GUÍA DE REFERENCIA COVID

Control de Contagio de COVID 19 en espacios interiores compartidos

Ingenieros Industriales
Aragón y La Rioja

Zaragoza
AYUNTAMIENTO

Los últimos años nos están enseñando que el planeta no es infinito por lo que debemos asegurar su futuro. Pero es, sin duda, la crisis actual provocada por la Covid-19 la que nos ha dejado constancia de que la vulnerabilidad frente a las pandemias y la salud pública demandan una mayor efectividad tanto de tratamientos médicos como de asegurar la calidad de algo tan necesario para la humanidad como es el aire que respiramos.

Como en todos los cambios de la sociedad los ingenieros industriales tienen en su mano las herramientas necesarias que pueden cambiar el mundo en uno de sus momentos más críticos.

Y de esa aplicación de los recursos técnicos y científicos nace esta GUÍA DE REFERENCIA COVID que explica de forma didáctica cómo se producen la mayoría de contagios por el virus SARS-COV-2: por bioaerosoles. Su objetivo es orientar a la población, a las empresas y a la administración sobre qué medidas y comportamientos dificultan el contagio.

Identificando criterios técnicos y normativos para frenar el contagio comunitario del virus. Con una calidad de aire adecuada, uso de distancia y mascarilla ajustada, se puede lograr un nivel de riesgo razonable que contenga la propagación del virus.

Finalmente se establece una metodología sencilla (aplicable por titulares y usuarios de edificios públicos o privados donde exista concurrencia de personas) para controlar de forma efectiva el contagio en espacios interiores compartidos.

José Luis Jiménez Palacios
Ingeniero Industrial por la Universidad de Zaragoza
Doctor en Ingeniería por el MIT
Catedrático de Química y Ciencias Medioambientales en la Universidad de Colorado
Colegiado de Honor del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Aragón y La Rioja

Índice

1. Formas de contagio 04
2. Calidad del aire interior: ventilación 07
3. Medición de CO_2 10
4. Ventilación 13
5. Filtración HEPA 16
6. Riesgos adicionales 17
7. Otras medidas preventivas necesarias 18
8. Distancia 18
9. Mascarilla 20
10. Conclusiones 21

Referencias y Bibliografía 22

Redactores 23

Anexo 1: Guía Básica 24

Anexo 2: Medidores de CO_2 (con sensor NDIR) 26

Anexo 3: Ejemplo de tabla utilizable para Análisis de Zonas 30

Anexo 4: Ejemplo de tabla utilizable para para Registro de Mediciones de CO_2 31

Anexo 5a: Cartel de Ventilación RITE para Espacio Interior Compartido 32

Anexo 5b: Cartel de Ventilación COVID para Espacio Interior Compartido 33

Anexo 6a: Cartel informativo Mantener Distancias 34

Anexo 6b: Cartel informativo Mascarillas 35

A modo de resumen 36

1. Formas de contagio

El 11 de marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud determina que la COVID-19 puede caracterizarse como una pandemia; tres días después, el Gobierno de España declara el Estado de Alarma.

La creencia generalizada al inicio de la pandemia sobre la transmisión del virus por gotículas y contacto con superficies se ha demostrado poco eficaz por lo que es necesario centrar las medidas preventivas en la verdadera causa de la mayoría de contagios: **la transmisión por bioaerosoles.**

El SARS-COV-2 se transmite, como la mayoría de los virus respiratorios, por vía aérea mediante aerosoles exhalados por personas contagiosas, que permanecen suspendidos en el aire largo tiempo y que pueden contagiar a otras personas al inhalarlos. Es un virus de transmisión dominante por vía aérea.

Informes de 29 de octubre de 2020 del Ministerio de Ciencia e Innovación y de 18 de noviembre de 2020 del Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social manifiestan la evidencia de la transmisión dominante por vía aérea mediante aerosoles del SARS-COV-2.

Y, recientemente también, el 1 de mayo de 2021 en la prestigiosa revista The Lancet "Diez razones científicas en apoyo de la transmisión aérea del SARS-COV-2".[1]

Calidad del aire, bioaerosoles y ventilación no son conceptos nuevos en la normativa de centros de trabajo en España. Las NTP (Notas Técnicas de Prevención) del INSST (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo) recogen extensamente estos conceptos desde hace décadas: *NTP 243 Ambientes cerrados: calidad del aire; NTP 288 Síndrome del edificio enfermo: enfermedades relacionadas y papel de los bioaerosoles; NTP 289 Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo; NTP 313 Calidad del aire interior: riesgos microbiológicos en los sistemas de ventilación/climatización; NTP 409 Contaminantes biológicos: criterios de valoración; NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior; NTP 571 Exposición a agentes biológicos: equipos de protección individual; NTP 572 Exposición a agentes biológicos. La gestión de equipos de protección individual en centros sanitarios; NTP 741 Ventilación general por dilución; NTP 742 Ventilación general de edificios.*

Otras formas de contagio (como gotículas balísticas o contacto con superficies) son posibles pero minoritarias frente al contagio por la vía aérea (aerosoles).

¿Por qué contagian los aerosoles?

Cuando una persona contagiosa exhala al respirar, con el aire salen minúsculas gotas de fluido respiratorio que pueden contener virus SARS-COV-2. Las gotas menores de 100 µm quedan suspendidas en el aire largo tiempo y se denominan aerosoles. Si otra persona respira aire con esas gotas el virus llega a sus vías respiratorias y puede infectarse.

Los aerosoles (y el virus) son invisibles pero se esparcen en el aire igual que lo haría el humo que exhalase un fumador.

¿Qué situaciones son peligrosas?

1. Cerca de personas contagiosas.

Cuando acercamos la cara a la zona donde respira una persona contagiosa la concentración de aerosoles es muy alta.

