abriendo ventanas y puertas.

2. Operación y mantenimiento

Se recomienda desinfectar diariamente las superficies de retorno y de impulsión (ductos) de los sistemas y realizar semanalmente una limpieza y desinfección del interior del equipo. Estas frecuencias pueden modificarse en función de las horas de uso, el tipo de usuarios y la ocupación del espacio.

Para los sistemas que trabajan 100% con aire recirculado es necesario extremar su limpieza y desinfección y realizar esta tarea como mínimo con una frecuencia diaria. Si los equipos de climatización disponibles no pueden trabajar solo con aire exterior, se deberá asegurar la limpieza diaria de todos los elementos.

Se debe tener en cuenta la dirección del flujo de aire frío, con el fin de no generar una reacción sistemática que pueda causar falta de confort o reacciones involuntarias en los ocupantes.

Es recomendable cambiar los diferentes filtros de las unidades de ventilación y equipos de tratamiento del aire, dependiendo del tipo de filtro que se esté usando y la especificación técnica que brinde el fabricante. Por lo general, el estado de un filtro se determina haciendo una medición de la presión diferencial. Es importante hacer esta medición periódicamente, con el fin de garantizar la eficiencia del filtro en su funcionamiento. Cuando el equipo funcione con filtros M5 o G4 antes del serpentín, se recomienda cambiarlos mensualmente; en caso de ser filtros MERV 13 (F7), deben reemplazarse cada siete u ocho meses.

Se sugiere verificar la ubicación de los filtros respecto al punto de mezcla de aire viciado (de retorno)/aire fresco.

Es recomendable validar la calidad de aire interior en las diferentes áreas climatizadas de la edificación, con herramientas de medición y monitoreo.

Los servicios sanitarios (baños) deben contar con buena ventilación. En caso de tener sistemas de extracción forzada del aire, el extractor deberá funcionar durante todo el día para evitar el ingreso de aire viciado a otras zonas.

3. Uso de equipos de ventilación individual

No se recomienda el uso de ventiladores (de aspas, de pie, de sobremesa, etc.), debido a que el flujo de aire que generan a su alrededor pueden ser una fuente de dispersión de gotículas. Si es necesario su uso, se deben operar a la menor velocidad posible y complementarlos con una ventilación natural cruzada, de forma que el flujo de aire generado no se dirija directamente hacia las personas, vigilando además que la posición del ventilador no facilite la transmisión del virus entre grupos.

Se debe minimizar o evitar, en la medida de lo posible, la recirculación del aire en las unidades de tratamiento de aire que se utilizan para acondicionar y hacer circular el aire como parte de un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado. Lo anterior se debe a que, aunque las secciones de recirculación estén dotadas de filtros del aire de retorno, estos filtros normalmente no retienen el virus de forma efectiva.

Se recomienda evitar los sistemas descentralizados como fan-coil o splits, porque solo recirculan el aire interior calentándolo o enfriándolo. Si su uso es necesario, se debe evitar producir corrientes de aire de alta velocidad dirigidas directamente a los ocupantes. Hay que limpiarlos/desinfectarlos periódicamente, para lo que se recomienda, mediante bayeta, una limpieza y desinfección diaria de las superficies externas de los equipos con los productos habituales de limpieza y desinfección. Así mismo, semanalmente se debe desinfectar el filtro. Estas frecuencias pueden variar en función de las horas de uso, del tipo de usuario y de la ocupación del espacio.

En caso de tener que recircular el 100% del aire dentro de las áreas climatizadas, se debe considerar la instalación de unidades portátiles de recirculación de aire con filtros HEPA, teniendo en cuenta los caudales de aire mínimos requeridos en el área climatizada, con el fin de determinar la capacidad y número de unidades necesarias.

4. Adaptaciones y mejoras locativas

Los puntos de descarga de las extracciones de aire viciado deben estar alejados de las tomas de aire exterior. En el caso de que estén próximas, se debe interponer una barrera para impedir la recirculación del aire.

