

INFORME

Actualización sobre los mecanismos de transmisión del SARS-CoV-2: el rol de los aerosoles y recomendaciones prácticas para operación y mantenimiento de sistemas de ventilación y calefacción en edificios para la reducción del riesgo durante la pandemia.

Dr. PhD. Julio Medina
Agosto 2020





Este documento contiene una revisión sobre los mecanismos de transmisión del SARS-CoV-2 haciendo énfasis en el rol de los aerosoles y por ende la transmisión aérea.

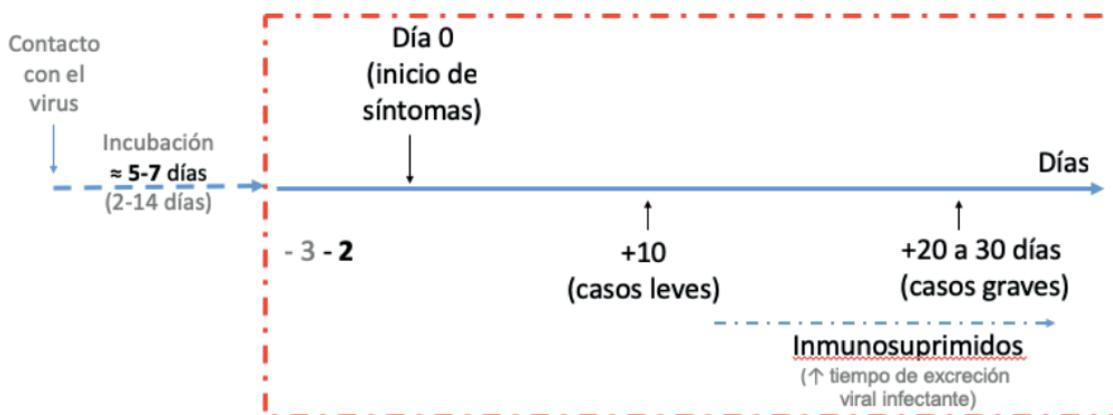
También contiene dos anexos que abordan las recomendaciones prácticas para operación y mantenimiento de sistemas de ventilación y calefacción en edificios para la reducción del riesgo durante la pandemia, tanto en edificios (anexo 1) como en escuelas (anexo 2).

Período infectivo y asintomáticos

Uno de los puntos importantes a destacar son dos de las características que hacen tan eficiente la transmisión de este nuevo coronavirus. 1) Por un lado un largo y variado período infectivo que se resume en la figura 1 y por otro lado, 2) el porcentaje de asintomáticos. En una revisión realizada en junio 2020 por Prieto J & Medina J (www.infectologia.edu.uy) se documenta que el porcentaje de asintomáticos va del 4 al 69%. Los datos aportados por el MSP en nuestro país son del 22% (contactos de casos confirmados o en el marco de los tests masivos o por muestreo (ELEPEM, asentamientos, laborales, brotes departamentales, testeo a todas las personas que requieran ingreso hospitalario)

Ambas características del virus determinan un escenario ideal para su diseminación por los mecanismos que a continuación desarrollaremos.

Figura 1. Período de infección de SARS-CoV-2

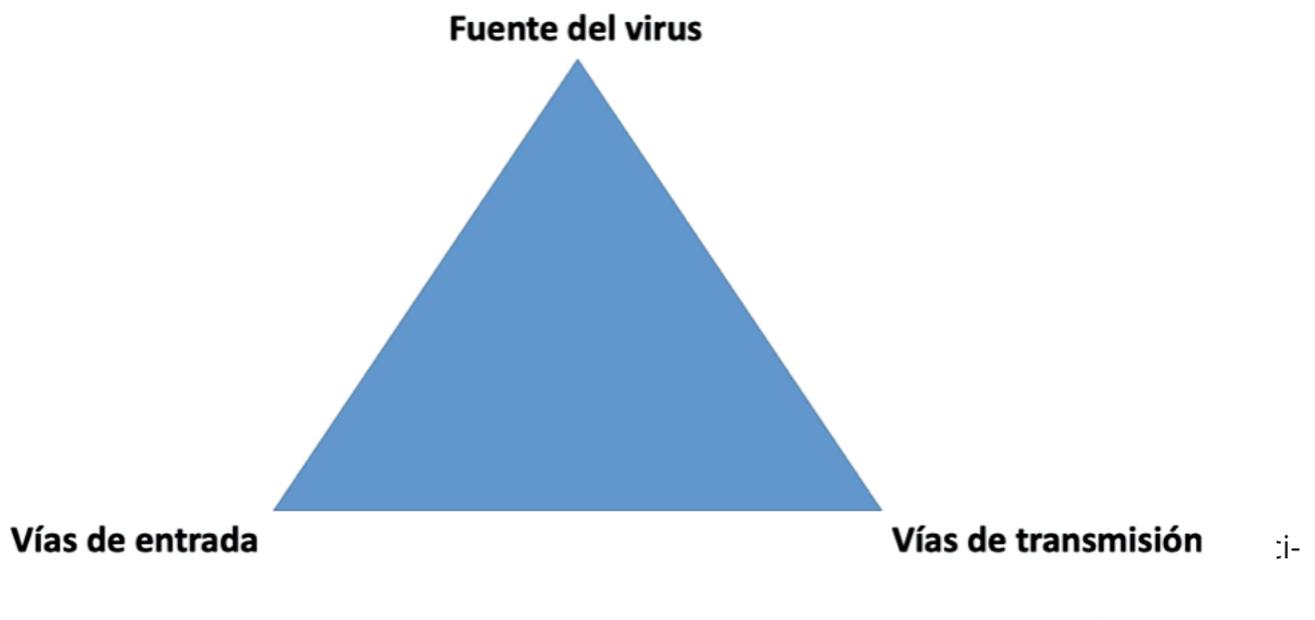




Etiopatogenia

Como se aprecia en la figura 2, la etiopatogenia se explica por la fuente del virus, las vías de transmisión y las vías de entrada.

Figura 2. Pilares de la etiopatogenia de transmisión e infección por SARS-CoV-2.

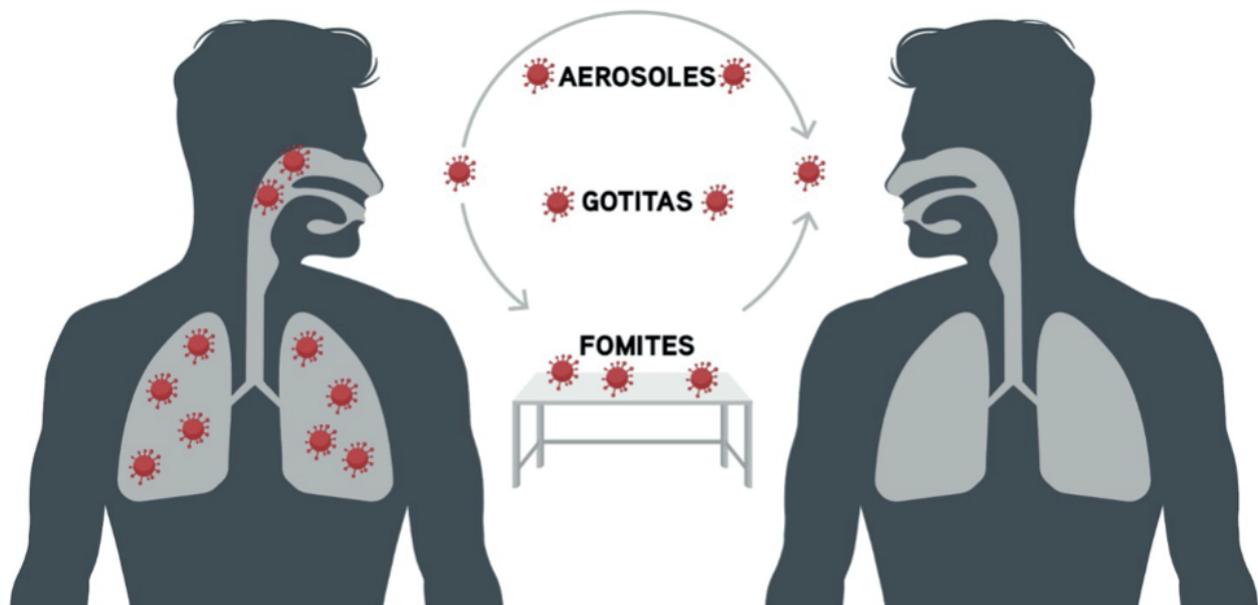


Las vías de transmisión son:

- contacto directo
- contacto indirecto (fomites) gotas
- aerosoles (por maniobras generadoras de aerosoles o no)
- materno fetal: posible aunque probablemente excepcional en caso de existir y de significado incierto)
- transfusiones o trasplantes de órganos sólidos: no hay casos documentados de transmisión por el momento.

Las vías de entrada del virus son los ojos, nariz y boca.

Figura 3. Vías de transmisión mas importantes.



Huésped infectante SARS-CoV-2

Huésped susceptible SARS-CoV-2

Las gotas más grandes con contenido viral se depositan cerca del punto de emisión (transmisión de gotitas), mientras que las más pequeñas pueden viajar metros en el aire en interiores (transmisión por aerosol).

