

# GUÍA PRÁCTICA

## MEDIDAS PARA MEJORAR LA VENTILACIÓN EN ESPACIOS CERRADOS DURANTE LA PANDEMIA POR COVID-19

Versión: 1 octubre 2021



# INTRODUCCIÓN

COVID-19 es la enfermedad causada por el virus SARS-CoV-2, que se transmite principalmente a través de aerosoles que generan las personas infectadas (enfermas o asintomáticas) al respirar, hablar, toser o estornudar, y que son aspirados por nariz o boca por las personas que están cerca.

El riesgo de transmisión aérea se puede reducir al evitar la concentración de aerosoles en el aire de interiores, favoreciendo el recambio y la distribución efectiva del aire interior, por lo que es crucial lograr la ventilación de espacios comunes al mismo tiempo que se conserva el uso del cubrebocas, la higiene de manos y la sana distancia (1.8 m); además, si entre quienes estén presentes se encuentran individuos vacunados o personas que ya hayan padecido la enfermedad, el riesgo baja aún más, incluso para los más vulnerables ante la COVID-19.

Además de las acciones específicas para favorecer la ventilación de espacios cerrados, es importante que se consideren otras intervenciones para reducir el riesgo de transmisión del SARS-CoV-2 y otros patógenos respiratorios, como son el control de aforos y el diseño de uso de espacios y actividades para disminuir la concentración de aerosoles.

Cada espacio tiene características propias que lo distinguen de los demás y no sería factible hacer una guía exhaustiva que los contemple a todos y cada uno. En esta Guía se presentan recomendaciones generales que puedan ser aplicables a varios espacios dependiendo de las condiciones locales, ya sea optimizando la ventilación natural o con sistemas mecánicos.

## Ventilación

La siguiente tabla define los tipos básicos de ventilación natural y forzada, así como los efectos que pueden esperarse de su uso.

**VENTILACIÓN NATURAL:** es aquella en que la circulación de aire ocurre sin la intervención de medios mecánicos, ya sea por flotación, efecto chimenea o cambios en la presión del viento. Se asume que al menos un lado del espacio está expuesto al exterior.

Tipo de ventilación	Acción	Descripción	Efecto
1	Ventilación lateral	Apertura de ventanas/puertas de un solo lado del espacio.	Se estima una razón de 0.35 cambios de aire por hora.
2	Ventilación cruzada	Apertura de puertas/ventanas en lados opuestos del cuarto.	Se estima una razón de 0.60 cambios de aire por hora.
3	Interconexión con zona ventilada	Existencia de puertas de acceso o de ventanas en dos o más lados del espacio que lo conectan al exterior y/o a pasillos/corredores ventilados.	Se estima una razón de al menos 1.0 cambios de aire por hora.

**VENTILACIÓN FORZADA:** es aquella en que la circulación del aire se propicia al usar sistemas mecánicos.

Tipo de ventilación	Acción	Descripción	Efecto
4	Extracción de aire interior	Uso de extractores de aire, de pared o ventana. Se pueden colocar ventiladores de uso doméstico apuntando hacia las puertas o ventanas abiertas (evitando dirigirlos directamente hacia las personas).	Aumenta la circulación. Se puede fijar la razón deseada de cambios de aire por hora.
5	Aire acondicionado	Movimiento de aire en espacios cerrados que ingresa y es extraído a través de ductos	El equipo de aire acondicionado debe usarse con un 100% de renovación de aire. Produce entre 4 y 6 cambios de aire por hora.
6	Purificador de aire de interiores	Instalación de equipo portátil que remueve materia particulada (de hasta $PM_{2.5}$ ), mediante filtros HEPA o MERV13, y con ello refina la calidad del aire por la eliminación de posibles virus y bacterias remanentes mediante lámparas UV-C, las cuales quedan instaladas dentro del equipo portátil.	Limpia con efecto similar al obtenido con la ventilación con aire exterior en cuanto a remoción de aerosoles. Se debe realizar un mantenimiento periódico a estos equipos

$PM_{2.5}$  = Materia Particulada con diámetro 2.5  $\mu$ m; HEPA = Filtro de partículas de alta eficiencia;

MERV13 = Filtro de partículas con un valor mínimo reportado de eficiencia, grado 13.

