

REVISIÓN DEL ROL DE LA VENTILACIÓN EN AMBIENTES DE TRABAJO (CONTEXTO COVID-19)

ACTUALIZACIÓN ENERO 2022

**REVISIÓN DEL ROL DE LA VENTILACIÓN EN
AMBIENTES DE TRABAJO (CONTEXTO COVID-19)**

AUTOR:

Ing. Pablo Zúñiga Moreno.
Sección Seguridad en el Trabajo.
Depto. Salud Ocupacional.

REVISIÓN DEL ROL DE LA VENTILACIÓN EN AMBIENTES DE TRABAJO (CONTEXTO COVID-19)

1. INTRODUCCIÓN

En marzo de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró que la enfermedad COVID-19 causada por el brote de un nuevo coronavirus **SARS-CoV-2** puede caracterizarse como una pandemia, debido a sus características de propagación y gravedad. Los coronavirus son una familia de virus zoonóticos que pueden causar afecciones con síntomas similares a los de un resfrío común hasta enfermedades más severas, como es el síndrome respiratorio agudo severo. En el caso particular de la COVID-19, la OMS ha informado que los síntomas más comunes asociados a esta enfermedad son fiebre, tos, cansancio y pérdida del gusto y del olfato, además de otros menos comunes tales como dolores de cabeza y garganta, y diarrea, entre otros. En adición, hay casos de personas que desarrollan esta enfermedad y no presentan los síntomas mencionados, a los cuales se les ha denominado como asintomáticos los que incluso han sido informados en los reportes emitidos por el Ministerio de Salud de Chile (MINSAL), en forma periódica.

La presente Nota Técnica es una versión actualizada de la nota publicada el 02 de noviembre de 2021, donde se incluye la versión más reciente emitida por la OMS en relación con las formas de propagación del virus SARS-COV-2 y la importancia que ha adquirido la ventilación al agregarse al conjunto de medidas de prevención para minimizar los contagios en entornos laborales.

2. OBJETIVO

Esclarecer el rol de la ventilación en el contexto de las medidas de prevención que la autoridad sanitaria ha indicado como básicas para minimizar el riesgo de contagio de COVID-19.

3. MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE LA COVID-19

OMS indica que esta enfermedad es causada por el virus SARS-CoV-2, el cual se propaga entre personas de varias formas diferentes [4]:

- La evidencia actual sugiere que el virus se propaga principalmente entre personas quienes están en **contacto estrecho** una de la otra, por ejemplo, a una **distancia conversacional**. El virus se puede propagar desde la boca o nariz de una persona infectada en pequeñas partículas líquidas cuando tosen, bostezan, hablan, cantan o respiran. Otra persona puede entonces entrar en contacto con el virus cuando las partículas infecciosas que pasan a través del aire son inhaladas en un **rango corto** (esto a menudo es llamado **transmisión por aerosoles de corto alcance** o **transmisión aérea de corto alcance**) o si las partículas infecciosas entran en contacto directo con los ojos, nariz o boca (**transmisión por gota**).

- El virus también se puede propagar en **espacios interiores mal ventilados** y/o **llenos de personas**, donde las personas suelen pasar largos periodos de tiempo. Esto es porque los aerosoles pueden permanecer suspendidos en el aire o viajar más allá de la distancia conversacional (esto es a menudo denominado **transmisión por aerosoles de largo alcance** o **transmisión aérea de largo alcance**).
- Las personas podrían también ser infectadas cuando tocan sus ojos, nariz o boca **después de tocar superficies u objetos** que han sido contaminados por el virus.

En la Figura N°1 se ejemplifican los mecanismos y escenarios mencionados anteriormente.