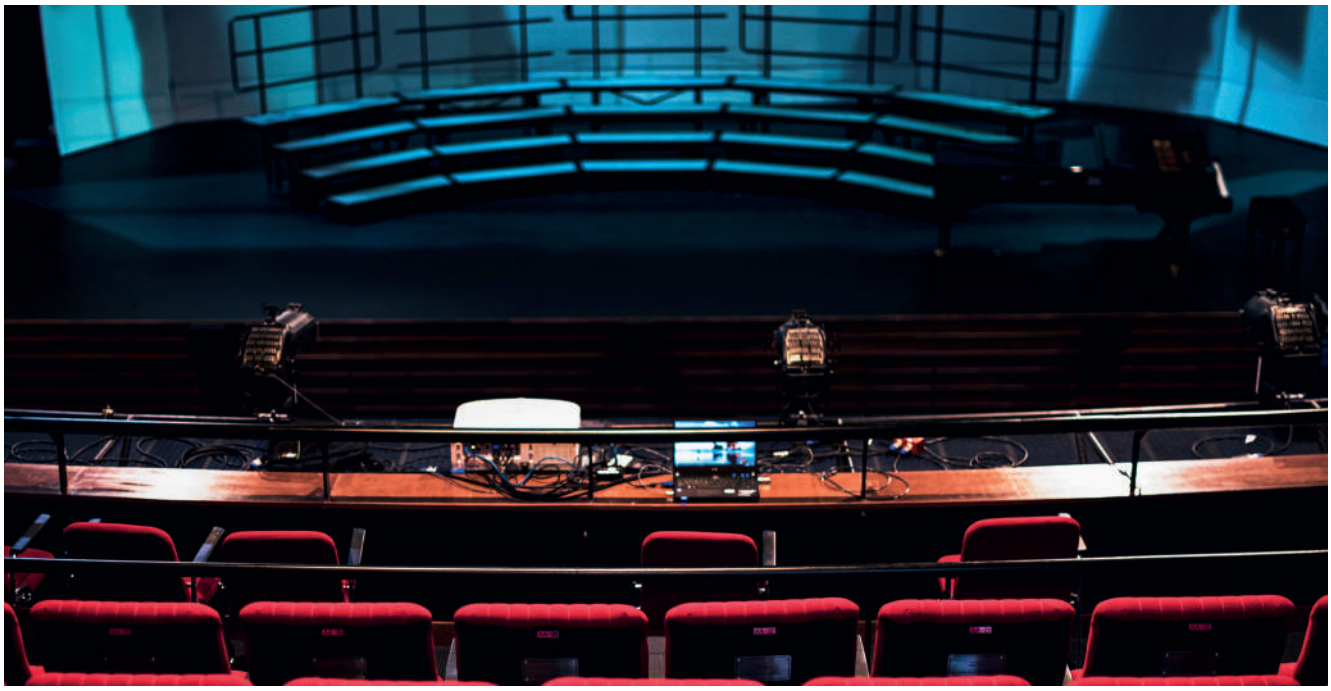
Por otro lado, se deben identificar todas las posibles fuentes externas de contaminación que puedan generar un impacto negativo. Por ejemplo, sistemas de extracción de baños, cocinas, cuartos de residuos u otras fuentes de edificios o locales vecinos. Esta actividad puede ser realizada por el personal de gestión de riesgos o del sistema de seguridad en el trabajo.

5. Limpieza y desinfección

Se recomienda considerar la implementación de tecnologías alternativas para la desinfección de superficies, así como tecnologías activas de desinfección de aire u otras técnicas que cuenten con soportes de estudios científicos y cumplan estándares que garanticen su efectividad.

Es importante tener en cuenta que algunas medidas de desinfección para la prevención del virus generan una alta carga de compuestos orgánicos volátiles, lo que conlleva un riesgo adicional en la salud de las personas, debido a la alta concentración de sustancias agresivas para tejidos y mucosas humanas.

Por esta razón, se recomienda realizar mediciones periódicas de estas concentraciones y usar sustancias desinfectantes de grado hospitalario para las actividades de limpieza de superficies, pero con propiedades biodegradables, no irritantes ni inflamables ni tóxicas ni corrosivas.



9. Recomendaciones generales para edificios comerciales

Objetivo del capítulo 9:
Sugerir recomendaciones generales para edificaciones de alto flujo de personas.

Estas recomendaciones aplican para cada una de las tipologías de edificios tratados en esta guía. Su implementación deberá tomarse como una buena práctica de ingeniería, operación y mantenimiento de sistemas de climatización en edificaciones.