UV-C = Lámparas de radiación ultravioleta ancho de banda C.

## Políticas de operación preventiva

A continuación se describen las acciones que deben realizarse para maximizar el movimiento del aire en los espacios interiores y disminuir el riesgo en las actividades que ahí se realicen. Estas acciones deberán considerarse en función del tipo de edificaciones e instalaciones descritas previamente.

Política de operación	Acción	Descripción	Observaciones
A	Pre-ventilación	Apertura de ventanas o ventilas 15 minutos antes de entrar a un espacio, especialmente si este fue ocupado previamente por otras personas.	La ausencia de personas propicia una mejora de las condiciones de ventilación antes de iniciar actividades.
B	Cambio de velocidad de renovación de aire acondicionado	Uso a velocidad nominal del equipo 2 hrs antes de la apertura del edificio y que se reduzca la velocidad al 50% 2 hrs después de concluir las actividades de uso del edificio. En las noches y fines de semana se mantiene la ventilación a baja velocidad.	Estrategia de uso del equipo de aire acondicionado que mejora las condiciones de ventilación al iniciar el uso de las instalaciones y reduce el consumo durante las horas de baja ocupación.

## Recomendaciones sobre edificaciones

A continuación se presentan algunas recomendaciones para mejorar la ventilación de edificaciones existentes en la Universidad, y que podrían ser tomadas como referencia para otros lugares con las mismas características

Jerarquía según área ocupada	Tipo de edificación e instalaciones	Tipos de ventilación recomendables	Política de operación
I	Salones de Clase	1, 2, 3, 4	A
II	Oficinas administrativas, cubículos de profesores/investigadores	1, 2, 3, 4, 5	A, B
III	Salones de Clase con Laboratorio	1, 2, 4, 5	A, B
IV	Bibliotecas/Hemerotecas, Librerías	1, 2, 3, 4, 5, 6	A, B
V	Aulas magnas, cines, auditorios, teatros	4, 5, 6	A, B
VI	Áreas de conservación y mantenimiento	1, 2, 3, 4, 5, 6	A, B
VII	Museos	4, 5	A, B
VIII	Unidades médicas	1, 2, 3, 4, 5, 6	A, B
IX	Restaurantes y cafeterías	4, 5, 6	A, B
X	Baños/sanitarios con ventanas	1,2	A
XI	Baños/sanitarios sin ventanas	4	A
XII	Pasillos con accesos a puertas y ventanas	2	A
XIII	Pasillos sin accesos a puertas y ventanas	4, 6	A
XIV	Tienda UNAM	5	A, B
XV	Cabinas de grabación o transmisión	1, 2, 3, 4	A
XVI	Edificio de bomberos	1, 2, 3, 4	A

## Estimación de aforos y tiempos de estancia seguros para espacios interiores

### Opción uno: basado en Plataforma en línea

Para mitigar el riesgo de transmisión del SARS-CoV-2 en espacios interiores, se puede utilizar la plataforma “Directriz de seguridad en espacios interiores” (COVID-19 *Indoor Safety Guideline* ([indoor-covid-safety.herokuapp.com](https://indoor-covid-safety.herokuapp.com)), localizada en <https://indoor-covid-safety.herokuapp.com/?units=metric&lang=es>. Esta herramienta permite calcular los aforos y tiempos de estancia, en caso de que sean diferentes a los valores estándar (3 m<sup>2</sup> y 1.8 m entre los asistentes).