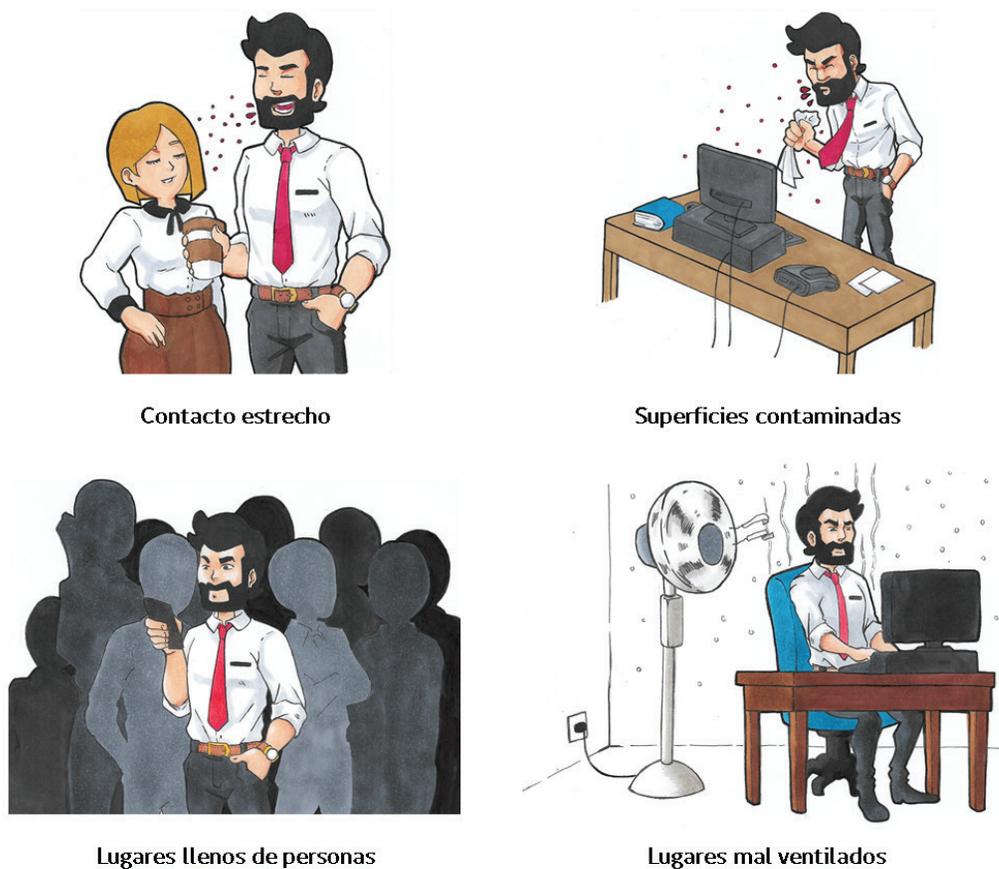


FIGURA N°1:

Esquematación de las formas de transmisión indicadas por OMS

4. VENTILACIÓN EN ESPACIOS LABORALES

La ventilación se puede definir como un proceso en que ocurre el intercambio de volúmenes de aire entre el ambiente exterior e interior de un espacio cerrado, con el objetivo de **generar** un ambiente confortable o **proteger** la salud de los trabajadores frente a la exposición a contaminantes peligrosos.

En general, un espacio cerrado puede ser ventilado de forma **natural** o **artificial**. La ventilación natural es producida principalmente por el **movimiento** que genera la presión del aire (viento) y/o diferencias de temperatura, a través de puertas, ventanas u otras aberturas cuyo propósito sea el ingreso o salida de aire, en ausencia de medios mecanizados para producirla artificialmente. En cambio, la ventilación artificial es producida por el **movimiento mecánico** del aire mediante un ventilador. En lugares como oficinas y otros similares, la ventilación se complementa con sistemas de calefacción o enfriamiento y normalmente a este conjunto de equipos se les denomina **HVAC**, de las siglas en inglés *Heating Ventilation Air Conditioning*.