Se sugiere aplicar lo establecido en la instrucción técnica IT 1.1.4.2, "Exigencia de calidad del aire interior", de la Guía de Buenas Prácticas de Ingeniería 09 de Acaire (Reglamento Técnico de Instalaciones Térmicas en Edificaciones [RITE], versión ajustada para Colombia), y los procedimientos descritos para calcular y comprobar las tasas mínimas de ventilación con aire exterior descritos por los estándares 62.1 y 62.2, de 2019, de Ashrae .

Cualquiera de los procedimientos descritos a continuación servirá como base para obtener la cantidad de aire exterior mínima requerida:

i. Procedimiento de tasa de ventilación.

Permite calcular la cantidad de aire exterior, que dependerá del tipo y uso del área climatizada, el nivel de ocupación y el área superficial.

ii. Procedimiento de calidad del aire interior (CAI).

Permite calcular la cantidad de aire exterior con base en un análisis de fuentes y límites de concentración de contaminantes, y en el nivel de aceptabilidad percibida del aire interior.

iii. Procedimiento de ventilación natural.

Permite calcular la cantidad de aire exterior por medio de aberturas hacia el exterior del edificio o área climatizada. También acepta el uso de sistemas de ventilación mecánica como complemento para cumplir con los requerimientos mínimos del área.

9.1. Recomendaciones técnicas generales (edificios comerciales y de enseñanza)

i. Aumentar la ventilación con aire exterior y el flujo de aire total para incrementar la capacidad de dilución de contaminantes en el área climatizada.

ii. Se sugiere tomar como referencia la instrucción técnica IT 1.1.4.2.3, "Caudal mínimo del aire exterior de ventilación", de la BPI 09 del RITE. Para el caso concreto de oficinas, hoteles y similares, salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables, con una calidad de aire IDA2 (véase el capítulo 4), el caudal mínimo del aire exterior de ventilación sugerido es de 7,5 CFM por persona en el área climatizada.

Al incrementar la ventilación con aire exterior se deberán tener en cuenta las condiciones originales de diseño, con el objetivo de mantener los rangos de confort aceptables en variables como temperatura, humedad relativa y velocidad del aire.

Tabla 19. Caudales de aire exterior, en L/s por persona y CFM por persona

Categoría CAI (IDA)*	L/s por persona	CFM por persona
CAI 1 (IDA1)	No aplica	No aplica
CAI 2 (IDA2)	3,6 a 4,8	7,5 a 10
CAI 3 (IDA3)	2,4 a 3,6	5 a 7,5
CAI 4 (IDA4)	<2,4	<5

4 Se pueden consultar en https://www.ashrae.org/technical-resources/standards-and-guidelines/read-only-versions-of-ashrae-standards

*CAI: calidad de aire interior (IDA, por sus siglas en inglés).

Fuente: BPI 09 del RITE.

iii. Mejorar el sistema de filtración a un nivel mínimo de eficiencia MERV-13 o al más alto nivel de eficiencia posible, asegurando que los filtros estén instalados adecuadamente. Evitar aberturas entre el filtro y su marco que puedan dar paso al aire exterior sin ser filtrado. Generalmente, al aumentar la eficiencia de los filtros, la diferencia en la caída de presión generada por el cambio es pequeña y el sistema debería continuar operando con normalidad. Sin embargo, es necesario verificar y validar que el diseño y las características de los equipos electromecánicos puedan responder ante esta nueva condición. En caso de que el sistema ya cuente con filtración MERV 13 o superior y que no sea posible medir la vida útil del filtro y su nivel de uso y desgaste, se recomienda reemplazarlo por un filtro nuevo, siguiendo los intervalos establecidos en los planes de mantenimiento preventivo.

iv. Proporcionar aire exterior todos los días, durante cierto tiempo, antes y después de la ocupación de los edificios.

v. Deshabilitar el sistema de control de toma de aire exterior por demanda y ajustarlo manualmente para que el sistema de climatización cuente siempre con el valor más alto de aire exterior calculado.

vi. El rango de temperatura del área climatizada deberá estar entre 21° y 25° Celsius, y una humedad relativa entre el 40% y el 60%. Se debe monitorear la humedad y evitar al máximo estar por debajo del 40% de humedad relativa (ver la Figura 3).

vii. Optimizar la distribución de aire en el área climatizada, de tal manera que se obtenga una mezcla homogénea de aire que permita diluir adecuadamente los contaminantes presentes en el área. Lo anterior implica revisar y ajustar la ubicación de difusores y la orientación de rejillas de retorno y extracción de aire. La utilización de difusores de alta inducción puede resultar útil.