2. En espacios interiores compartidos.

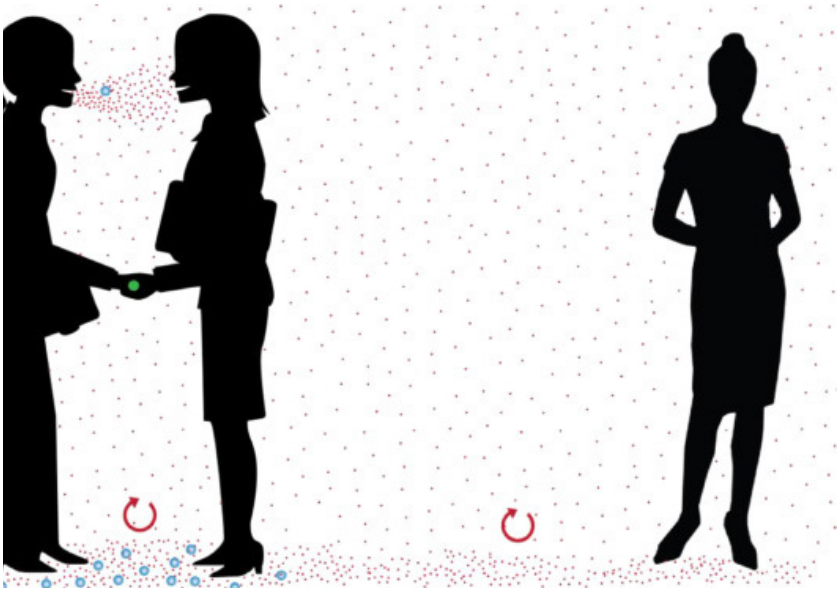
Cuando compartimos una habitación poco ventilada con una persona contagiosa los aerosoles se acumulan rápidamente en la habitación y aumenta el riesgo de contagio.

Las personas contagiosas suelen ser asintomáticas o presintomáticas por lo que no podemos percibir quién es contagioso.

Con cada contacto social se asume un riesgo de propagar el virus.

Cerca de **personas contagiosas**

A distancia en **espacios interiores** *compartidos*



Distancia de seguridad **más de 2 metros**

En interiores mal ventilados existe riesgo a mayor distancia

¿Dónde hay más contagios?

En exteriores el contagio es mucho más difícil (de 20 a 100 veces menor) que en cualquier interior.

En espacios interiores compartidos mal ventilados es donde se producen más contagios. Además del riesgo de contagio por proximidad, se producen contagios múltiples a distancia.

El riesgo de contagio es especialmente alto en interiores pequeños y cerrados (como un coche sin ventilar).

¿Es posible el riesgo CERO de contagio?

El riesgo CERO sólo es posible con confinamiento absoluto.

En exteriores usando distancia y mascarilla el riesgo es muy bajo.

En los interiores es posible un riesgo razonable (muy bajo) si adoptamos un adecuado conjunto de medidas.

¿Qué medidas preventivas evitan el contagio?

1. **Calidad del aire interior compartido**: Ventilando con aire exterior y midiendo la ventilación (CO_2) o filtrando el aire.

2. **Trasladar al exterior**, donde el riesgo es muy inferior.

3. **Reducir contacto social / exposición a otras personas**.

4. **Reducir emisión**. Controlar el uso de la voz y la actividad física.

5. **Uso de distancia social** para evitar el contagio en proximidad.

6. **Uso de mascarilla bien ajustada y de calidad** suficiente para filtrar el aire respirado (exhalado e inhalado).

Cada medida por sí sola resulta insuficiente. Es el conjunto de medidas lo que puede frenar el contagio.

Adicionalmente, se deben mantener por precaución las medidas de higiene de manos y la desinfección de locales y superficies.

2. Calidad del aire interior: Ventilación

Normativa de ventilación (obligatoria antes de la pandemia)

El **RD 486/1997** aprueba el Reglamento de **Lugares de Trabajo**. Aplica a todo centro de trabajo. En el Anexo III se establecen las condiciones ambientales de los lugares de trabajo, que exige una renovación mínima de aire de 30m³/h y trabajador para trabajos sedentarios y 50m³/h y trabajador para resto de casos.

El **RD 314/2006** aprueba el **CTE** (Código Técnico de la Edificación). Aplica a edificios de viviendas y algunos usos concretos. Dedica el DB-HS3 (Documento Básico de Salubridad) a establecer las exigencias de **calidad del aire interior.**

El **RD 1027/2007** aprueba el nuevo **RITE** (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios). Aplica a las instalaciones térmicas de los edificios. Basado en la UNE-EN 13779, dedica la IT1.1.4.2 a establecer las exigencias de **calidad del aire interior.**

Calidad del aire Interior – Ventilación con aire exterior

El RITE es la normativa de referencia en calidad del aire interior:

2. Calidad del aire interior: las instalaciones térmicas permitirán mantener una calidad del aire interior aceptable, en los locales ocupados por las personas, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los mismos, aportando un caudal suficiente de aire exterior y garantizando la extracción y expulsión del aire viciado.

IT 1.1.4.2 Exigencia de calidad del aire interior

IT 1.1.4.2.1 Generalidades

1. En los edificios de viviendas, a los locales habitables del interior de las mismas, los almacenes de residuos, los trasteros, los aparcamientos y garajes; y en los edificios de cualquier otro uso, a los aparcamientos y los garajes se consideran válidos los requisitos de calidad de aire interior establecidos en la Sección HS 3 del Código Técnico de la Edificación.

2. El resto de edificios dispondrá de un sistema de ventilación para el aporte del suficiente caudal de aire exterior que evite, en los distintos locales en los que se realice alguna actividad humana, la formación de elevadas concentraciones de contaminantes, de acuerdo con lo que se establece en el apartado 1.4.2.2 y siguientes. A los efectos de cumplimiento de este apartado se considera válido lo establecido en el procedimiento de la UNE-EN 13779.

IT 1.1.4.2.2 Categorías de calidad del aire interior en función del uso de los edificios

En función del uso del edificio o local, la categoría de calidad del aire interior (IDA) que se deberá alcanzar será, como mínimo, la siguiente:

IDA 1 (aire de óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.

IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.

IDA 3 (aire de calidad media): edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.

IDA 4 (aire de calidad baja)

El RITE establece 4 categorías de calidad del aire interior en función del uso de los edificios. La calidad del aire IDA1 es la adecuada para interiores donde se precisa evitar contagios.

IDA 1	**Aire de óptima calidad:** hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
IDA 2	**Aire de buena calidad:** oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.
IDA 3	**Aire de calidad media:** edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.
IDA 4	**Aire de calidad baja:** no se debe aplicar.

Fuente IDAE. Guía Técnica instalaciones de climatización.

¿Qué niveles de CO_2 son admisibles según el RITE?

El RITE establece 5 métodos para el cálculo del caudal de aire exterior de ventilación.