En el ámbito laboral, la ventilación se clasifica en dos tipos: **ventilación general y ventilación localizada**. El objetivo de la ventilación general es la renovación o recambio del volumen completo de aire de un espacio cerrado con la finalidad de diluir la contaminación y/o controlar su temperatura ambiente. En ambientes tipo oficinas, su uso se extiende a manejar la **confortabilidad**, es decir, mantener una calidad del aire interior aceptable, lo cual contempla controlar principalmente parámetros como la temperatura, humedad, contaminantes atmosféricos, olores emitidos por las personas y/o lugares como baños y cocinas, en valores estándares aceptables (ASHRAE 62.1-2019). Por otro lado, la **ventilación localizada** se utiliza para controlar los focos de contaminación en su origen o cercanías y así impedir que ésta se disperse por el espacio laboral. En el marco de la Salud Ocupacional, es el método de control por excelencia para hacer frente a la exposición de trabajadores a **riesgos químicos**. Además, en el caso de los recintos hospitalarios, se emplea para el control de agentes biológicos.

En el contexto de la pandemia COVID-19, es la ventilación general la que ha sido contemplada tanto por la OMS como por la Autoridad Sanitaria de Chile como una de las medidas de prevención consideradas para mitigar los contagios de la COVID-19.

5. VENTILACIÓN GENERAL

En términos de confortabilidad, la ventilación general es ampliamente utilizada en ambientes como oficinas, tiendas comerciales, supermercados, recintos de uso público (cines, teatros, entre otros). Por otro lado, en recintos hospitalarios se agrega el rol de controlar la calidad del aire en función de la criticidad de cada área en específico, para proveer protección tanto a los pacientes como al personal de salud [3], lo que en este contexto es relevante para minimizar o eliminar el riesgo de transmisión de infecciones que puedan propagarse por el aire.

En recintos donde las personas son el principal foco de contaminación, este tipo de ventilación considera el recambio del **aire viciado por aire externo limpio**, con el objetivo de mejorar la calidad del aire al diluir los **efluentes humanos** que se perciben como olores corporales desagradables. El aire externo puede ser inyectado de forma natural o forzada, siendo más efectivo utilizar ventilación artificial debido a que permite un flujo constante de aire exterior, además de controlar y ajustar la temperatura y humedad por medio de equipos que acondicionan el aire (ventilar de forma natural puede ser útil cuando no se cuenta con sistemas mecanizados de ventilación, sin embargo, su uso está fuertemente supeditado a las condiciones ambientales externas (temperatura, contaminación, intermitencia del viento, entre otras), ya que pueden generar molestias en los ocupantes.

En el caso de ventilar artificialmente, se utilizan equipos denominados **Unidades Manejadoras de Aire (UMA)**, las cuales toman aire del exterior, lo acondicionan térmicamente y lo inyectan al interior a través de difusores, ubicados normalmente a nivel de techo¹. En la mayoría de los casos, con fines de mejorar la eficiencia energética del sistema, parte del aire se recircula, tal cual como se muestra en la Figura N°2.