El cálculo se basa en los siguientes parámetros (se incluye la recomendación entre paréntesis):

- a) Modo de riesgo *Risk mode* (usar una persona infectada entra ...).
- b) Tipo de espacio *Room-specifications* (usar A la medida *Custom*).
- c) Comportamiento humano *Human behavior* (usar con cubrebocas hablando *mask speaking*)
- d) Tolerancia al riesgo *Risk tolerance* (usar 0.1).
- e) Grupo de edad *Age group* (usar entre 15 y 64 años).
- f) Fortaleza viral *Virus strain* (usar Delta para la situación actual).
- g) Proporción de personas inmunes-vacunadas *Percentage immune* (por ejemplo, si se supone un salón de clases con un aforo de 25 personas y sólo el docente está vacunado, se debe indicar 0.04)
- h) Detalles de las especificaciones del espacio *Room specification-details* (área y altura, el resto se explica más adelante).
- i) Detalles del comportamiento humano *Human behavior-details* (Usar: i) modo de respiración *breathing rate* en reposo *resting*, ii) Actividad Respiratoria *Respiratory Activity* Hablando *Speaking*, iii) Tipo/eficiencia del cubrebocas *Mask type/efficiency* al 80%, que corresponde con proporciones iguales de cubrebocas de capa triple y mascarillas tipo N95, iv) Uso correcto de cubrebocas *Mask/fit compliance* 95%).
- j) No llenar las secciones de Acerca de y de Otros Parámetros *About, Other Parameters*.
- k) Cálculo del nivel seguro de CO<sub>2</sub> *Calculate safe CO<sub>2</sub> concentration* (usar 700 ppm).

Cuando todos los parámetros anteriores se han establecido, solamente falta llenar algunos parámetros que se dejaron pendientes en la sección “Detalles de las especificaciones del espacio *Room specification-details*”; para estos se debe utilizar el tipo de ventilación y llenar los campos según la siguiente tabla:

Tipo de ventilación	Ventilación <i>Ventilation</i>	Sistema de filtrado <i>Filtration systems</i>	Razón de recirculación <i>Recirculation rate</i>
1	0.35	0	0
2	0.60	0	0
3	1.0	0	0
4	1.0	6	0
5	4.0	0	0

Una vez que se han determinado todos los parámetros, la herramienta proporciona en la sección de Cálculos de ocupación segura *Calculate safe occupancy* los resultados. Estos indican varias opciones para el número de personas y tiempo de estancia, en horas o minutos, que son seguros para la información proporcionada.

La interpretación de resultados se puede hacer de dos formas: i) Usar los datos de la herramienta de manera directa para especificar los aforos y tiempos de estancia, ii) Si los resultados no son aceptables en términos del número de personas deseado y de su tiempo de estancia, se tiene una indicación de que el sistema de ventilación elegido no es suficiente y el usuario sabrá que debe hacer modificaciones en sus espacios para conseguir el número de personas y tiempo de estancia deseado.

A manera de ejemplo se muestran los resultados obtenidos cuando se usó la herramienta para un espacio de 80 m<sup>2</sup> de superficie, 3.5 m de altura, con ventilación natural. El resto de los parámetros sigue las recomendaciones de esta sección. Los resultados indican que se pueden tener 2 personas por 22 hrs, 5 personas por 6 hrs, 10 personas por 3 hrs o 25 personas por 85 minutos. El usuario puede proponer un número de personas deseado, por ejemplo, 20 y obtener que estas estarían seguras por 2 hrs.

# VENTILACIÓN

en espacios cerrados durante  
la pandemia por **COVID-19**

(adaptado de REHVA, 2020)



Abrir ventanas y puertas para favorecer la ventilación natural durante y después de las actividades



En caso de contar con ventiladores portátiles, dirigirlos a puertas y ventanas abiertas



Operar los sistemas de ventilación integrales a su máxima capacidad durante su ocupación



En caso de contar con medidores de CO<sub>2</sub>, utilizarlos para controlar ventilación, aforo y duración de las actividades