9.2. Recomendaciones técnicas generales para residencias (casas, apartamentos u otros asimilables)

i. Ventilar baños, cocinas, vestidores y cuartos de lavado con sistemas de ventilación mecánica como campanas con salida al exterior y ventiladores de extracción, preferiblemente.

En algunos casos, es posible encontrar campanas de cocina que no cuentan con descarga al exterior. No evacuar los humos y vapores de la cocina constituye una mala práctica, además genera corrientes que favorecen la propagación del virus por vía aérea.

ii. Eliminar fuentes de contaminantes en parqueaderos o cuartos de almacenamiento cercanos a tomas de aire exterior o sistemas de climatización que puedan favorecer el ingreso de aire contaminado al interior de la residencia.

iii. Minimizar actividades relacionadas con electrodomésticos que generen humo de combustión como parrillas, chimeneas o áreas para fumar.

iv. Siga las recomendaciones del capítulo 8, según el tipo de sistema que use.

Referencias bibliográficas

- Asociación Colombiana de Infectología (ACIN). (2020). Elementos de protección personal que debemos usar en la atención de pacientes durante la pandemia COVID-19. Recuperado el 6 de septiembre del 2020, de: https://www.acin.org/images/guias/coronavirus/elementos_de_proteccion_26.pdf.

- Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (Acaire). (2018). BPI 09 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificaciones (RITE). Recuperado de: https://acaire.org/acaire2018/pdf/BPI-09-RITE.pdf.

- Ashrae. (2019). American Society of Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Ansi/ Ashrae Standard 62.1-2019 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.

- Ashrae. (2019). American Society of Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Ansi/ Ashrae Standard 62.2-2019 Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Residential Buildings.

- Atecyr. (2020). Guía de Atecyr de recomendaciones de operación y mantenimiento de los sistemas de climatización y ventilación para edificios de uso no sanitario para la prevención del contagio por SARS-CoV-2. Recuperado el 27 de mayo de 2020, de: https://www.atecyr.org/actualidad/noticias/noticia-atecyr.php?nid=1277

- Cibse. (2020). Ventilation guidance. Recuperado el 25 de junio de 2020, de: https://www.cibse.org/coronavirus-covid-19/emerging-from-lockdown.

- Eurovent 4/23. (2017). Selection of EN ISO 16890 rated air filter classes for general ventilation applications.

- Federación de Asociaciones Iberoamericanas de Aire Acondicionado y Refrigeración (Faiar). (2018). Norma NIbF 500001, sobre control de calidad de aire interior en edificios.

- Primicias. (2020). ¿Qué significa que la COVID-19 se transmite por vía aérea? Recuperado de: https://www.primicias.ec/noticias/tecnologia/que-significa-covid-transmita-por-via-aerea/.

- Rehva COVID-19 guidance document. (2020). How to operate HVAC and other building service systems to prevent the spread of the coronavirus (SARS-CoV-2) disease (COVID-19) in work places?

- Sterling, E. M., Arundel, A. y Sterling, T. D. (1985). Criteria for human exposure to humidity in occupied buildings. Ashrae transactions, 91 (1), 611-622. Recuperado el 25 de julio de 2020, de: http://www.pro.net/sterlingiaq.com/html/photos/1044922973.pdf.

- UNE. (2017). Eficiencia energética de los edificios, ventilación de los edificios. Parte 3: para edificios no residenciales.

- WHO. (2020). Severe Acute Respiratory Infections Treatment Center. Recuperado el 27 de mayo de 2020, de: https://www.who.int/publications-detail/severeacute-respiratory-infections-treatment-centre.

DISTRITOS TÉRMICOS
COLOMBIA

ISBN: 978-958-5551-29-9

El futuro es de todos
Gobierno de Colombia

UNIDAD TÉCNICA OZONO Colombia

upme

ONUD
ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
Embajada de Suiza en Colombia
Cooperación Económica y Desarrollo (SECO)