Aerosoles

"aerosoles" se refiere a partículas en suspensión, como pequeñas gotas en el aire.

<5 μm penetran fácilmente en las vías respiratorias hasta el espacio celular (siguen las líneas de flujo del aire de inhalación)

<10 μm penetran fácilmente por debajo de la glotis

> 20 μm se refieren a las que siguen más una trayectoria balística (caen por gravedad)

'partículas intermedias' de diámetros de 10 a 20 μm , compartirán algunas propiedades de gotitas pequeñas y grandes, hasta cierto punto, pero se asientan más rápidamente que las partículas <10 μm y potencialmente portan una dosis infecciosa más pequeña que las gotas grandes (> 20 μm).



¿SARS-CoV-2 puede transmitirse por aerosoles incluso en ausencia de procedimientos generadores de aerosoles?

Sí, hablar y toser produce una mezcla de gotitas y aerosoles en una variedad de tamaños. Es posible además que el SARS-CoV-2 permanezca suspendido en el aire y viable durante horas. También se ha demostrado que el ARN del SARS-CoV-2 puede recuperarse de muestras de aire en hospitales. Una ventilación deficiente prolonga la cantidad de tiempo que los aerosoles permanecen en el aire.

Recientemente el grupo de Lednicky JA logró aislar el virus viable a partir de muestras de aire recogidas a una distancia de 2 a 4,8 m de los pacientes. Los autores concluyeron que los pacientes con manifestaciones respiratorias de COVID-19 producen aerosoles en ausencia de procedimientos generadores de aerosoles que contengan SARS-CoV-2 viable, y estos aerosoles pueden servir como fuente de transmisión del virus.

Estos datos proporcionan un marco teórico útil para una posible transmisión basada en aerosol para el SARS-CoV-2, pero lo que está menos claro es el grado en que estas características conducen a infecciones. Para avanzar en este punto es necesario analizar los distintos escenarios y definiciones de transmisión por aerosoles.

.

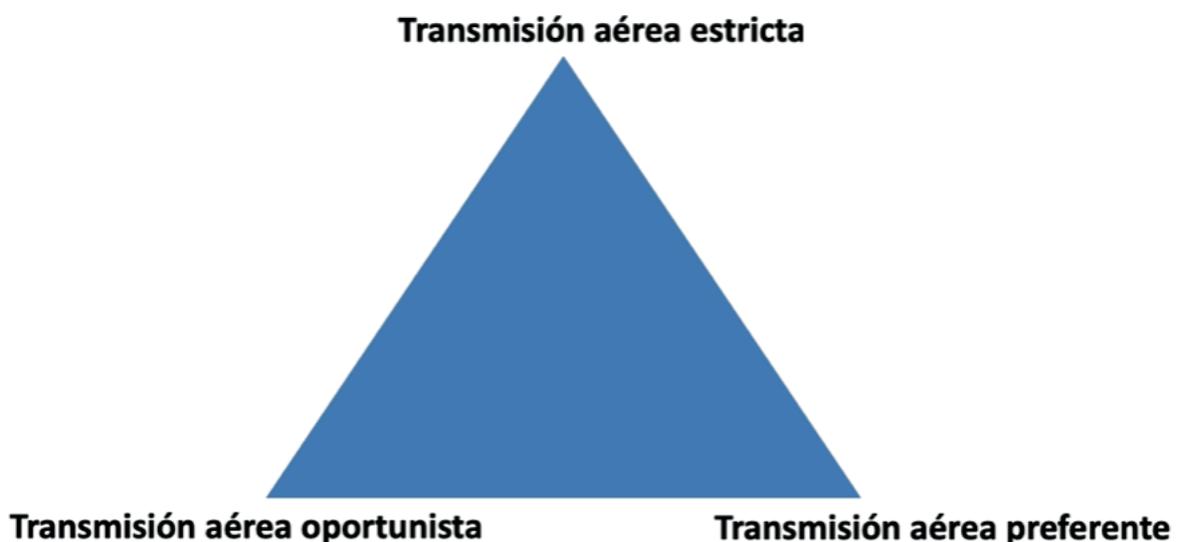
.



Clasificación de la transmisión de las enfermedades por aerosoles

La figura 4 resume 3 escenarios diferentes para la transmisión aérea.

Figura 4. Clasificación de la transmisión de las enfermedades por aerosoles



La transmisión aérea se puede clasificar en transmisión aérea estricta, preferente u oportunista. **Estricta** se refiere a los agentes patógenos que se transmiten exclusivamente por el depósito de núcleos de gotitas en condiciones naturales (por ejemplo, la tuberculosis pulmonar).

Preferente se refiere a los agentes patógenos que pueden desencadenar una infección por múltiples vías, pero se transmiten sobre todo por los núcleos de gotitas (por ejemplo, el sarampión y la varicela).

Oportunista: La transmisión por núcleos de gotitas en distancias cortas también puede darse en el caso del SARS-CoV-2, el virus de la influenza humana y tal vez con otras infecciones respiratorias víricas, en circunstancias especiales; por ejemplo: durante procedimientos que producen aerosoles o en recintos con ventilación inadecuada aun sin necesidad de procedimientos generadores de aerosoles. No supone la transmisión de larga distancia, como es el caso de la transmisión aérea obligada y preferencial.



Posicionamiento de la OMS

El 9 de julio de 2020 la OMS publicó un resumen sobre los mecanismos de transmisión confirmando que el virus puede transmitirse por vía aérea en establecimientos sanitarios en los que se realice procedimientos que generan aerosoles (algo que ya había planteado desde el inicio de la pandemia) Y por primera vez aceptaba que en algunos informes de brotes epidémicos relacionados con entornos cerrados en los que existía hacinamiento permiten suponer que es posible que el virus se transmita mediante aerosoles asociados a la transmisión por medio de gotículas, por ejemplo, durante los ensayos de los coros, en los restaurantes o en las clases de deportes. (<https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/transmission-of-sars-cov-2-implications-for-infection-prevention-precautions>)

También la OMS adelantó que falta esclarecer:

1. La importancia relativa de las distintas vías de transmisión.
2. La importancia de la transmisión aérea cuando no se ponen en práctica técnicas en las que se producen aerosoles.
3. La dosis de virus necesaria para que se produzca un contagio
4. Los entornos y los factores de riesgo que deben existir para que se produzca un episodio de superdiseminación.
5. La importancia de la transmisión asintomática y la presintomática.

Interpretación de la evidencia

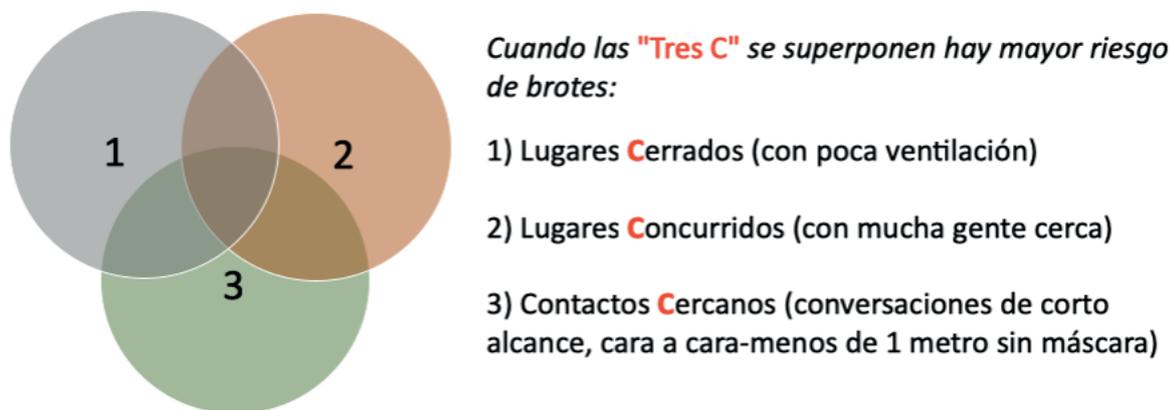
A medida que la humanidad responde a la pandemia, la comprensión de los modos de transmisión del SARS-CoV-2 es de suma importancia para la formulación de políticas.

Demostrar que hablar, toser, cantar, gritar, puede generar aerosoles o que es posible recuperar el ARN viral del aire no prueba la transmisión basada en aerosoles; la infección depende bien de la ruta de exposición, el tamaño del inóculo, la duración de la exposición y las defensas del huésped.

Determinar si las gotas o los aerosoles son las que predominan en la transmisión del SARS-CoV-2 tiene implicaciones críticas. Si el SARS-CoV-2 se transmite principalmente por gotitas respiratorias, usando una máscara médica o manteniéndose a 2 metros de distancia de otras personas sería adecuado para prevenir la transmisión. Sin embargo, si el SARS-CoV-2 es transportado por aerosoles que pueden permanecer suspendidos en el aire por períodos prolongados, estas medidas no serían suficientes.

En un lugar cerrado, concurrido con mala ventilación y con tiempo prolongado, una persona infectada podría transmitir el virus a otra/s persona/s aún a una distancia mayor de 2 metros. La prevención aquí es evitar lugares cerrados y concurridos. Deben ventilarse oficinas, transporte público o lugares de acumulación importante de personas.