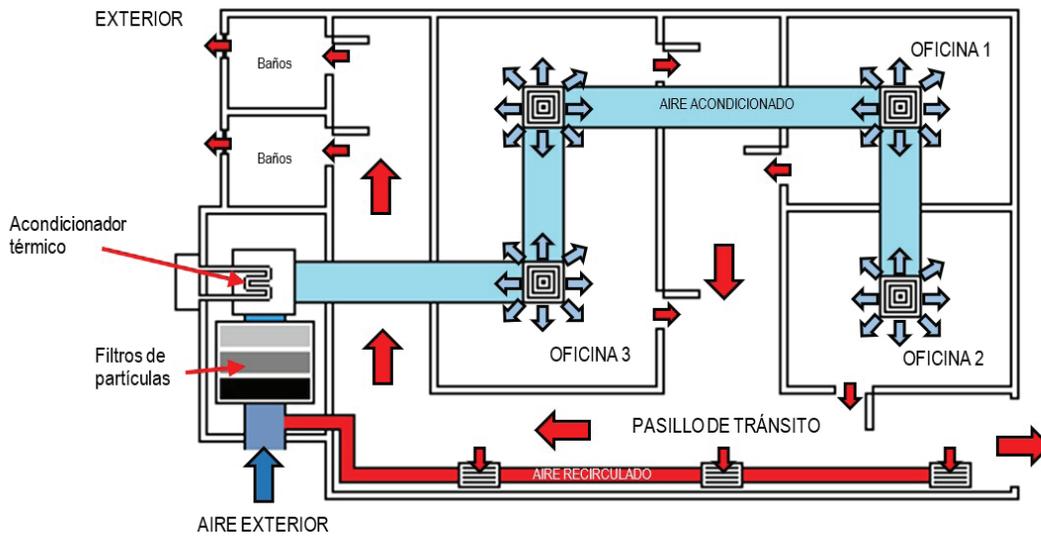
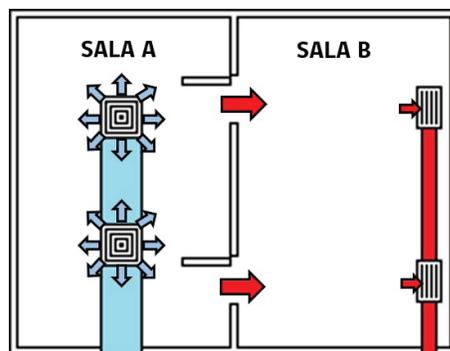


FIGURA N°2:

Unidades Manejadoras de Aire (Ejemplo Oficinas)

En la etapa de diseño, la ventilación general debe contemplar los siguientes parámetros:

- a. **Patrones de flujo:** Es la forma en la que el aire se mueve al interior de los recintos. En la práctica, la ubicación de los inyectores y salidas de aire en un espacio determinarán si el aire suministrado se mezcla bien o no en todo el volumen del recinto. La mala distribución del aire puede dejar partes del espacio con baja circulación o volúmenes muertos, donde se acumule la contaminación.
- b. **Diferenciales de presión manométrica:** Determinan la dirección que tendrá el flujo de aire, como se muestra en la Figura N°3. Se dice que una Sala A tiene **presión positiva** respecto a Sala B o que la Sala B tiene **presión negativa** respecto de la A porque la dirección del flujo de aire es desde la A hacia la B.



Al abrir la puerta que separa ambas salas, el aire fluye desde la Sala A hacia la Sala B

FIGURA N°3:

Esquemática de los diferenciales de presión

1 Con el fin de mejorar las condiciones al interior de un recinto, el aire externo se debe acondicionar térmicamente, filtrar de material particulado producto de la contaminación y en algunos casos, se trata la humedad; antes de inyectarlo al interior del recinto.

- c. **Condiciones ambientales:** Se refiere principalmente a la regulación de la temperatura y la humedad del aire.
- d. **Filtración del aire:** Se refiere al hecho de contar con sistemas para retención de partículas. Comúnmente, los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) tienen implementados filtros para material particulado proveniente de la polución atmosférica y, en el caso de los centros de salud, se implementa filtración de alta eficiencia para retener aerosoles infecciosos.

La ventilación general en lugares como oficinas o afines se diseña principalmente en función del nivel de ocupación proyectado, de modo que con el caudal de aire externo inyectado se pueda evitar las posibles molestias causadas por los olores de efluentes corporales, siendo de menor importancia aspectos como patrones de flujo o diferenciales de presión entre los recintos [1]. En los centros hospitalarios, por el contrario, existen áreas como las de aislamiento de infectados, donde el diseño de la ventilación debe considerar en especial las diferencias de presión entre los recintos con la finalidad de disminuir la contaminación cruzada entre las distintas salas². ASHRAE declara haber encontrado pruebas convincentes de que la implementación de una antesala con una adecuada configuración y funcionamiento es un medio eficaz para mantener los diferenciales de presión y crear contención en las habitaciones de un hospital [1], [6] y [7].