En este documento se propone controlar la transmisión de COVID por aerosoles mediante el uso generalizado del **Método directo por concentración de CO_2**, por varios motivos:

- Es un método muy sencillo por lectura directa aplicable en la mayoría de locales.
- El CO_2 emitido por las personas que comparten un local es proporcional a los aerosoles acumulados en el aire.
- Permite la toma rápida de decisiones.
- Orienta el comportamiento del público y trabajadores.

Este método establece concentraciones de CO_2 (relativas al aire exterior) que no se pueden superar en función del uso del local. Si asumimos 400 ppm como concentración habitual de CO_2 del aire exterior obtenemos los siguientes valores límite:

Categoría	ppm (*)	Valores límite (**)
IDA 1	350	750 ppm
IDA2	500	900 ppm
IDA3	800	1200 ppm
IDA4	1.200	

*Concentración (partes por millón en volumen) por encima de la concentración en el aire exterior.

**Asumiendo valor del aire exterior 400 ppm

Qué niveles de CO_2 son admisibles en situación de pandemia?

En situación de pandemia el riesgo de contagio comunitario es muy alto. La categoría mínima de calidad del aire necesaria en cualquier interior compartido es IDA 1 (la exigida para usos con riesgo de contagio: hospitales, clínicas, laboratorios, guarderías).

Niveles de CO_2 admisibles en pandemia

El valor límite general en espacios interiores compartidos debe ser **700 ppm de CO_2**: Riesgo razonable.

Zonas de pequeña ocupación (hasta 6 personas) y sin público (presencia sólo ocasional) admisible **800 ppm de CO_2.**

En interiores con riesgos adicionales de contagio (por uso de la voz, actividad física intensa, mascarilla retirada, distancia no mantenida...) admisible **600 ppm de CO_2.**

En locales con fuentes adicionales de CO_2 (por animales o procesos de combustión) el método de medición de CO_2 puede no ser aplicable. Estos locales precisarán informe técnico justificativo de que la calidad del aire es equivalente a IDA1.

3. Medición de CO_2

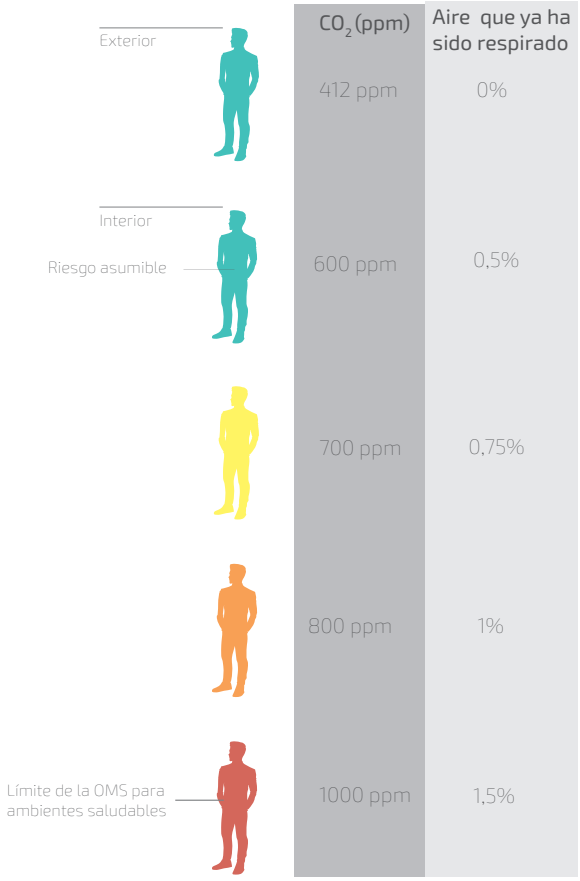
¿Qué información me aporta un medidor de CO_2 NDIR?

El medidor de CO_2 NDIR, usado en un espacio interior, es un buen indicador para saber la cantidad de **aire que ya ha sido respirado** por las personas que ocupan ese espacio interior.

Cuanto menor es la cantidad de aire que ya ha sido respirado menor es el riesgo de contagio.

El aire exterior habitualmente contiene unas 400 ppm de CO_2.

En la tabla adjunta se muestra la cantidad de aire respirado al incrementarse el nivel de CO_2.



1. Adquiera un medidor de CO_2 NDIR portátil de mano:

Para elegir un medidor puedes consultar el Anexo 2 – Medidores.

También puede consultar en **www.aireamos.org:** *F. Villanueva, E. Jiménez, J. M. Felisi, T. Garrido, J. L. Jiménez, M. Ródenas y A. Muñoz.* Guía sobre medidores de CO_2 disponibles en España, versión 1.4, 17/04/2021.

Los medidores de CO_2 con sensor NDIR (Non-Dispersive Infrared) son los que funcionan mejor. No se recomiendan dispositivos más baratos de otro tipo (p.e. electroquímicos) o con varios sensores que midan además de CO_2, TVOC y HCHO, porque es otro tipo de sensor que puede funcionar mal.

Precio usual entre 80 y 200€.

Aprende a medir el CO_2: Lea primero las instrucciones del fabricante y mida en distintos entornos: la oficina, el taller, el coche, el transporte, el comercio, el bar, en casa y en la calle. Mida diferentes puntos. Mantenga el medidor a más de 1 metro de la boca (exhalamos 40.000 ppm de CO_2), separado de rejillas de ventilación y de aperturas al exterior y espera unos minutos.

Aprenda a ventilar: Ajuste la ventilación y observe cómo cambia la concentración de CO_2 pasados unos minutos. Intente conseguir valores estables por debajo de 700-800 ppm. Luego intente conseguir valores inferiores a 600 ppm de CO_2.

2. Analice el Local

Inventario de zonas: anote los espacios interiores compartidos por personas en su local. Estime la ocupación prevista, el tiempo de uso, la ventilación y los riesgos adicionales (uso de la voz, actividad física, mascarilla retirada, distancia no mantenida…)

No olvide zonas de aseos, vestuarios y office donde las personas se retiran la mascarilla cuando los usan. Son de riesgo elevado.

Para locales con concurrencia superior a 10 personas puedes usar el **Anexo 3 – Análisis** o contactar con un profesional

Registro de valores: Con el medidor de CO_2 portátil de mano (tras 30 a 50 min de ocupación) mida valores en varios puntos de cada zona. Pruebe distintas ocupaciones y ventilaciones.

Durante la pandemia conviene mantener un registro diario de niveles en zonas que permite trazabilidad y aprendizaje. Se puede usar el **Anexo 4 – Registro** u otro sistema de registro.

El **objetivo** será **proteger** los puntos más desfavorables (que den niveles altos) ocupados por personas, instalando ahí medidores.