Figura 5. Riesgo de brotes (clusters) por SARS-CoV-2 (COVID-19)



Adaptación: <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000619576.pdf>

Por otra parte, los CDC de China (Tang S et al) han publicado recientemente sus recomendaciones respaldando que la transmisión por aerosol del SARS-CoV-2 es plausible y que la puntuación de plausibilidad (peso de la evidencia combinada) es 8 de 9. Concluyen así que las estrategias de control preventivo deben considerar la transmisión por aerosol para la mitigación eficaz del SARS-CoV-2.



Tabla 1. La plausibilidad de la transmisión por aerosol.

Weight of Evidence	Risk Group			
	1	2	3	4
9				
8		Influenza	Tuberculosis SARS-CoV-2	
7			SARS-CoV	Ebola
6				
5				
4				
3				

La plausibilidad de la transmisión por aerosol (Peso de la evidencia) del SARS-CoV-2 con consecuencias de la infección (Grupo de riesgo) según los criterios de Jones y Brosseau (Jones y Brosseau, 2015). Alta preocupación indicada por el naranja oscuro y baja preocupación por el gris claro.

También se ha abordado el riesgo de posible propagación del SARS-CoV-2 entre las unidades de apartamentos a través del sistema de plomería. Como ejemplo hay evidencia de SARS-CoV-2 en un baño vacío del piso 16, justo encima de un baño del piso 15 utilizado por personas con COVID-19. Esto apunta a una posible difusión de aerosoles a través de las tuberías de alcantarillado.

Distanciamiento físico en distintos escenarios

La evidencia se ha ido sumando y ahora sabemos que la forma en que nos debemos aproximar al tema del distanciamiento físico en SARS-CoV-2 es con una mirada multidimensional como queda reflejado en la tabla 2.



Tabla 2. Riesgo de transmisión de personas asintomáticas en diferentes entornos, en relación las variables tiempo de exposición, ventilación y nivel de ocupación.

(Jones NR et al. Two metres or one: what is the evidence for physical distancing in covid-19? BMJ 2020;370:m3223)

Tipo de actividad grupal y nivel de ocupación del ambiente	Baja ocupación			Alta ocupación		
	Exterior y bien ventilado	Interior y bien ventilado	Mal ventilado	Exterior y bien ventilado	Interior y bien ventilado	Mal ventilado
Utilizando mascarilla, corto tiempo de exposición						
En silencio	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Amarillo
Hablando	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Amarillo
Gritando, cantando	Verde	Verde	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Rojo
Utilizando mascarilla, exposición prolongada						
En silencio	Verde	Verde	Amarillo	Verde	Amarillo	Rojo
Hablando	Verde	*	Amarillo	*	Amarillo	Rojo
Gritando, cantando	Verde	Amarillo	Rojo	Amarillo	Rojo	Rojo
Sin utilizar mascarilla, corto tiempo de exposición						
En silencio	Verde	Verde	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Rojo
Hablando	Verde	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Rojo	Rojo
Gritando, cantando	Amarillo	Amarillo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
Sin utilizar mascarilla, exposición prolongada						
En silencio	Verde	Amarillo	Rojo	Amarillo	Rojo	Rojo
Hablando	Amarillo	Amarillo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
Gritando, cantando	Amarillo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo

Riesgo de transmisión
 Bajo ■ Medio ■ Alto ■

* Caso dudoso depende de la definición cuantitativa que se use de distancia, número de individuos y tiempo de exposición

Figura: Riesgo de transmisión de personas asintomáticas en diferentes entornos, en relación las variables tiempo de exposición, ventilación y nivel de ocupación (no toma en cuenta la susceptibilidad individual ni las tasas de emisión viral). Las mascarillas hacen referencia a las de uso general (uso civil) no a los respiradores de alta eficiencia.



Los grados indican el riesgo relativo cualitativo y no representan una medida cuantitativa. Otros factores que no se representan en esta tabla deben ser tomados en cuenta al considerar el riesgo de transmisión, incluyendo la carga viral de la persona infectada y la susceptibilidad individual a la infección. Toser, estornudar, aunque sean por irritación o alergia, en el individuo asintomático, exacerbará el riesgo de exposición en un ambiente interior, independientemente de la ventilación.

Conclusiones

Avanzar sobre las formas de transmisión de SARS-CoV-2 requiere de un abordaje integral. Al día de hoy la evidencia indica que la transmisión predominante para este virus es la transmisión por gotitas. Sin embargo es razonable que una ruta de transmisión mixta sea lo más probable en determinados ambientes y situaciones (gotitas y aerosoles)

Puede haber incluso diferentes rutas predominantes según las situaciones específicas y esto es probablemente lo más realista a asumir.

Mientras tanto sería prudente que las instituciones evalúen el stock de filtros N95 e idealmente incrementarlos.

En el futuro no muy lejano las instituciones tendrán que avanzar hacia controles de ingeniería que permitan aislamientos respiratorios para proteger la transmisión por aerosoles a nivel nosocomial.

Desinfección del aire en ambientes cerrados-sobre todo hospitalarios: es probable que se tengan que considerar en el futuro inmediato. Tenemos que estar atentos a la evidencia que siga surgiendo.

Sistema de ventilación con filtros HEPA. Es probable que se tengan que considerar en el futuro inmediato. Tenemos que estar atentos a la evidencia que siga surgiendo

Idealmente se debería estimular la creación de un grupo multidisciplinario que aborde y pauté el control del aire en distintos ambientes. Los anexos 1 y 2 que están al final de este documento son una guía para la operación y mantenimiento de sistemas de ventilación y calefacción en edificios para la reducción del riesgo durante la pandemia.



Citas bibliográficas

1- Morawska L, Tang JW, Bahnfleth W, et al. How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised?. *Environ Int.* 2020;142:105832. doi:10.1016/j.envint.2020.105832

2- Morawska L, Milton DK. It is Time to Address Airborne Transmission of COVID-19 [published online ahead of print, 2020 Jul 6]. *Clin Infect Dis.* 2020;ciaa939. doi:10.1093/cid/ciaa939

3- Jayaweera M, Perera H, Gunawardana B, Manatunge J. Transmission of COVID-19 virus by droplets and aerosols: A critical review on the unresolved dichotomy [published online ahead of print, 2020 Jun 13]. *Environ Res.* 2020;188:109819. doi:10.1016/j.envres.2020.109819

4- Kang CR, Lee JY, Park Y, et al. Coronavirus Disease Exposure and Spread from Nightclubs, South Korea [published online ahead of print, 2020 Jul 7]. *Emerg Infect Dis.* 2020;26(10):10.3201/eid2610.202573. doi:10.3201/eid2610.202573

5- Auger KA, Shah SS, Richardson T, et al. Association Between Statewide School Closure and COVID-19 Incidence and Mortality in the US [published online ahead of print, 2020 Jul 29]. *JAMA.* 2020;10.1001/jama.2020.14348. doi:10.1001/jama.2020.14348

6- Lu J, Gu J, Li K, et al. COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou, China, 2020. *Emerg Infect Dis.* 2020;26(7):1628-1631. doi:10.3201/eid2607.200764

7- Morawska L, Cao J. Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality. *Environ Int.* 2020;139:105730. doi:10.1016/j.envint.2020.105730

8- Azimi P, Stephens B. HVAC filtration for controlling infectious airborne disease transmission in indoor environments: Predicting risk reductions and operational costs. *Build Environ.* 2013;70:150-160. doi:10.1016/j.buildenv.2013.08.025



9- Correia G, Rodrigues L, Gameiro da Silva M, Gonçalves T. Airborne route and bad use of ventilation systems as non-negligible factors in SARS-CoV-2 transmission. *Med Hypotheses*. 2020;141:109781. doi:10.1016/j.mehy.2020.109781

10- Setti L, Passarini F, De Gennaro G, et al. Airborne Transmission Route of COVID-19: Why 2 Meters/6 Feet of Inter-Personal Distance Could Not Be Enough. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(8):2932. Published 2020 Apr 23. doi:10.3390/ijerph17082932

11- Razzini K, Castrica M, Menchetti L, et al. SARS-CoV-2 RNA detection in the air and on surfaces in the COVID-19 ward of a hospital in Milan, Italy [published online ahead of print, 2020 Jun 26]. *Sci Total Environ*. 2020;742:140540. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.140540

12- Buonanno G, Stabile L, Morawska L. Estimation of airborne viral emission: Quanta emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment. *Environ Int*. 2020;141:105794. doi:10.1016/j.envint.2020.105794

13- Allen JG, Marr LC. Recognizing and controlling airborne transmission of SARS-CoV-2 in indoor environments. *Indoor Air*. 2020;30(4):557-558. doi:10.1111/ina.12697

14- Hua Qian, Te Miao, Li LIU, Xiaohong Zheng, Danting Luo, Yuguo Li. Indoor transmission of SARS-CoV-2 medRxiv 2020.04.04.20053058; doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.04.20053058>

15- Hu M, Lin H, Wang J, et al. The risk of COVID-19 transmission in train passengers: an epidemiological and modelling study [published online ahead of print, 2020 Jul 29]. *Clin Infect Dis*. 2020;ciaa1057. doi:10.1093/cid/ciaa1057