**Operación de las unidades  
manejadoras de aire a un 100%  
de renovación con aire exterior**



**Instruir a docentes y  
administrativos sobre el  
adecuado uso del equipo de  
ventilación**



**Encender la ventilación  
al menos dos horas antes y  
después de la ocupación del  
cuarto**



**Mantener ventilación de  
sanitarios dos horas antes y  
hasta dos horas después de las  
actividades**

## Opción dos: Escenarios pre-definidos con diferente ventilación

La concentración de CO<sub>2</sub> en el aire de los espacios interiores se ha utilizado como un indicador indirecto del riesgo de transmisión del SARS-CoV-2 en caso de que alguna de las personas que se encontraran en el lugar estuviera produciendo aerosoles con el virus. Aun cuando existen otros factores que pueden modificar la interpretación de esta medición, como son los indicadores de la actividad epidémica (incidencia, porcentaje de positividad en las pruebas, proporción de pacientes que requieren hospitalización, variante viral predominante, etc.), la medición de CO<sub>2</sub> en espacios interiores donde se llevan a cabo actividades académicas o laborales puede ser de gran utilidad para determinar el momento en que el riesgo comienza a aumentar (700 ppmv) o cuando se llega a una situación de riesgo alto (1000 ppmv). Sin embargo, la medición en tiempo real de la concentración de CO<sub>2</sub> en interiores representa un reto ya que se requieren instrumentos que requieren calibración frecuente así como personal capacitado para ubicarlos correctamente en lugares representativos del salón o laboratorio; además, la medición en tiempo real puede provocar interrupciones en las actividades dentro de los espacios y propiciar la acumulación de personas en otros espacios cerrados contiguos y comunes.

Para facilitar el diseño y la operatividad de las actividades en cinco tipos de salones o laboratorios de docencia de la Universidad, se llevó a cabo un análisis basado en un modelo de balance de masa de CO<sub>2</sub> en estado no estacionario (Penman JM, 1980; Batterman S, 2017), el cual fue resuelto con el programa de cómputo STELLA suponiendo, entre otros parámetros, una situación de baja actividad epidémica de COVID-19 y condiciones meteorológicas estándar de la Ciudad de México. En la siguiente tabla se presenta el tiempo que podrían permanecer diferentes grupos de personas en los salones o laboratorios realizando actividades pasivas antes de que se alcancen niveles de alarma en el interior.

### Tiempo (minutos) de permanencia máxima en interiores

Tipo Salón	Horario	No. de personas			
		1 a 10	11 a 20	21 a 30	31 a 40
S1	Matutino	100	30	19	13
	Vespertino	100	30	19	13
S2	Matutino	Sin límite	50	24	16
	Vespertino	Sin límite	Sin límite	34	19
S3	Matutino	Sin límite	50	24	16
	Vespertino	Sin límite	Sin límite	Sin límite	25
S4	Matutino	100	30	19	13
	Vespertino	Sin límite	50	24	16
S5	Matutino	100	30	19	13
	Vespertino	60 min	27	18	13

**Tipos de Salón de clases o Laboratorio de docencia (de 280 m<sup>3</sup> (Aprox. 10 m x 8 m x 3.5 m)):**

S1: Sin ventanas (sólo puerta de acceso).

S2: Con ventanas abiertas a exterior de un solo lado.

S3: Con ventanas abiertas a exterior en dos lados (o dos puertas).

S4: Con ventanas o puertas abiertas a interiores sí ventilados.

S5: Con ventanas o puertas abiertas a interiores no ventilados.

**Asumiendo:**

Actividad pasiva, personas de 70 kg de peso.

Límite de alarma (1,000 ppmv CO<sub>2</sub>).

Cambios de aire por hora de 0.35 a 4.00

Condiciones meteorológicas estándar de CDMX

Baja transmisión comunitaria del virus (semáforo Verde).

Solo asistencia de personas sanas.

Uso de cubrebocas obligatorio.

## Medidas adicionales

### 1 Mantenimiento de equipos para prevenir otras enfermedades al reactivar las actividades

Durante la pandemia, el uso de muchos edificios e instalaciones fue muy reducido e incluso se inhabitaron. Las edificaciones que incluyen sistemas de aire acondicionado y calefacción pudieron acumular dentro de sus conductos humedad y polvo que podrían provocar alergias o el crecimiento de bacterias u hongos capaces de causar enfermedades. Se recomienda que antes de restablecer los sistemas de aire acondicionado y calefacción, se realicen servicios de limpieza y mantenimiento (REHVA, 2020) de acuerdo con los protocolos establecidos por los proveedores de los mismos.