3. Instale medidores de CO_2 NDIR

Existen distintos tipos de medidores:

- **Portátiles de mano:** para hacer muestreos.
- **Fijos de sobremesa o mural:** para control continuo.
- **Tipo panel:** de mayor tamaño para lectura a distancia.
- **Sensores en instalaciones de Clima.**
- **Sensores independientes: con salida de señal.**

Valore si precisa que el medidor disponga de descarga de datos, telemedida por wifi, relés de accionamiento…

¿Cuántos medidores de CO_2 necesito?

Zonas de pequeña ocupación (hasta 6 personas) y sin público (presencia sólo ocasional) puede bastar con mediciones diarias, pero es preferible la medición continua con medidor fijo y visible.

En el resto de zonas el número de medidores necesarios depende de la configuración y el tamaño del local:

- Instalar al menos 1 medidor fijo en cada espacio con mayor ocupación o con presencia de público del local.
- Para espacios de grandes dimensiones usar varios medidores repartidos. En recintos desde 100, 280, 550 o 900 m² usaremos 2, 3, 4 o 5 medidores respectivamente.
- Si el recinto tiene una forma muy alargada o estrechamientos que dificultan la circulación del aire, es recomendable instalar medidores adicionales.
- Espacios abiertos al público como hostelería y comercios deben disponer de un medidor tipo panel o monitor fácilmente visible al público.

Medidor de tipo panel en cada espacio interior compartido con capacidad de más de 80 personas (oficinas, talleres, naves, aulas, museos, cines, teatros, bibliotecas, religioso), en cada espacio comercial al público con más de 20 personas (supermercado, tiendas, panaderías, peluquerías, clínicas, farmacias, bancos), en cada espacio al público con riesgos adicionales como hostelería-restauración-ocio-deporte con más de 6 personas (hoteles, residencias, office, cafeterías, bares, restaurantes, recreativos, salas, gimnasios, vestuarios)

En locales complejos por las instalaciones, ocupación o riesgo se recomienda contactar con un profesional que diseñe la estrategia de medidores **de CO_2 a instalar.**

4. Cartel de Ventilación COVID

El cartel **Anexo 5 – Cartel de Ventilación COVID** expuesto al público en el local sirve para informar los límites de CO_2 que no deben superarse en tu local, orientar el comportamiento de los trabajadores e informar al público.

Se colocará junto a cada medidor tipo panel. Y se recomienda junto a los medidores fijos.

5. Toma de decisiones

Las zonas donde aumente el nivel de CO_2 por encima del límite requieren **aumentar la ventilación** y/o **reducir la ocupación**.

Si se supera el límite de CO_2 más de 2 veces en una semana será necesario tomar medidas para aumentar la **ventilación**, utilizar la **filtración HEPA** y/o establecer **aforos** para no superar los límites.

Si con la ventilación disponible supera los límites de CO_2 y no sabe que medias aplicar contacte con un profesional.

4. Ventilación

Ventilación: proceso de renovación del aire de los locales para limitar el deterioro de su calidad, desde el punto de vista de su composición, que se realiza mediante entrada de aire exterior y evacuación de aire viciado.

Ventilación mecánica: ventilación en la que la renovación del aire se produce por el funcionamiento de aparatos electro-mecánicos dispuestos al efecto. Puede ser con admisión mecánica, con extracción mecánica o equilibrada.

Ventilación natural: ventilación en la que la renovación del aire se produce exclusivamente por la acción del viento o por la existencia de un gradiente de temperaturas entre el punto de entrada y el de salida.

* *Extraído de CTE - DB HS Salubridad HS 3 Calidad del aire interior.*

¿Qué hay que hacer en ventilación?

El concepto clave en ventilación es renovar con aire exterior.

El objetivo para COVID es mantener valores de CO_2 lo más parecidos al aire exterior y nunca superar los valores límite.

Podemos ventilar con:

- **Ventilación mecánica:** Utiliza los equipos de clima del local. Aportarán aire exterior tratado (filtrado y acondicionado) y distribuido por todas las zonas del local.
- **Ventilación natural**: Es tan sencillo como mantener abiertas puertas y ventanas para que entre aire exterior.
- **Ventilación mixta**: combinación de mecánica y natural.

Y **ajusta la ventilación**: Verifica con frecuencia los niveles de CO_2 (medidor de CO_2 NDIR) en las distintas zonas para ajustar la ventilación.

El cartel **Anexo 5 – Cartel de Ventilación COVID** informa los límites de CO_2 que no deben superarse en tu local.

La ventilación mecánica tiene que ser:

A - Con aporte de **Aire exterior**: Durante la pandemia es necesario aumentar el aporte de aire exterior. Sea con admisión/extracción mecánica o con equipos de clima.

C - **Continua**: Utiliza los equipos de clima en caudal alto y todo el tiempo que el local está en uso con ocupación de personas.

M - **Medida**: Verifica con frecuencia el nivel de CO_2 (medidor de CO_2 NDIR) para ajustar la ventilación de cada zona.

Algunos equipos de clima no intercambian aire con el exterior (no ventilan) y sólo recirculan el aire sin renovarlo.

Un profesional en climatización puede informarte sobre qué equipos de clima aportan aire exterior y a qué zonas.

Para sistemas de clima por conductos puedes verificar la ventilación midiendo los niveles de CO_2 en las rejillas:

- en **extracción** los valores serán cercanos al aire interior y
- en **impulsión** deberían ser cercanos a 400ppm (aire exterior), por lo que valores altos nos indican ventilación inadecuada.

Un profesional en climatización puede aumentar la entrada de aire exterior, reducir la recirculación de aire, ajustar la extracción/impulsión por zonas o proyectar mejoras en la instalación del local.

En zonas húmedas (aseos, vestuarios, office y cocinas) hay que revisar los extractores para que sean mecánicos, con salida al exterior y capacidad de funcionar 24 horas. Aplica mejoras. Deben funcionar en continuo mientras el local permanece en uso.

Si se necesita mejorar la ventilación en otras zonas se puede usar impulsión mecánica (preferible con filtro), con conducto de entrada desde el exterior y capacidad de funcionar 24 horas. Deben funcionar en continuo mientras el local permanece en uso.

Consulta con un profesional para mejorar la ventilación con extracción (zonas húmedas) o con impulsión con filtro.

El mantenimiento adecuado de los sistemas de climatización y la sustitución de filtros ayudan a mejorar la ventilación.