16- Zhang R, Li Y, Zhang AL, Wang Y, Molina MJ. Identifying airborne transmission as the dominant route for the spread of COVID-19. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2020;117(26):14857-14863. doi:10.1073/pnas.2009637117



- 17- Jayaweera M, Perera H, Gunawardana B, Manatunge J. Transmission of COVID-19 virus by droplets and aerosols: A critical review on the unresolved dichotomy [published online ahead of print, 2020 Jun 13]. *Environ Res.* 2020;188:109819. doi:10.1016/j.envres.2020.109819
- 18- Wilson NM, Norton A, Young FP, Collins DW. Airborne transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 to healthcare workers: a narrative review. *Anaesthesia.* 2020;75(8):1086-1095. doi:10.1111/anae.15093
- 19- Domingo JL, Marquès M, Rovira J. Influence of airborne transmission of SARS-CoV-2 on COVID-19 pandemic. A review [published online ahead of print, 2020 Jun 23]. *Environ Res.* 2020;188:109861. doi:10.1016/j.envres.2020.109861
- 20- Wong SCY, Kwong RT, Wu TC, et al. Risk of nosocomial transmission of coronavirus disease 2019: an experience in a general ward setting in Hong Kong. *J Hosp Infect.* 2020;105(2):119-127. doi:10.1016/j.jhin.2020.03.036
- 21- Wong SCY, Kwong RT, Wu TC, et al. Risk of nosocomial transmission of coronavirus disease 2019: an experience in a general ward setting in Hong Kong. *J Hosp Infect.* 2020;105(2):119-127. doi:10.1016/j.jhin.2020.03.036
- 22- Klompas M, Baker MA, Rhee C. Airborne Transmission of SARS-CoV-2: Theoretical Considerations and Available Evidence [published online ahead of print, 2020 Jul 13]. *JAMA.* 2020;10.1001/jama.2020.12458. doi:10.1001/jama.2020.12458
- 23- Bartoszko JJ, Farooqi MAM, Alhazzani W, Loeb M. Medical masks vs N95 respirators for preventing COVID-19 in healthcare workers: A systematic review and meta-analysis of randomized trials. *Influenza Other Respir Viruses.* 2020;14(4):365-373. doi:10.1111/irv.12745



- 24- Santarpia JL, Rivera DN, Herrera VL, et al. Aerosol and surface contamination of SARS-CoV-2 observed in quarantine and isolation care [published correction appears in Sci Rep. 2020 Aug 12;10(1):13892]. Sci Rep. 2020;10(1):12732. Published 2020 Jul 29. doi:10.1038/s41598-020-69286-3
- 25- Domingo P, Mur I, Pomar V, Corominas H, Casademont J, de Benito N. The four horsemen of a viral Apocalypse: The pathogenesis of SARS-CoV-2 infection (COVID-19) [published online ahead of print, 2020 Jul 28]. EBioMedicine. 2020;58:102887. doi:10.1016/j.ebiom.2020.102887
- 26- Stadnytskyi V, Bax CE, Bax A, Anfinrud P. The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission. Proc Natl Acad Sci U S A. 2020;117(22):11875-11877. doi:10.1073/pnas.2006874117
- 27- Zhang R, Li Y, Zhang AL, Wang Y, Molina MJ. Identifying airborne transmission as the dominant route for the spread of COVID-19. Proc Natl Acad Sci U S A. 2020;117(26):14857-14863. doi:10.1073/pnas.2009637117
- 28- Donohue JM, Miller E. COVID-19 and School Closures. JAMA. Published online July 29, 2020. doi:10.1001/jama.2020.13092
- 29- Going out safely during COVID-19. <https://www.canada.ca/en/public-health.htm>
|
- 30- Arnol Barnett. Covid-19 Risk Among Airline Passengers: Should the Middle Seat Stay Empty?. medRxiv 2020.07.02.20143826; doi: <https://doi.org/10.1101/2020.07.02.20143826>
- 31- Risk Assessment and Mitigation Tool for Recreational Activities in Manitoba Operating During the COVID-19 Pandemic. Recuperado de:
https://www.gov.mb.ca/asset_library/en/coronavirus/activities-guidelines.pdf



- 32- 7 steps to identify risk covid-19 situations. (29 de junio 2020). Recuperado de: <https://www.nebraskamed.com/COVID/7-steps-to-identify-risky-covid-19-situations>
- 33- Maculey J. (1 abril 2020) How a prayer meeting at a French megachurch may have led to scores of coronavirus deaths. WashingtonPost. Recuperado de: https://www.washingtonpost.com/world/europe/how-a-prayer-meeting-at-a-french-megachurch-may-have-led-to-scores-of-coronavirus-deaths/2020/04/01/fe478ca0-7396-11ea-ad9b-254ec99993bc_story.html
- 34- Kurnitski J et al. REHVA COVID-19 guidance document, August 3, 2020 How to operate HVAC and other building service systems to prevent the spread of the coronavirus (SARS-CoV-2) disease (COVID-19) in workplaces https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V3_03082020.pdf
- 35- Froukje van Dijkenand reviewed by the COVID-19 Task Force of REHVA's Technology and Research Committee https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_Guidance_School_Buildings.pdf
- 36- Tang S et al. Aerosol transmission of SARS-CoV-2? Evidence, prevention and control. Environment International 144 (2020) 106039
- 37- Gormley M, Aspray TJ, Kelly DA, Rodriguez-Gil C (2017) Pathogen cross- transmission via building sanitary plumbing systems in a full scale pilot test-rig. PLoS ONE 12 (2): e0171556. doi:10.1371/journal.pone.0171556
- 38-
- 39-Rachael M Jones , Lisa M Brosseau. Aerosol transmission of infectious disease. J Occup Environ Med . 2015 May;57(5):501-8. doi: 10.1097/JOM.0000000000000448.
- 40- Fears AC et al. Persistence of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 in Aerosol Suspensions. Emerging Infectious Diseases, Vol. 26, No. 9, September 2020



- 41- Jones NR et al. Two metres or one: what is the evidence for physical distancing in covid-19? BMJ 2020;370:m3223
- 42- Akhtar H et al. Gynecol Obstet Invest. 2020 Jul 30:1-12. doi: 10.1159/000509290.
- 43- Auriti et al. American Journal of Perinatology. DOI <https://doi.org/10.1055/s-0040-1714346>.
- 44- Tellier et al. Recognition of aerosol transmission of infectious agents: a commentary BMC Infectious Diseases (2019) 19:101
- 45- Lednicky JA et al. Viable SARS-CoV-2 in the air of a hospital room with COVID-19 patients. medRxiv preprint August 4, 2020 doi: <https://doi.org/10.1101/2020.08.03.20167395>
- 46- Roy CJ, Milton DK. Airborne Transmission of Communicable Infection The Elusive Pathway. New England Journal of Medicine, 2004, 350(17):1710–1712.
- 47- Prevención y control de las infecciones respiratorias agudas con tendencia epidémica y pandémica durante la atención sanitaria. Directrices de la Organización Mundial de la Salud (2004)
- 48- Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions Scientific brief 09 July 2020. <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/transmission-of-sars-cov-2-implications-for-infection-prevention-precautions>



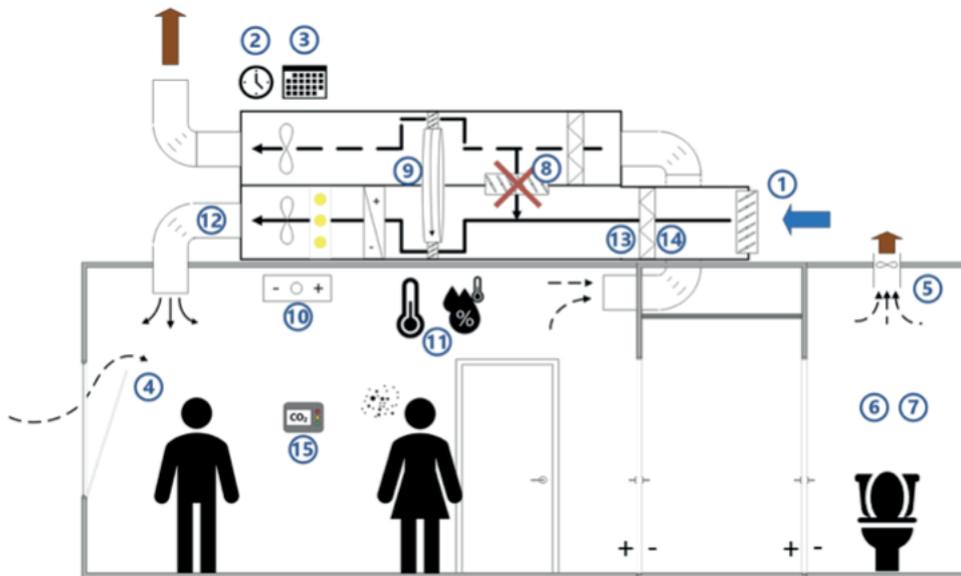
ANEXO 1. Recomendaciones prácticas para operación y mantenimiento de sistemas de ventilación y calefacción en edificios para la reducción del riesgo durante la pandemia.