6. MANEJO DE LA VENTILACIÓN EN LUGARES LABORALES EN PANDEMIA

Identificado el rol de la ventilación en el contexto de la pandemia, se hizo necesario establecer criterios para evaluar el funcionamiento de la ventilación en espacios cerrados, ya sea en el ámbito laboral como comunitario. Dentro de este marco, la autoridad sanitaria ha utilizado como estándares de ventilación en lugares cerrados criterios de confortabilidad, exceptuando los centros de salud.

Estos estándares de ventilación se han basado principalmente en la cantidad de aire externo mínimo que debe ser inyectado por cada persona para proporcionar una calidad de aire interior que sea aceptable para las personas minimizando las molestias relacionadas con ésta. Además, para algunas actividades que la autoridad sanitaria ha considerado de mayor riesgo de contagio, se han definido **estándares de ventilación** en función de la concentración del CO₂ emitido por las personas como producto de su metabolismo, lo cual es pertinente revisar en la presente nota.

El nivel de ventilación se puede relacionar con la **concentración de CO₂** interior de un recinto ocupado por personas como un **indicador** indirecto de la renovación del aire, ya que se puede establecer una relación entre el caudal de ventilación y la concentración de CO₂ en estado estacionario por medio de la siguiente ecuación [2]:

$$C_{CO_2} = C_{CO_2, \text{exterior}} + \frac{q_{CO_2}}{Q_{\text{ventilación}}}$$

Donde:

C_{CO_2} : Concentración de CO₂

$C_{CO_2, \text{exterior}}$: Concentración de CO₂ del aire exterior

q_{CO_2} : Caudal de CO₂ generado por el metabolismo por persona

$Q_{\text{ventilación}}$: Caudal de ventilación de aire exterior por persona

2 Por ejemplo, habitaciones de hospitalización, UCI, UTI, quirófanos, entre otros.

Considerando que la concentración ambiental de dióxido de carbono es **400 ppm³** y que una persona con dieta normal y en actividad sedentaria emite una tasa promedio de CO₂ de **5,3 litros por segundo** [2], es posible obtener la concentración de CO₂ al interior de espacios cerrados de acuerdo al caudal de ventilación exterior inyectado por persona (Tabla N°1).

Tabla N°1:

Caudales de aire exterior con concentración de CO₂ asociadas, por persona

Qventilacion m ³ /h	Cco2 ppm	Observaciones
20	1354	Caudal mínimo artículo 34 D.S. N°594
30	1036	Caudal recomendado por ASHRAE en oficinas
36	930	Caudal Recomendado por OMS en contexto COVID-19
63,5	700	Caudal mínimo Resolución Exenta 994 de octubre de 2021

De la tabla anterior, se observa que para obtener una concentración de CO₂ de 700 ppm como indica el estándar de ventilación establecido en la Resolución Exenta 994 se debe inyectar aire exterior a razón de 63,5 m³/h por persona, el cual es mayor al establecido en D.S. N°594 (que aplica transversalmente a todos los lugares de trabajo) y a lo recomendado por OMS y ASHRAE en oficinas. No obstante, se debe considerar que la Resolución Exenta 994 aplica solo a los lugares que estén mencionados en dicha norma los cuales son lugares de uso público considerados de mayor riesgo. En los ambientes laborales, aplica lo estipulado en el D.S. N°594 de acuerdo al Formulario Único de Fiscalización (FUF).