Evita humedad relativa (HR) muy baja (<30%) o muy alta (>70%). Evita temperaturas muy bajas (preferible mantener temp. cercana a 23ºC). A menos de 10ºC el riesgo aumenta mucho.

La ventilación natural tiene que ser:

C - Continua: La máxima apertura que permita el clima y todo el tiempo que el local está en uso con ocupación de personas.

C - Cruzada: Abriendo puertas y/o ventanas opuestas (y mejor en diagonal) para generar una corriente suave entre extremos.

D - Distribuida: Es preferible repartir la apertura entre múltiples entradas y salidas para generar corriente por todo el espacio.

M - Medida: Verifica con frecuencia el nivel de CO_2 (medidor de CO_2 NDIR) para ajustar la ventilación de cada zona.

La ventilación intermitente (abrir y cerrar) está desaconsejada. Ventilar antes de ocupar el local no tiene sentido porque no hay aerosoles contagiosos acumulados. Si las condiciones climáticas lo permiten, aumenta al máximo la ventilación natural.

Para locales muy pequeños mantener la puerta abierta (con un tope regulable) todo el día es muy económico y efectivo. Y mejor con otras aberturas (ventana, rejilla... con un tope regulable) en otro extremo del local para generar una corriente suave. El nivel de CO_2 del medidor te servirá para conocer la apertura necesaria.

En terrazas cuanto más abierto mejor (máx. 2 lados cerrados).

En transporte (vehículos, taxis, autobuses...) es imprescindible la ventilación natural continua manteniendo ventanillas abiertas.

Para instalaciones grandes y complejas acude a un profesional. La ventilación natural puede descompensar los sistemas de ventilación mecánica y dar lugar a una ventilación inadecuada.

Un profesional en climatización puede darte las mejores soluciones para lograr la mejor ventilación para tu local. Las guías de ASHRAE, REHVA, ATECYR, IDAE... aportan criterios para prevenir el contagio de COVID.

Algunas medidas a considerar son:

- Funcionamiento a caudal alto mientras el edificio está en uso.
- Verifica y garantiza caudal suficiente de aire exterior.
- Reduce la recirculación de aire al mínimo.
- Revisa las fugas en recuperadores de calor o hacer baipás.
- Extracción mecánica en aseos y office en continuo.
- Ajusta las consignas de temperatura y HR frene al virus.
- Añadir medición de CO_2 en instalación de clima.
- Uso continuo de *fancoils* y *splits* optimizando el filtro.
- Mantenimiento de instalaciones y sustitución de filtros.

5. Filtracion HEPA

¿Por qué funciona la filtración?

La filtración funciona porque las personas exhalamos aerosoles al respirar que quedan acumulados en el aire largo tiempo. Los filtros (como las mascarillas) tienen capacidad de retener parte de estos aerosoles y "limpian" el aire de aerosoles.

¿Qué son los filtros HEPA portátiles?

Los **filtros HEPA** (del inglés "High Efficiency Particle Arresting") portátiles constan de un ventilador de alta potencia que hace pasar aire por un filtro (UNE-EN 1822-1:2020) de alta eficiencia. El filtro retiene gran cantidad de partículas pequeñas, por lo que son muy efectivos para eliminar aerosoles con SARS-COV-2 del aire. Su funcionamiento no cambia el valor de CO_2 del local.

Los filtros HEPA sólo protegen adecuadamente si los hacemos funcionar en modo continuo y a caudal máximo (máxima potencia) todo el tiempo de uso del espacio protegido

Pueden utilizarse para proteger espacios difíciles de ventilar, pero cumpliendo siempre los límites del RITE (1200ppm en hostelería y comercio o 900ppm en oficinas). También se usan como medida adicional a la ventilación para disminuir el riesgo de contagio.

Para espacios abiertos al público con riesgos adicionales como hostelería- restauración- ocio-deporte (hoteles, residencias, office, cafeterías, bares, restaurantes, recreativos, salas, gimnasios, vestuarios) es necesario el proyecto de un profesional en Clima.

Límites de CO_2 cuando se usan filtros HEPA:

Cuando se usan filtros HEPA los límites de CO_2 que no hay que superar son los establecidos en el RITE (RD1027/2007) según la categoría de calidad del aire interior (IDA) exigida para cada zona.

Método simplificado

Este método se basa en el criterio Harvard que propone 5 o 6 filtraciones por hora de todo el aire del espacio a proteger.

Volumen a filtrar: Calculamos el volumen del espacio a proteger multiplicando la superficie (en m^2) por la altura media (en m). El resultado (en m^3) lo multiplicamos por 5 o 6 veces y ese será el volumen de aire a filtrar cada hora (en m^3/h).

CADR: El manual de instrucciones del filtro HEPA portátil debe indicar el CADR en m^3/h (metros cúbicos filtrados por hora). Si el CADR es superior al volumen a filtrar el equipo es suficiente. Si no es suficiente necesitaremos varios filtros.

Volumen filtrado: Es la suma de los CADR de los filtros usados.

$$(CADR_1 + CADR_2 + CADR_3 + \ldots) = Vol_{\text{filtrado}} > Vol_{\text{a filtrar}}$$

Cálculo más preciso

Si cuenta con conocimientos técnicos suficientes de ventilación puede usar una calculadora de filtros HEPA:

https://calculadora-cadr.web.app/
https://calculadorafiltroshepa.com/

Si tienes dudas contacta con un profesional.

La filtración HEPA es un sistema neutro para el ser humano que sólo elimina partículas del aire sin generar ningún tipo de contaminante, por lo que es la aconsejada.

Desaconsejamos ciertas tecnologías de limpieza de aire

Pueden resultar nocivas soluciones de limpieza del aire que aportan **contaminantes directos** al ambiente (como ozono, lejía, agua oxigenada...) y de soluciones que **producen oxidación** de compuestos orgánicos en el aire (como ionización, ultravioletas...) y dan lugar a multitud de compuestos orgánicos volátiles (COV) secundarios peligrosos. Estos sistemas pueden ser adecuados para aplicaciones muy concretas, pero normalmente requieren ventilar después de su uso para eliminar contaminantes y no deben usarse en presencia de personas. **No se recomiendan.**

6. Riesgos adicionales

Son riesgos adicionales los que generan más aerosoles, aumentan su pervivencia, facilitan el contagio u ocasionan mayor daño.