Kurnitski J et al. REHVA COVID-19 guidance document, August 3, 2020 How to operate HVAC and other building service systems to prevent the spread of the coronavirus (SARS-CoV-2) disease (COVID-19) in workplaces

Traducción, resumen y adaptación: Dra. Carolina Scasso (Traductora Pública) y Dr. Julio Medina

Esta guía de la REHVA (Federación Europea de Asociaciones de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado) sobre servicios para edificios abarca 15 ítems principales, como se ilustra en la figura:

- 1- Tasas de ventilación
- 2- Horario de funcionamiento de la ventilación
- 3- Funcionamiento continuo de la ventilación
- 4- Apertura de ventanas
- 5- Ventilación de servicios higiénicos
- 6- Ventanas en los servicios higiénicos
- 7- Inodoros
- 8- Recirculación
- 9- Recuperador de calor
- 10- Ventilador-convectores y unidades de inducción
- 11- Posibles puntos de calibración (seteo) para la calefacción, refrigeración y ventilación
- 12- Limpieza de ductos
- 13- Filtros de aire exterior y de extracción de aire
- 14- Trabajos de mantenimiento
- 15 - Monitoreo de la calidad del aire interior



Aumento de la entrada y de la extracción del aire (incluye los ítems 1, 2 y 3)

1. Tasas de ventilación

En edificios con sistemas mecánicos de ventilación, se recomienda extender los tiempos de funcionamiento. Ajuste los temporizadores para que comiencen la ventilación a velocidad nominal al menos 2 horas antes de la apertura del edificio y cambien a una velocidad más baja 2 horas luego de finalizada la actividad. En sistemas de ventilación controlados a demanda, cambie el punto de calibración del CO₂ a 400 ppm para mantener el funcionamiento a una velocidad nominal.

2. Horario de ventilación

Cuando el edificio no esté ocupado, mantenga la ventilación 24/7, con tasas de ventilación menores (pero no la apague). En edificios que han permanecido cerrados por la pandemia (algunas oficinas y centros educativos), se recomienda no apagar a la ventilación, por el contrario, que funcione continuamente, a velocidad reducida durante las horas habituales de uso. En las estaciones intermedias, con bajos requerimientos de calefacción y refrigeración, las anteriores recomendaciones ayudarán a remover partículas virales de los ambientes y las superficies, con un aumento marginal del gasto en energía.



En verano e invierno, los sistemas de ventilación tienen suficiente capacidad de refrigeración y calefacción para cumplir estas recomendaciones sin comprometer el confort térmico, pero como contrapartida determinarán un aumento del consumo de energía.

El consejo general es que se suministre tanto aire exterior como sea razonablemente posible. La clave es la cantidad de aire fresco por metro cuadrado de área de planta. Si hay un reducido número de ocupantes, no los concentre en áreas más pequeñas, por el contrario, mantenga o aumente el distanciamiento físico (mínimo 2-3 m entre personas) para mejorar el “efecto dilutor” de la ventilación.

3. Funcionamiento continuo de la ventilación

Los sistemas de extracción de aire para los servicios higiénicos deben funcionar 24/7 de manera similar al sistema principal de ventilación. Debe cambiarse a la velocidad nominal al menos 2 horas antes del horario de apertura del edificio y volverse a cambiar a una velocidad menor a las 2 horas de finalizado el horario de trabajo. Si no fuera posible controlar la velocidad del ventilador, la ventilación de los servicios higiénicos deberá funcionar 24/7 a máxima velocidad.

4. Abrir más las ventanas

La recomendación general es evitar los espacios abarrotados de gente y mal ventilados. En edificios con sistemas de ventilación mecánicos, se recomienda abrir activamente las ventanas (más de lo habitual, aunque determine cierto desconfort térmico). La apertura de ventanas es una de las maneras de potenciar la tasa de recambio de aire. Al entrar en un ambiente, abrir las ventanas por al menos 15 minutos -sobre todo, si estuvo ocupado. Además, en los edificios con ventilación mecánica, la apertura de ventanas puede potenciar aún más la ventilación.

Abrir ventanas en servicios higiénicos con sistemas de extracción pasivos (ductos) o mecánicos, puede ocasionar un flujo de aire contaminado hacia otros sectores, determinando que la ventilación funcione en dirección reversa. En estos casos, debe evitarse abrir las ventanas. Si la extracción de aire no es adecuada y no puede evitarse abrir las ventanas, es importante que también se abran ventanas en otros ambientes, de manera que se den corrientes de aire a lo largo del edificio.



5. La humidificación y acondicionamiento del aire, no tienen efectos prácticos

La humedad relativa (HR) y la temperatura, contribuyen a la viabilidad de los microorganismos, a la formación de aerosoles y a la susceptibilidad de las membranas mucosas de las personas. En general, la transmisión de algunos virus en los edificios puede ser alterada al cambiar la temperatura y los niveles de humedad, ya que reducen su viabilidad. En el caso del SARS-CoV-2, esta no es una alternativa, ya que los coronavirus son bastante resistentes a los cambios del ambiente y sólo son susceptibles a una muy alta humedad relativa, por encima del 80% y a una temperatura mayor a los 30 °C, parámetros que no son alcanzables ni aceptables en edificios (ya que no son térmicamente confortables y permiten el crecimiento microbiano). Se encontró SARS-CoV-2 viable al menos por 14 días a 4°C; por un día a 37°C y por 30 minutos a 56°C.

Se demostró que SARS-CoV-2 es muy estable a una temperatura interior de 21-23 °C y una HR del 65%. De acuerdo a la evidencia disponible al momento actual, un nivel de humedad moderada (HR 40-60%) no reduce la viabilidad del SARS-CoV-2, por lo que la humidificación NO es útil para este fin.

Las microgotas se evaporarán rápidamente a cualquier nivel de humedad relativa. Las membranas mucosas son más sensibles a las infecciones a HR muy bajas 10-20 %, por esta razón se recomienda humidificar en invierno (a 20-30%), a pesar que el uso de humidificadores se ha asociado con un mayor número de licencias por enfermedad.

Como fue dicho, en edificios equipados con humidificación central, no hay necesidad de cambiar los parámetros para la humidificación (en general, 25 o 30%). Tampoco, deben ajustarse los parámetros de calefacción o refrigeración, ya que esto tampoco tendría impacto en la transmisión del SARS-CoV-2.

6. Uso seguro del equipo recuperador de calor

La transmisión de partículas virales a través de recuperadores de calor no es un problema si el sistema de calor, ventilación y aire acondicionado (HVAC por sus siglas en inglés) está equipado con una unidad de doble serpentín u otro dispositivo recuperador de calor que garantice 100% de separación del aire de entrada y de salida.



Si hay fugas en los recuperadores, las partículas y los contaminantes en fase gaseosa pueden pasar del aire de salida al de entrada. Los intercambiadores de calor rotatorios aire-aire (también llamados ruedas de entalpía) pueden determinar fugas si son de calidad deficiente o carecen de mantenimiento. Los intercambiadores de calor rotatorios que funcionan adecuadamente, dotados con sectores de purga y correctamente instalados, tienen tasas de fuga muy bajas, en el entorno del 1-2%, lo que en la práctica no es significativo. Para los sistemas existentes, la fuga debe ser menor del 5% y debe ser compensada por un aumento de la ventilación externa. Sin embargo, muchos intercambiadores de calor rotatorios no están correctamente instalados. La falla más frecuente es que los ventiladores se colocan de manera de crear una mayor presión en la salida del aire. Esto determinará una fuga del aire de salida al aire de entrada. El grado de transferencia no controlada de aire contaminado puede llegar en estos casos, al orden del 20%, el cual no es aceptable.

Los intercambiadores rotativos correctamente contruidos, montados y mantenidos no tienen transferencia significativa de contaminantes unidos a partículas (incluyendo bacterias, virus y hongos) y la transferencia se limita a contaminantes gaseosos como humo de tabaco y otros olores. No hay evidencia de que partículas virales mayores a $0,2 \mu\text{m}$ puedan ser transferidas a través de la rueda. Como la tasa de fuga no depende de la velocidad de rotación del rotor, no es necesario apagarlo. El funcionamiento normal del rotor facilita que las tasas de ventilación sean más altas. Es sabido que la fuga acumulada es mayor a flujos bajos de aire, por lo cual, deben emplearse tasas de ventilación más altas como lo recomienda la sección 1. Si se detectan fugas críticas en los recuperadores de calor, se puede ajustar la presión o efectuar un bypass (algunos sistemas pueden estar equipados con bypass) para evitar que la alta presión en la salida determine una fuga en la entrada de aire. Las diferencias de presiones pueden ser corregidas mediante el uso de compuertas u otro dispositivo razonable. En conclusión, recomendamos inspeccionar el recuperador de calor, medir la diferencia de presiones y estimar la fuga basada en la medición de temperatura.

7. No utilizar recirculación central

El material viral en los ductos de salida de aire puede volver a entrar en el edificio si las unidades centralizadas manejadoras de aire están equipadas con dispositivos de recirculación.



La recomendación general es que se evite la recirculación central durante la pandemia por SARS-CoV2: cerrar las compuertas de recirculación ya sea, con el sistema de gestión del edificio o manualmente.

En ocasiones, las unidades manejadoras de aire y los dispositivos de recirculación están equipados con filtros de retorno de aire. Esta no debe ser una razón para mantener las compuertas abiertas ya que estos filtros normalmente no filtran efectivamente el material viral, dado que tienen una eficiencia de filtrado baja o moderada (filtros clase G4/M5 o ISO grueso/ePM10).