### 2 Evaluación de la ventilación

Esta condición puede ser evaluada en habitaciones ocupadas con individuos por el uso de sensores de CO<sub>2</sub>, ya sea portátiles o permanentes en salones de clase, salas de reunión y/o auditorios. Se recomienda medir la concentración de CO<sub>2</sub> por una hora o más en salones de clase o salas de reunión o auditorios. Durante esta etapa de pandemia se recomienda establecer 800 ppmv (partes por millón volumen) como una condición de alerta en falta de ventilación y mayor a 1000 ppmv una condición de alarma que requiere realizar una acción de ventilación inmediata (REHVA, 2020), como ventilación mecánica o natural mediante ventilas, tiros o puertas de emergencia. Si la ventilación es muy poca, se sugiere reducir el aforo y modificar las actividades para bajar la concentración de CO<sub>2</sub>.

### 3 Recomendaciones de equipos purificadores de aire

Cuando no haya posibilidad de ventilar, se recomienda el uso de purificadores de aire basados en filtros HEPA o MERV13, de preferencia con refinamiento del aire por la eliminación de posibles virus y bacterias remanentes mediante lámparas UV-C, las cuales quedan instaladas dentro del equipo portátil.

## Recomendaciones técnicas para el uso de purificadores de aire

Los equipos móviles para purificación de aire en interiores pueden ser de utilidad para reducir el riesgo de transmisión del virus del COVID-19 por aerosoles en lugares donde no haya posibilidad de tener ventilación natural ni sistemas que promuevan el recambio del aire. La principal característica que deben tener estos equipos es que entre los componentes que utilizan para la purificación del aire debe haber filtros de alta eficiencia (llamados filtros HEPA, por sus siglas en inglés), los cuales deben cambiarse periódicamente para asegurar el adecuado funcionamiento. A continuación se muestran algunos elementos técnicos a considerar en caso de que vaya a utilizarse un equipo de este tipo.

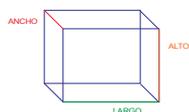
Volumen del cuarto (m <sup>3</sup> ) (Número de personas en el interior)	Volumen del cuarto (m <sup>3</sup> ) (Número de personas en el interior)	Flujo de aire a tratar (m <sup>3</sup> /hr)
200 a 500 m <sup>3</sup> (25 a 70 personas)	- Aula Magna - Sala de consulta de biblioteca - Auditorio - Sala de exposiciones	1,600 a 4,000
90 a 200 m <sup>3</sup> (7 a 25 personas)	- Salón de clases - Laboratorio de docencia - Sala de juntas	720 a 1,600
45 a 90 m <sup>3</sup> (2 a 7 personas)	- Recámara - Sala - Comedor - Cubículo u oficina individual - Sala de espera - Consultorio o cubículo clínico	360 a 720

- \*Para realizar actividades de alta demanda ventilatoria (cantar, bailar, ejercicio, instrumentos de aliento) se requiere un análisis específico y restringir los aforos y duración de las actividades al mínimo.

- Asumiendo un límite superior de concentración de CO<sub>2</sub> de 800 ppmv para la estimación, y que en los cuartos se llevan a cabo únicamente actividades pasivas.

- Considerando que el flujo de aire tratado por el purificador equivale a una tasa de recambio (ACH) de 8 veces por hora para la estimación del volumen del cuarto.

- No se recomienda tratamiento de purificación de aire en sitios de 500 m<sup>3</sup> o más de volumen; en esos casos se debe favorecer la inyección de aire exterior para incrementar la ventilación, ya sea natural o mecánica



Para calcular el volumen (m<sup>3</sup>) de un cuarto, se debe multiplicar:  
Largo (m) x Ancho (m) x Alto (m)