Principales riesgos adicionales:

Uso de la voz. Cuando usamos la voz se generan más aerosoles. Hablar genera 10 veces más aerosoles que estar en silencio. Cantar o gritar unas 50 veces más. La emisión de aerosoles es mayor en actividades con uso continuo de la voz, como interiores donde se habla con frecuencia y con sonido ambiental elevado.

Actividad física intensa. Cuando incrementamos la actividad física, se incrementa la actividad respiratoria y espiramos con más fuerza produciendo más aerosoles. Es significativo en trabajos con esfuerzo intenso y actividades deportivas o de ocio.

Mascarilla retirada. Algunas actividades requieren retirar la mascarilla eliminando el filtrado de aerosoles. Como en el sector restauración para ingerir alimentos y bebidas, en consultas de atención sanitaria o dentistas y personas de autonomía reducida.

Distancia no mantenida. Cuando estamos cerca de la boca de una persona contagiosa hay más concentración de aerosoles. Es significativo en trabajo con ancianos, niños y pacientes o en locales comerciales y de ocio con personas en proximidad.

Otros riesgos adicionales a considerar son:

- Acumulación de personas. Cuantas más personas hay es más probable la presencia de una persona contagiosa.
- Tiempo de permanencia. Permanecer más tiempo en un interior aumenta la posibilidad de que el virus logre infectar.
- Personas sensibles. Personas de mayor edad o sensibilidad, por las peores consecuencias de contraer la enfermedad.
- Pérdida de autocontrol. Por capacidades físicas/psíquicas reducidas o por consumo de alcohol, drogas o medicamentos.
- Temperatura/ Humedad Relativa (HR). Temperatura muy baja o HR muy baja o muy alta, aumentan la pervivencia del virus.

7. Otras medidas preventivas necesarias

Otras formas de reducir contagios por exposición de las personas a espacios interiores compartidos son:

Trasladar al exterior

Trasladar actividades al exterior reduce de 20 a 100 veces el riesgo de contagio todo el tiempo que evitamos el interior.

Ejemplos: Trasladar actividades al exterior; Esperar haciendo fila en el exterior; Recogida de pedidos; Servicios a domicilio...

Reducir exposición

Reducir el contacto social y la exposición a otras personas. Distribuir la presencia de personas en la jornada reduce la concurrencia simultánea de personas y el riesgo de contagio.

Ejemplos: Concertar cita previa; Reducir tiempos de presencia; Reducir aforos en interiores; Distribuir reuniones y atención al público durante la jornada; Jornadas continuas (no partidas); Flexibilizar entradas/salidas; Teletrabajo; Reuniones telemáticas...

El teletrabajo y las reuniones telemáticas eliminan la exposición del tiempo de presencia y del tiempo de desplazamiento.

Reducir emisión

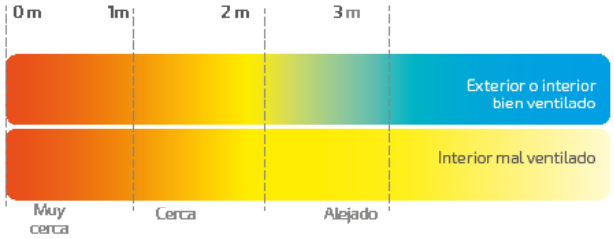
Controlar el uso de la voz y la actividad física en interiores.

Ejemplos: Reducir volumen de voz en interiores; No cantar ni gritar en interiores; Reducir nivel sonoro (música o ruidos); Trasladar ocio, conciertos o actividades deportivas a exteriores...

8. Distancia

La distancia funciona porque las personas exhalamos aerosoles al expirar (expulsar aire por la boca o nariz). Cerca de la boca de una persona contagiosa es muy fácil respirar sus aerosoles.

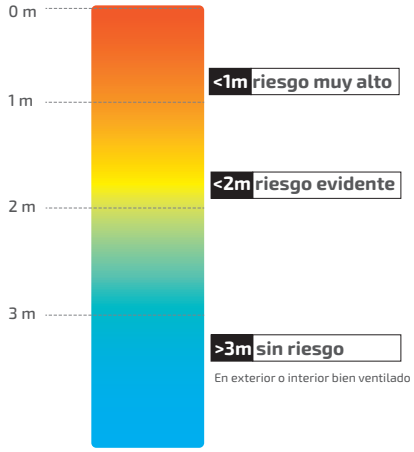
La calidad del aire en interiores compartidos es importante para reducir el riesgo de contagio a distancias medias o largas. Pero a corta distancia no elimina el riesgo. Se muestra en el gráfico:



A menos de 1 metro el riesgo es muy alto y hasta 2 metros es evidente.

¿Qué distancias son seguras?: Regla del 1-2-3

La Regla del 1-2-3 es fácil de recordar:



Dentro de los grupos de personas hay que aumentar distancia interpersonal a más de 1 m (mejor 2 m). Y hay que mantener distancia entre grupos de personas de más de 1,5 m (mejor 2 m).

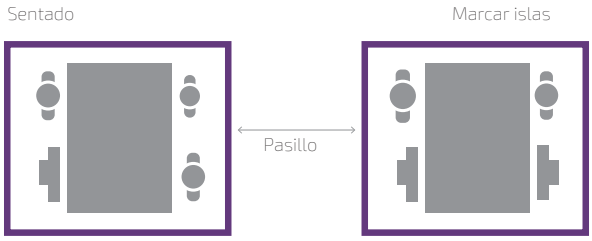
Cómo mantener distancias en interiores

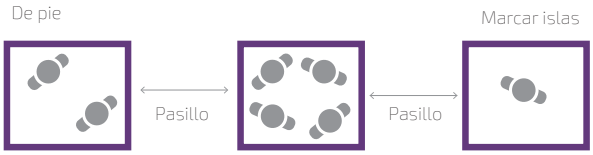
La pandemia es una situación excepcional que requiere...

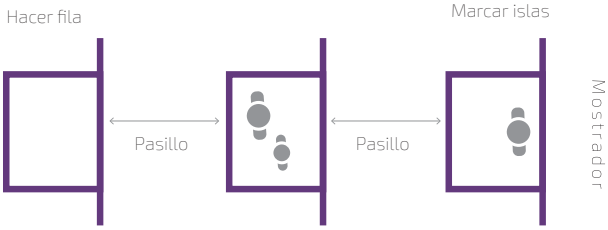
Marcar islas en el suelo con **pasillos de separación** entre ellas para orientar el comportamiento de las personas y facilitar el control por parte del responsable del local:

- Los grupos de personas deben permanecer dentro de su isla.
- Pasillo de separación mínimo de 1,5 m (preferible 2 ó 3 m).
- Puestos de trabajo fijos mejor de 2 ó 3 m de pasillo.
- Para deporte o actividad física intensa mejor de 3 a 5 m.