En sistemas de aire y de aire-agua en los cuales la recirculación central no pueda ser evitada dada su limitada capacidad de calefacción o refrigeración, debe aumentarse la fracción de aire exterior tanto como sea posible y se recomiendan medidas adicionales para el filtrado del aire de retorno. Por ejemplo, el uso de filtros de alta eficiencia (HEPA). Sin embargo, debido a que determinan una mayor caída de la presión y a que se requieren marcos especiales para estos filtros, los filtros HEPA no se pueden instalar fácilmente en sistemas existentes. Por otro lado, se pueden instalar dispositivos de desinfección en los ductos como la radiación ultravioleta germicida (UVGI por sus siglas en inglés) también llamados germicidas ultravioletas (GUV). Es esencial que este equipo sea correctamente medido e instalado. Si es técnicamente posible, es preferible instalar un filtro de alta eficiencia en los marcos existentes y que se aumente la presión del ventilador de extracción de aire sin reducir la tasa de entrada de aire. Una mejoría mínima es el remplazo de los filtros de retorno de baja eficiencia por filtros ePM1 80% (antes F8). Los filtros de la clase F8 tienen una razonable eficiencia de captura para partículas cargadas de virus (eficiencia de captura del 65-90% para el PM1).

1- PM partículas en suspensión o materia particulada.

1 μ (micrón) = 0,001 mm (= PM1)

2,5 μ = 0,0025 mm (= PM2.5)

10 μ = 0,01 mm (= PM10)

ISO Grueso: ePM10 <50% (arena, pelo) ISO ePM10: ePM10 >50% (polen, polvo del desierto)

ISO ePM2.5: ePM2.5 >50% (bacterias, hongos, esporas de moho, polen)

ISO ePM1: ePM1 >50% (virus, nanopartículas, partículas de gases de escape)



8. Circulación a nivel de los ambientes: ventilo convectores, splits y unidades de inducción

En habitaciones con ventilo-convectores o unidades split (todo agua o sistemas de expansión directa), la primera prioridad es lograr una ventilación adecuada con aire del exterior. En estos sistemas, la ventilación mecánica es, en general, independiente de los ventilo-convectores o las unidades split y hay dos opciones para lograr una buena ventilación:

1. Apertura de ventanas y la instalación de monitores de CO₂ como indicadores de la ventilación con aire exterior (fresco);
2. Instalación de sistemas de ventilación mecánica portátiles (locales o centralizados, de acuerdo a las posibilidades técnicas). Esta es la única manera de asegurar en forma constante un influjo de aire exterior adecuado en las habitaciones.

Si se utiliza la opción 1, los monitores de CO₂ son importantes, porque los ventilo-convectores y las unidades split con funciones de calefacción y refrigeración mejoran el confort térmico y puede que los ocupantes demoren en percibir una mala calidad de aire y por ende la necesidad de ventilación. (Vea un ejemplo de monitor de CO₂ en el documento Guía para Edificios Escolares-Anexo 2)

Las unidades ventilo-convectoras tienen filtros gruesos que prácticamente no filtran partículas más pequeñas pero que pueden acumular partículas potencialmente contaminantes, las cuales podrían ser liberadas cuando comienzan a funcionar los ventiladores. Los ventilo-convectores y las unidades de inducción pueden requerir medidas adicionales:

1. Ventilo-convectores, techo radiante (chilled beam) y otras unidades de inducción que reciban principalmente aire del exterior (sistemas de aire-agua), y emitan aire al exterior no requieren medidas específicas, salvo aumentar tanto como sea posible la tasa de ventilación con aire del exterior;
2. Ventilo-convectores y unidades split en oficinas de un solo ambiente y hogares sólo necesitan de un aporte regular de aire del exterior;
3. Ventilo-convectores y unidades split en áreas comunes (ambientes más grandes, ocupados por varias personas) deben usarse continuamente (sin apagarse), con los ventiladores a baja velocidad. Si este ajuste no es posible, igualmente, las unidades deberán funcionar de manera continua. Si fuera posible, siempre que haya personas en los ambientes, dejar las ventanas parcialmente abiertas para incrementar la ventilación.



9. La limpieza de los ductos no tiene efectos prácticos

Al inicio de la pandemia algunos recomendaron (en forma exagerada) la limpieza de los ductos de la ventilación para impedir la transmisión del SARS-CoV2 a través de los sistemas de ventilación. La limpieza de los ductos no es efectiva para evitar la contaminación cruzada de los ambientes, porque el sistema de ventilación no es una fuente de contaminación, siempre y cuando, se cumplan las recomendaciones antes mencionadas sobre recuperación del calor y recirculación. Los virus adheridos a partículas pequeñas no se depositan fácilmente en los ductos y normalmente son transportados hacia el exterior por el flujo de aire. Por esto, no se requiere cambios en los procedimientos habituales de limpieza y mantenimiento de los ductos. Es mucho más importante el aumento del influjo de aire del exterior y evitar la recirculación de aire (de acuerdo a las recomendaciones anteriores).

10. Cambio de los filtros de aire exteriores

En el contexto de la COVID-19, surgieron interrogantes sobre el remplazo de filtros y el efecto protector en los muy poco frecuentes casos de contaminación con el virus desde el exterior, por ejemplo, si las salidas del aire están cercanas a las tomas de aire. Los sistemas de ventilación modernos (unidades manejadoras de aire) están equipados con filtros finos exteriores, localizados inmediatamente después de la toma de aire. Estos filtros (clase F7 o F88 o ISO ePM2,5 o ePM1), capturan en forma adecuada las partículas en suspensión del aire exterior. El tamaño de las partículas virales más pequeñas en los aerosoles respiratorios es de $0,2\mu\text{m}$ (PM 0,2), más pequeño que el área de captura de los filtros F8 (con una eficiencia de captura de 65-90% para PM1). No obstante, la mayoría del material viral está dentro del área de captura de los filtros. Esto implica que, en los raros casos de contaminación del aire exterior, los filtros finos ofrecen una protección razonable para la ocurrencia ocasional y a bajas concentraciones del material viral en el aire exterior.

Los equipos recuperadores de calor y de recirculación del aire están equipados con filtros de extracción menos efectivos, medianos o gruesos (G4/M5 o ISO grueso/ePM10) cuyo objetivo es proteger al equipo del polvo. Estos filtros tienen una eficiencia de captura muy baja para el material viral (ver secciones 4 de recuperadores de calor y 5 de recirculación).



En cuanto al remplazo de los filtros, seguir los procedimientos habituales de mantenimiento. Los filtros tapados no son una fuente de contaminación en este contexto, pero reducen el influjo de aire, impidiendo que se disminuyan los niveles de contaminación. Por lo tanto, los filtros deben ser reemplazados conforme a los procedimientos usuales, cuando la presión, o los tiempos están excedidos o de acuerdo al mantenimiento programado. En conclusión, no se recomienda reemplazar los filtros de aire exteriores por otro tipo de filtros, tampoco se recomienda cambiarlos antes de lo usual.

11. Procedimientos de seguridad para el personal de mantenimiento

Deben cumplirse los procedimientos de seguridad estándar, para evitar exponer a riesgos al personal de mantenimiento de los HVAC cuando realiza el mantenimiento programado, la inspección o el reemplazo de filtros, (especialmente con los filtros de extracción de aire). / Para evitar exponer a riesgos al personal de mantenimiento de los HVAC, debe observarse estrictamente los procedimientos de seguridad estándar cuando realiza el mantenimiento programado, la inspección o el reemplazo de filtros, (especialmente con los filtros de extracción de aire). Siempre debe asumirse que los filtros, ductos de aire de extracción y el recuperador de calor, tienen material microbiológico, incluyendo virus viables. Esto es particularmente importante en cualquier edificio donde recientemente ha habido una infección (un brote). Los filtros deben ser cambiados con el sistema apagado, usando guantes, protección respiratoria y deben ser descartados en bolsa cerrada.

12. Limpiadores del aire y UVGI tienen utilidad en circunstancias específicas

Los limpiadores de aire de las habitaciones remueven partículas del aire, lo que tiene un efecto similar a la ventilación con aire del exterior. Para que sean efectivos, los limpiadores de aire deben tener filtros HEPA. Desafortunadamente, la mayoría de los limpiadores de aire de menor costo, no son suficientemente efectivos. Dispositivos que usan principios de filtrado electrostático en lugar de filtros HEPA tienen una eficiencia similar (pero no son lo mismo que los ionizadores de las habitaciones). Dado que el flujo de aire a través de los limpiadores de aire es limitado, el área de planta que cubren, en general, es pequeña.