3 Fuente: <https://mma.gob.cl/co2-en-la-atmosfera-llega-a-su-nivel-mas-alto-de-la-historia/>

7. CONCLUSIONES

- Actualmente, tanto OMS como MINSAL, han sumado la ventilación en lugares de trabajo y comunitarios al conjunto de medidas preventivas principales para mitigar los contagios de COVID-19. Sin embargo, se debe tener presente que la ventilación es solo una de las medidas y aunque sea implementada correctamente, por sí sola es insuficiente para proporcionar un nivel adecuado de protección [5].
- Los estándares de ventilación que la autoridad sanitaria chilena ha establecido para evaluar la ventilación en lugares de trabajo y entornos comunitarios se fundamentan en criterios de confortabilidad del ambiente y no corresponden a niveles de control de la propagación del virus.
- En particular, la concentración de CO₂ en espacios cerrados es solo un indicador que considera a las personas como fuente de emisión. Bajo ninguna circunstancia debe ser considerada como un indicador del nivel de riesgo de transmisión de la COVID-19.

8. RECOMENDACIONES

- Para mitigar el riesgo de contagio de la COVID-19, se recomienda seguir las medidas de contención que ha dispuesto MINSAL y complementarlas con las recomendadas por OMS, las cuales se refieren principalmente a (y no se limitan):
 - Uso de mascarillas.
 - Lavado frecuente de manos.
 - Distanciamiento físico.
 - Mantener ventilación en lugares cerrados.
- En ambientes laborales donde las personas sean las principales fuentes de emisión, instalar sistemas de ventilación general artificial. Mientras no se cuente con éstos, para promover la ventilación de espacios cerrados, aplicar ventilación natural⁴ cruzada la cual consiste en abrir ventanas que conecten directamente con el exterior, y en la medida de lo posible, abrir puertas para crear una corriente de aire que atraviese todo el espacio.
- No desactivar el funcionamiento de los sistemas de ventilación HVAC implementados. Estos sistemas, además de contribuir al confort del ambiente de trabajo (Decreto Supremo N° 594/1999 MINSAL), son recomendables para reducir el riesgo de propagación del SARS-CoV-2 y transmisión de la COVID-19 (ventilación artificial).
- Evitar o minimizar la recirculación de aire tanto en recintos hospitalarios como en ambientes laborales, especialmente en oficinas y afines.

9. COMENTARIO FINAL

El contenido de esta nota técnica es válido considerando la información actual que se tiene sobre la COVID-19. Por lo tanto, las conclusiones y recomendaciones de este documento están sujetas a cambios en función a los nuevos hallazgos que se haga sobre este virus y en lo dictaminado por la Autoridad Sanitaria.

4 Hay que indicar que la ventilación está supeditada a las condiciones ambientales exterior, lo cual podría dificultar su uso, sobre todo en invierno y verano. En estos casos, OMS [8] recomienda que se abran ventanas y puertas durante algunos minutos cada una hora.

10. REFERENCIAS

1. ASHRAE, “Documento de Posicionamiento de ASHRAE sobre Aerosoles Infecciosos”. Aprobado por el Comité de Dirección (BOD) de ASHRAE. 14 de abril de 2020.
2. ASHRAE, “ASHRAE Handbook: Fundamentals”. Edición SI. 1989.
3. INSHT, NTP N° 859 “Ventilación general en hospitales”, España, 2010.
4. OMS, “Coronavirus disease (COVID-19): How is it transmitted?”. 23 de diciembre de 2021.
5. OMS, “Roadmap to improve and ensure good indoor ventilation in the context of COVID-19”. 2 de marzo de 2021.
6. Mousavi, E., R. Lautz, F. Betz, and K. Grosskopf. 2019. “Academic Research to Support Facility Guidelines Institute & ANSI/ASHRAE/ASHE Standard 170”. ASHRAE Research Project CO-RP3. Atlanta: ASHRAE.
7. Siegel J.D., E. Rhinehart, M. Jackson, and L. Chiarello. 2007. “2007 Guideline for Isolation Precautions: Preventing Transmission of Infectious Agents in Healthcare Settings”. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention, The Healthcare Infection Control Practices Advisory Committee.
8. OMS, “Coronavirus disease (COVID-19): Ventilation and air conditioning”. 23 de diciembre de 2021.