Ejemplos de cómo mantener distancia en hostelería o comercio:







Entre puestos de trabajo fijos con extracción localizada o con corriente trasversal puede reducirse la distancia. Consultar con un profesional.

9. Mascarilla

El uso de **mascarilla** depende principalmente del comportamiento de las personas y en segundo lugar de la organización del local. Las medidas que dependen de las personas son más difíciles de gestionar. Existe **responsabilidad compartida** entre el responsable del local y la persona que incumple.

El responsable del local debe informar y exigir de forma clara el uso de la mascarilla bien ajustada y de buen material. El cartel informativo **Anexo 6 – Distancia / Mascarilla** expuesto al público en el local sirve para informar. El empresario (con sus empleados) debe exigir el cumplimiento.

¿Por qué funciona la mascarilla?

La mascarilla **filtra el aire** reduciendo los **aerosoles** respirados. Funciona porque las personas exhalamos aerosoles al expirar (expulsar aire por la boca o nariz). La mascarilla bien ajustada (cubriendo boca y nariz y sin que salga aire por los lados) filtra el aire que sale de la boca de una persona contagiosa reduciendo la cantidad de aerosoles emitidos.

En un segundo paso la mascarilla bien ajustada vuelve a filtrar el aire que entra en la boca de la persona susceptible de ser contagiada reduciendo la cantidad de aerosoles inhalados.

Sólo funciona si está **bien ajustada** y es de **buen material.**

¿Cómo elegir la mascarilla adecuada?

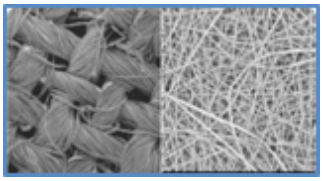
El ajuste: factor crítico.

Si no ajusta no filtra. La forma y tamaño dependen de cada persona. No tiene que dejar huecos. Tiene que sellar bien en la nariz y en todos los lados. La pinza nasal y las almohadillas sellan las fugas por la nariz. Las de orejera ajustan poco. Las de gomas tras-nuca ajustan mejor.

El material: factor crítico.

Si el material es inadecuado filtrará poco o nada. Materiales rígidos (pantallas) o rejillas no filtran nada. Telas tejidas (ver foto) suelen filtrar poco (dejan huecos grandes). Materiales esponjosos de fibras (ver foto) suelen filtrar bien y facilitan la respiración.

TELA TEJIDA



FIBRAS SIN HUECOS

La respirabilidad (resistencia a la respiración) debe ser baja (≤60 Pa/cm²). Si es muy alta no deja respirar y el aire saldrá por los laterales. Y estará certificada por un laboratorio acreditado.

La vida útil: factor secundario.

En ambientes industriales agresivos puede colmatarse rápido y perder eficacia. Para COVID puede tener varios usos si mantiene condiciones de higiene.

Es **muy importante huir** de “cosas” que no son mascarilla como las de barbilla, pantallas, rejilla, otros… que deberían prohibirse.

¿Cuándo hay que usar la mascarilla?

En situación de pandemia el uso de mascarilla es imprescindible siempre en **espacios interiores** y **cerca de personas** en exteriores.

En los puestos de trabajo en interiores no hay que retirar nunca la mascarilla. Ni siquiera en despachos o en puestos que están alejados. Al retirarla no filtra el aire respirado y se acumulan más aerosoles en el aire interior.

En hostelería (tanto en terrazas como en interiores) debe usarse todo el tiempo que sea posible y sólo retirarla el tiempo imprescindible para ingerir alimentos o bebidas.

Es especialmente importante usar mascarilla bien ajustada **al hablar** porque exhalamos muchos más aerosoles.

En situaciones de actividad física intensa, gritar, bailar, deporte, correr y otros, se incrementa la emisión de aerosoles, por lo que se hace más necesario el uso de mascarilla bien ajustada.

10. Conclusiones

Los apartados 1, 2 y 6 aclaran los conceptos básicos necesarios sobre formas de contagio, calidad de aire y riesgos adicionales.

Los apartados 2 a 5 detallan las medidas para calidad de aire y los apartados 7 a 9 detallan el resto de medidas preventivas necesarias, sin precisar de especiales conocimientos técnicos.

El **Anexo 1 – Guía Básica** proporciona una orientación simplificada (aplicable por titulares y usuarios de edificios públicos o privados donde exista concurrencia de personas) para poner en práctica esta Guía de Referencia y así controlar de forma efectiva el contagio en espacios interiores compartidos.

Cuando en esta Guía de Referencia se indica "profesional" quiere decir profesional competente en la materia como pueden ser un experto en climatización (proyectista, instalador o mantenedor), arquitecto, ingeniero o higienista industrial del Servicio de Prevención, según cada caso.

El contagio se produce por dos situaciones: **1. Cerca de personas contagiosas** y **2. En espacios interiores compartidos.** Y se hace más probable conforme aumenta el tiempo de exposición.

El riesgo de contagio en cualquier **espacio interior compartido** es de 20 a 100 veces superior a los espacios exteriores.

No es viable conseguir el riesgo Cero. Pero se puede conseguir un riesgo razonable haciendo que el aire interior se parezca al aire exterior. En los espacios exteriores sólo existe el riesgo a corta distancia, que se soluciona con distancia y mascarilla.

Las infecciones respiratorias pueden prevenirse mejorando la calidad del aire y los sistemas de ventilación en interiores.