Para elegir el tamaño correcto de limpiador de aire, la capacidad de flujo aéreo de la unidad (con un nivel de ruido aceptable) debe de ser de al menos de 2 ACH (cambios de aire por hora, en su sigla en inglés) y tendrá un efecto beneficioso hasta los 5 ACH (calcule la tasa de flujo de aire [a través del limpiador de aire] en m³/h multiplicando el volumen de la habitación por 2 o 5). Si se los utiliza en ambientes grandes, deben ser colocados cerca de la gente y no en un rincón o fuera de la vista. Los equipos especiales de desinfección UVGU pueden ser instalados en los ductos de aire de extracción en sistemas con recirculación de aire, o en ambientes para inactivar virus o bacterias. Dicho equipamiento, utilizado sobre todo en centros asistenciales, debe tener el tamaño adecuado y ser correctamente instalado y mantenido. Por lo tanto, los limpiadores de aire son fáciles de aplicar como una medida de mitigación a corto plazo, pero en el largo plazo, se requieren mejoras en el sistema de ventilación para lograr tasas de ventilación de aire exterior adecuadas.

13. Uso de la tapa del inodoro

Si los inodoros están equipados con tapa, se recomienda vaciarlos con la tapa cerrada para minimizar la liberación de gotitas y aerosoles. Se debe instruir claramente en la necesidad del uso de la tapa. Los cierres hidráulicos deben estar en buen funcionamiento. Chequear regularmente los drenajes y sifones y agregue agua de ser necesario, al menos cada tres semanas.

14. Riesgo de Legionella luego de la detención de actividades

A lo largo de la pandemia del SARS CoV2 (COVID-19), varios edificios vieron reducido su uso o fueron cerrados por períodos prolongados. Esto incluye, por ejemplos, hoteles / resorts, escuelas, instalaciones deportivas, gimnasios, piscinas, saunas y muchos otros tipos de edificios e instalaciones equipadas con sistemas de HVAC y de agua.

Dependiendo varios de factores, que incluyen el diseño de los sistemas de HVAC y de los sistemas de agua, y del tiempo en el cual el edificio estuvo inactivo o con uso reducido, el agua pudo haber quedar estancada, aumentando el riesgo de la enfermedad de los Legionarios (Legionelosis) al resumir su actividad.

Antes de reiniciar los sistemas, debe realizarse un análisis de este riesgo. Se le debe solicitar a las autoridades pertinentes que provean información sobre el riesgo relativo y los procedimientos para recomenzar la actividad.



15. Monitoreo de la calidad de aire interior

El riesgo de contaminación cruzada por aerosoles es muy alto cuando las habitaciones no están bien ventiladas. Si los controles de ventilación deben ser accionados por sus ocupantes (sistemas de ventilación híbridos o naturales) o no hay un sistema de ventilación en el edificio, se recomienda instalar sensores de CO₂ en la zona ocupada, que alerten sobre la baja ventilación, especialmente en ambientes que sean usados al menos por una hora y por grupos de personas, como salones de clase, salas de reuniones, restaurantes. Durante una pandemia es recomendable cambiar los ajustes preestablecidos al sistema de alerta por luces (de semáforo) de manera que la luz amarilla /naranja (advertencia) se fije a las 800 ppm y la roja (alarma) a las 1000 ppm para que se logre una ventilación eficiente, aún con ocupación reducida. En algunos casos, pueden usarse sensores independientes de CO₂ o “semáforo de CO₂”, como ejemplo, ver la Guía para Edificios Escolares (Vea Anexo 2). Algunas veces, es aconsejable instalar una red de sensores que indique, en varios entornos y de manera adecuada si se debe abrir las ventanas o ajustar los sistemas de ventilación mecánica. Pueden almacenar datos y aportar información semanal o mensual a los administradores para así conocer lo que sucede en el edificio y en sus ambientes con alta concentración e identificar el riesgo de infección.



Resumen de las medidas prácticas para los edificios durante una epidemia.

- 1- Proveer ventilación adecuada de los ambientes con aire del exterior.
- 2- Encender la ventilación a una velocidad nominal al menos 2 horas antes del inicio de las actividades en el edificio y disminuir su velocidad luego de pasadas 2 horas de finalizadas las actividades.
- 3- Durante las noches y los fines de semana, mantener encendida la ventilación, trabajando a baja velocidad.
- 4- Abrir las ventanas en forma regular, aún en los edificios con ventilación mecánica.
- 5- Mantener la ventilación de los servicios higiénicos 24/7.
- 6- Evitar abrir las ventanas de los servicios higiénicos para mantener la correcta dirección de la ventilación.
- 7- Instruir a los ocupantes del edificio a que vacíen los inodoros con las tapas cerradas.
- 8- Cambiar las unidades manejadoras de aire con recirculación a sistemas con 100% aire del exterior.
- 9- Inspeccionar los recuperadores de calor para asegurarse que las fugas se encuentran bajo control.
- 10- Ajustar el funcionamiento de los ventilo-convectores de manera que los ventiladores estén continuamente encendidos.
- 11- No cambiar los puntos de calibración de temperatura y humedad.
- 12- Mantener los cronogramas habituales de limpieza de ductos (no es necesario efectuar limpiezas adicionales).
- 13- Reemplazar los filtros de aire exteriores y de extracción en forma habitual, de acuerdo al cronograma de mantenimiento.
- 14- El reemplazo y mantenimiento regular de los filtros debe efectuarse con las medidas estándar de protección que incluyen protección respiratoria.
- 15- Instalar una red de sensores de calidad del aire interior que le permita a los ocupantes y administradores del edificio monitorear el adecuado funcionamiento de la ventilación.



Anexo 2. Guía para centros educativos

Froukje van Dijkenand reviewed by the COVID-19 Task Force of REHVA's Technology and Research Committee

REHVA (Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning)

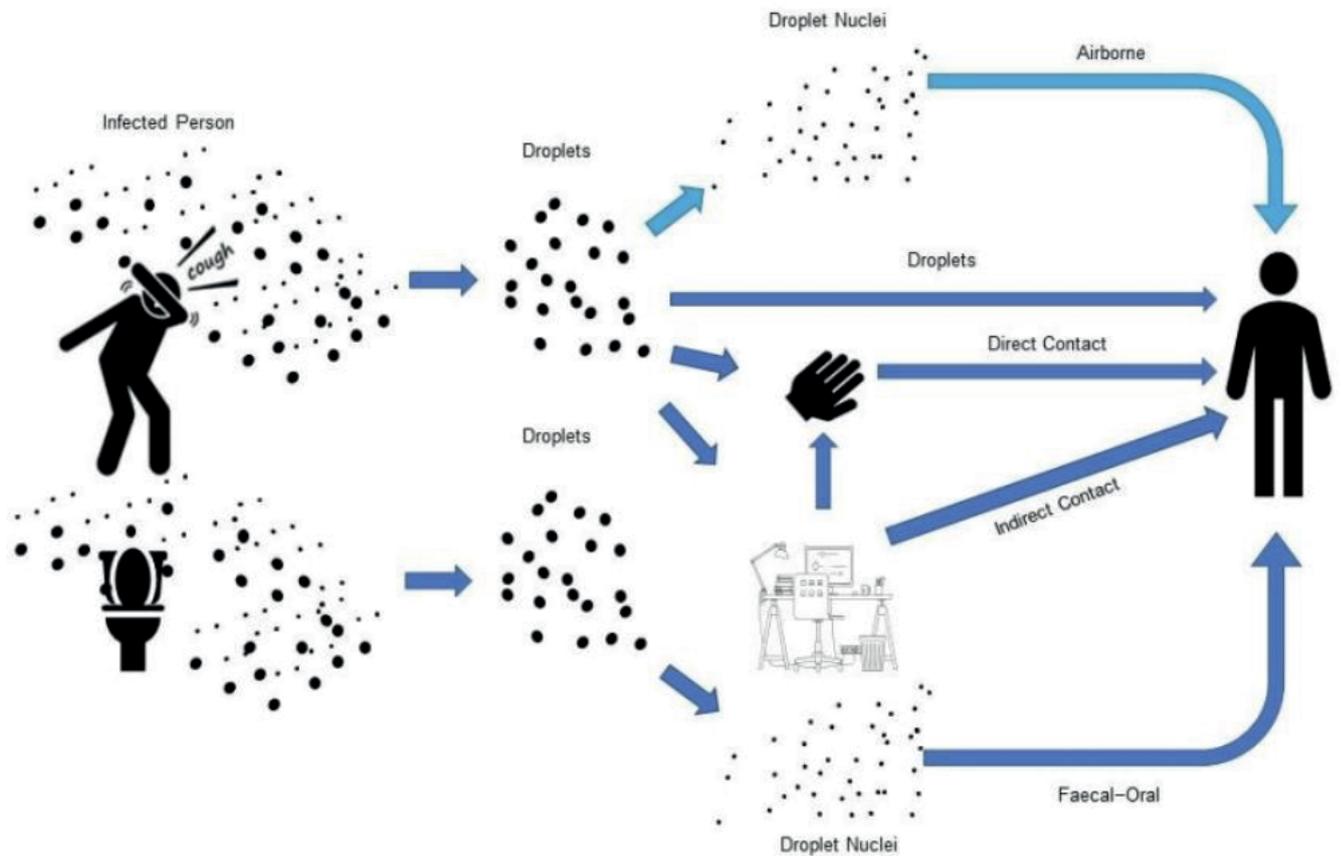
Traducción, resumen y adaptación: Dra. Carolina Scasso (Traductora Pública) y Dr. Julio Medina.

Introducción

En este documento se resumen los consejos de operación y mantenimiento de los equipos de ventilación en los edificios educativos, para prevenir la transmisión de la enfermedad por el coronavirus SARS-CoV-2 (COVID-19). Este protocolo está dirigido a equipos de dirección y administradores de los centros educativos.