## Referencias

- Alsved M, Matamis A, Bohlin R, et al. Exhaled respiratory particles during singing and talking. *Aerosol Science Technology* 2020; 54(11): 1245.
- Batterman S. Review and Extension of CO<sub>2</sub>-Based Methods to Determine Ventilation Rates with Application to School Classrooms. *Int J Environ Res Public Health* 2017; 14(2): 145.
- Chena W, Zhanga N, Weic J, et. al. Short-range airborne route dominates exposure of respiratory infection during close contact. *Building Environment* 2020; 176: 106859.
- Escobedo, A., Briceño, S., Juárez, H., et. al. Energy consumption and GHG emission scenarios of a university campus in Mexico. *Energy Sustainable Development* 2014; 18: 49-57.
- Fennelly KP. Particle sizes of infectious aerosols: implications for infection control. *Lancet Respir Med* 2020; 8: 914–24
- Hathway, E. A., Noakes, C. J., Sleight, P. A., et. al. CFD simulation of airborne pathogen transport due to human activities. *Building Environment* 2011; 46(12): 2500-2511.
- Montazami, A. BB 101: Guidelines on ventilation, thermal comfort, and indoor air quality in schools 2018. Disponible en <https://www.gov.uk/government/publications/building-bulletin-101-ventilation-for-school-buildings>
- Morawska L, Buonanno G. The physics of particle formation and deposition during breathing. *Nature Rev Physics* 2021; 3: 300.
- Penman, J. M. An experimental determination of ventilation rate in occupied rooms using atmospheric carbon dioxide concentration. *Building and Environment* 1980; 15(1): 45-47.
- REHVA COVID-19 guidance document, August 3, 2020. Disponible en: [www.rehva.eu/fileadmin/user\\_upload/REHVA\\_COVID-19\\_guidance\\_document\\_V3\\_03082020.pdf](http://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V3_03082020.pdf)
- Stadnytskyi V, Bax CE, Bax A, Anfinrud P. The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission. *PNAS* 2020; 117(22): 11875.
- Scientific Brief: SARS-CoV-2 Transmission (May 7, 2021). Centers for Disease Control and Prevention. Disponible en: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/science/science-briefs/sars-cov-2-transmission.html>
- Van Doremalen, N., Bushmaker, T., & Lloyd-Smith, J. O. Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1. *NEJM* 2020; 382(16): 1564-1567.

## IIUNAM

Directora

**Dra. Rosa María Ramírez Zamora**

Secretaría Académica

**Dra. Norma Patricia López Acosta**

Subdirector de Estructuras y Geotecnia

**Dr. Efraín Ovando Shelley**

Subdirectora de Hidráulica y Ambiental

**Dra. Rosa María Flores Serrano**

Subdirector de Electromecánica

**Dr. Arturo Palacio Pérez**

Subdirector de Unidades Académicas Foráneas

**Dr. Germán Buitrón Méndez**

Secretario Administrativo

**Lic. Salvador Barba Echavarría**

Secretario Técnico de Infraestructura Física

**Arq. Aurelio López Espíndola**

Secretario Técnico  
de Telecomunicaciones e Informática  
**Ing. Marco Ambríz Maguey**

Secretario Técnico de Vinculación

**Lic. Luis Francisco Sañudo Chávez**

## UNAM

Rector

**Dr. Enrique Graue Wiechers**

Secretario General

**Dr. Leonardo Lomelí Venegas**

Abogado General

**Dr. Alfredo Sánchez Castañeda**

Secretario Administrativo

**Dr. Luis Álvarez Icaza Longoria**

Secretario de Desarrollo Institucional

**Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa**

Secretario de Prevención,  
Atención y Seguridad Universitaria

**Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo**

Coordinador de la Investigación Científica

**Dr. William Henry Lee Alardín**

Coordinadora de Humanidades

**Dra. Guadalupe Valencia García**

Coordinador de Difusión Cultural

**Dr. Jorge Volpi Escalante**

Coordinador de la Comisión Especial  
para la Atención de la Emergencia del Coronavirus

**Dr. Samuel Ponce de León Rosales**

Grupo Asesor Técnico

**Dra. Araceli López García**

**Dra. Lourdes García García**

**Dra. Guadalupe Miranda Novales**

**Dr. Gustavo Cruz Pacheco**