Antes de hablar de las medidas preventivas, es necesario comprender los mecanismos transmisión de los agentes infecciosos. En relación al SARS-CoV-2 se pueden distinguir cuatro rutas principales:

- 1- En contacto cercano a 1-2 m vía gotitas y microgotitas (cuando se estornuda, tose o se habla).
- 2- A través del aire por núcleos de gotitas (aerosoles), las cuales pueden permanecer en el aire por horas y ser transportadas por largas distancias (emitidas cuando se respira, habla, estornuda o tose).
- 3- Por contacto con superficies (mano – mano, mano – superficie, etc.).
- 4- Ruta fecal-oral. (en estudio)



[Persona infectada / gotitas/ núcleo de las gotitas/ transmisión aérea / contacto directo, contacto indirecto/ fecal - oral]

Figura 1. Exposición a las gotitas con SARS-CoV-2, (figura: cortesía Francesco Franchimon). Los protocolos generales para los empleados y propietarios de edificios se focalizan en el monitoreo de los síntomas, el mantener el distanciamiento físico y las buenas prácticas de higiene (para las rutas de transmisión por gotitas más grandes y contacto con superficies). Para mantener el riesgo de infección tan bajo como sea razonablemente posible, recomendamos tomar medidas para la ventilación (transmisión aérea) e instalaciones sanitarias.



Ventilación

En muchos centros educativos (europeos) la ventilación suficiente es un desafío. Hoy muchos centros educativos (en Europa, al igual que en Uruguay) se ventilan naturalmente (ej., con ventanas). La ventilación natural depende significativamente de la diferencia térmica entre el aire interior, el ambiente y el viento. Como resultado, no siempre puede garantizarse que la ventilación natural sea suficiente. Los sistemas de ventilación mecánica por otro lado, aseguran un intercambio de aire continuo a lo largo del año. A continuación, se dan instrucciones prácticas para optimizar la ventilación en el corto plazo:

- Asegurar la ventilación de los ambientes con aire exterior. Compruebe que los sistemas de ventilación (natural o mecánico) de los salones de clase funcionen bien:
 - Compruebe que las ventanas y rejillas puedan ser abiertas.
 - Limpie las rejillas de la ventilación de manera que no se obstruya el flujo aéreo.
 - Haga que la empresa encargada del mantenimiento revise el sistema de ventilación mecánica.
- Instale monitores de CO₂ con indicadores lumínicos tipo semáforo (Figura 2) al menos en los salones de clase en los cuales la ventilación depende de ventanas y / o rejillas. Permiten visualizar la necesidad de ventilación extra y de abrir las ventanas. Asegúrese que el monitor de CO₂ se encuentre en una posición visible en el salón, lejos de las entradas de aire (ej., ventanas abiertas). En tiempos de pandemia, sugerimos que cambiar los ajustes de fábrica del semáforo (el naranja hasta 800 ppm y el rojo hasta 1000 ppm) para promover tanta ventilación como sea posible.
- Verifique las horas de funcionamiento de los sistemas de ventilación mecánica. Cambie la ventilación a la velocidad nominal al menos 2 horas antes de que comience el horario de clases y a una menor velocidad 2 horas después de la ocupación. Mantenga la ventilación funcionando 24/7. Esto asegura un mínimo de ventilación en todo el edificio durante la noche. Cambie las unidades manejadoras con recirculación central a 100% de aire exterior.

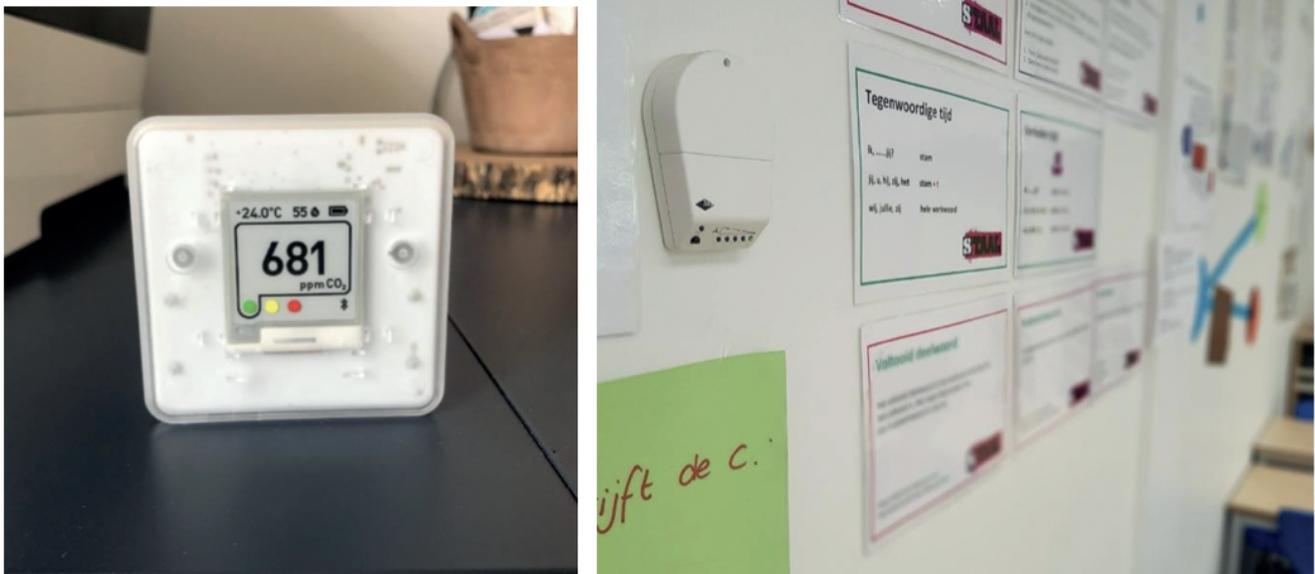


Figura 2. Ejemplos de monitores de CO₂ con indicadores tipo semáforo mostrando la calidad de aire interior.

- Ajuste el control de CO₂ en el sistema de ventilación (si existe). En estos sistemas, a fin de ahorrar energía, el intercambio de aire se reduce automáticamente si hay menor ocupación. Debe utilizarse ventilación continua para reducir el riesgo de transmisión de las enfermedades infecciosas, aunque sólo esté presente parte del alumnado. Pregúntele a la empresa encargada del mantenimiento si en su edificio la ventilación es controlada por CO₂. Generalmente, también se encargan de ajustar los niveles.
- Instruya a los docentes sobre utilizar los dispositivos de ventilación:
 - Abrir las ventanas y las rejillas tanto como sea posible durante el horario escolar. Abra las ventanas más cercanas al techo para evitar el riesgo de generar corrientes. En salones con entrada y extracción mecánica de aire esto no suele ser necesario, aunque tener ventilación extra es positivo y no interfiere con el sistema de ventilación.
 - Abrir regularmente las ventanas durante los recreos (aún en edificios con ventilación mecánica).
 - Asegurarse que los dispositivos de ventilación no están obstruidos o bloqueados por cortinas o mobiliario.



- Controle los monitores de CO2 instalados (pídale ayuda a los alumnos). Tenga en cuenta que en ciertas actividades como cantar o algunos deportes se liberan más aerosoles.
- Usar en forma habitual los sistemas de enfriamiento, como ventilo-convectores o unidades Split. Sin embargo, asegúrese que siempre haya un influjo de aire fresco del exterior por ventilación mecánica o ventanas (que puedan ser abiertas).

A largo plazo, tiene sentido mejorar la ventilación de forma estructural, ya que la mala calidad del aire, determina, entre otras cosas, cefalea, fatiga y un menor rendimiento en el aprendizaje.

Algunas empresas de instalación y mantenimiento ofrecen reemplazar filtros, pero esto NO es necesario para reducir el riesgo de infección. Sólo reemplace los filtros cuando sea necesario o ya haya sido planificado. Además, se habla de la refrigeración y humidificación del aire. Ajustar el sistema de climatización en valores menores NO es necesario y no tiene utilidad en los centros educativos. Esto mismo se aplica a la colocación de humidificadores, porque NO hay evidencia de que esto sea efectivo. Enfóquese en lo que realmente importa, como la ventilación.

Instalaciones sanitarias

Puntos a tener en cuenta en las instalaciones higiénicas (grifos, inodoros, cloacas):

- Abra grifos, duchas y vacíe inodoros antes de la apertura de la escuela. Si los grifos no se han usado por varias semanas, el agua acumulada en los caños puede ser de mala calidad.
- Verifique el correcto funcionamiento de los grifos de agua en todas las instalaciones sanitarias (con dispensadores de jabón y toallas de papel) o proporcione otros dispositivos para desinfectar las manos luego de utilizar el inodoro (sanitario).
- Reemplace los grifos comunes por grifos con sensor, de manera que puedan ser usados sin ser tocados.



- Asegúrese que los drenajes del piso no se sequen, de manera de evitar una conexión abierta al saneamiento. Rellene regularmente los drenajes con agua. Agregue aceite para prevenir que el agua se evapore rápidamente de los drenajes.
- De instrucciones para que se vacíen los inodoros con la tapa cerrada y todos se laven las manos luego de usar el sanitario.