Este procedimiento desarrolla la aplicación práctica de la Carta a la Presidencia del Gobierno de España, Gobiernos Autonómicos, y otros cargos públicos con responsabilidades en materia sanitaria de 24-mar-2021 para la prevención de contagios de COVID-19.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

1. Informe Científico sobre vías de transmisión de SARS-CoV-2, Informe para el Ministerio de Ciencia e Innovación de España, 29-oct 2020. https://www.ciencia.gob.es/portal/site/MICINN/menuitem
2. Evaluación del riesgo de transmisión de SARS-CoV-2 mediante aerosoles. Medidas de Prevención y recomendaciones, Ministerio de Sanidad, 18-nov-2020. https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/COVID19_Aerosoles.pdf
3. Ten scientific reasons in support of airborne transmission of SARS-CoV-2. (Diez razones científicas en apoyo de la transmisión aérea del SARS-CoV-2), The Lancet, 1-may-2021. https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(21)00869-2/fulltext
4. Colección de Notas Técnicas de Prevención (NTP) del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). https://www.insst.es/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion.
5. NTP 243 Ambientes cerrados: calidad del aire. https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_243.pdf/9f6cbba4-ac26-4d0b-aae7-068ca6e66914
6. NTP 288 Síndrome del edificio enfermo: enfermedades relacionadas y papel de los bioaerosoles. https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_288.pdf/5076f767-d258-4a8a-9bbe-e724afd8e62c
7. NTP 289 Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo. https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_289.pdf/7299d03d-aba7-4b06-8adb-5d5732fb5eb9
8. NTP 313 Calidad del aire interior: riesgos microbiológicos en los sistemas de ventilación/climatización. https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_313.pdf/383a6fc7-adfe-4d5d-92dc-49b7220be3d5
9. NTP 409 Contaminantes biológicos: criterios de valoración. https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_409.pdf/b6ec0732-f80a-4337-98c7-2e1407da5c2e
10. NTP 549 El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior. https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_549.pdf/e9364a82-6f1b-4590-90e0-1d08b22e1074
11. NTP 571 Exposición a agentes biológicos: equipos de protección individual. https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_571.pdf/afa2c09a-4661-4972-8bb6-d2b5c8574c71
12. NTP 572 Exposición a agentes biológicos. La gestión de equipos de protección individual en centros sanitarios. https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_572.pdf/bbec85f7-6e44-4077-9026-c670d5027610
13. NTP 741 Ventilación general por dilución. https://www.insst.es/documents/94886/327446/ntp_741.pdf/6e87a3f1-0c81-4323-9be5-772e2e593a18
14. NTP 742 Ventilación general de edificios. https://www.insst.es/documents/94886/327446/ntp_742.pdf/08383321-e605-4355-b830-c783a7d50b9c
15. Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8669
16. Guía técnica para la evaluación y la prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo - Año 2015. https://www.insst.es/documentacion/catalogo-de-publicaciones/guia-tecnica-para-la-evaluacion-y-la-prevencion-de-los-riesgos-relativos-a-la-utilizacion-de-los-lugares-de-trabajo
17. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. https://www.codigotecnico.org/
18. Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-15820
19. UNE-EN 13779:2008 Ventilación de los edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos. (sustituida por: UNE-EN 16798-3:2018 Eficiencia energética de los edificios. Ventilación de los edificios.) https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0041177
20. IDAE 17 Guía técnica Instalaciones de climatización con equipos autónomos. https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_17_Guia_tecnica_instalaciones_de_climatizacion_con_equipos_autonomos_5bd3407b.pdf
21. Enciclopedia OIT. Capítulo 44. Calidad del aire interior. https://www.insst.es

    documents/94886/162520Cap%C3%ADtulo+44.+Calidad+del+aire+interior

REDACTORES

Carlos López Serrano es Ingeniero Industrial. Lleva trabajado en Asepeyo desde el año 1995 como Técnico de Seguridad e Higiene, Higienista industrial, Coordinador autonómico del Servicio de Prevención y, actualmente, Perito judicial de prestaciones. Dirige la Comisión de Seguridad y Salud del Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Aragón y La Rioja. Preside el Comité Técnico de Ventilación y climatización de locales del Consejo General de Colegios Oficiales de Ingenieros Industriales.

Especial agradecimiento al **Dr. Javier Ballester Castañer** *(Catedrático de Mecánica de fluidos en Zaragoza) por su importante aportación a esta guía y su detallada labor de revisión y al* **Dr. José Luis Jiménez Palacios** *(Catedrático de Química en Boulder-Colorado) por su irrefutable aportación al conocimiento científico demostrando la transmisión de enfermedades respiratorias por aerosoles y su altruista labor divulgativa, ambos miembros del* **Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Aragón y la Rioja**.

Agradecimientos a: Elena Jiménez, Salvador Galve, Francisco Serrano, José Francisco Muñoz, Jorge Ortiz, Maite Fernández, José Antonio Checa, Daniel Pérez, Diego Fernández de la Vega, Luis Jimeno, Santos Huertas, Manuel Cortizas, Daniel Sánchez, Enrique Campos, Rubén Gutiérrez, Manuel de la Riva, Taciana Gómez, Pilar Marqués...

anexo 1: GUÍA BÁSICA

Para el Control de Contagio de COVID-19 por aerosoles en espacios interiores compartidos

EL CONTAGIO de la COVID-19

La COVID-19 se transmite principalmente por aerosoles

- **Cerca de personas contagiosas** el riesgo es muy alto
- **En espacios interiores compartidos** mal ventilados el riesgo es alto

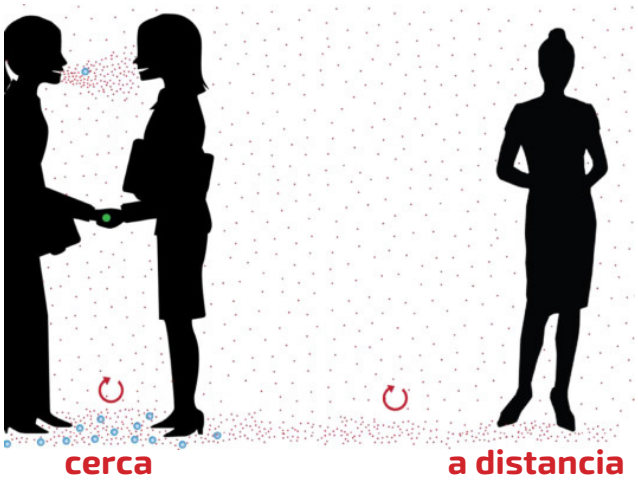
El resto de formas de contagio son muy minoritarias.

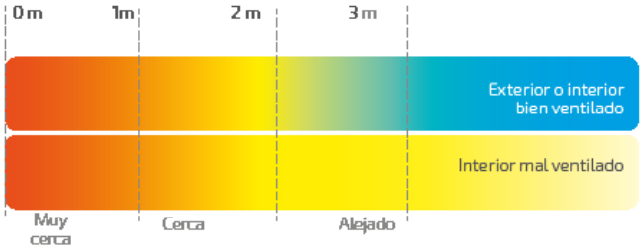
En exteriores el riesgo de contagio es de 20 a 100 veces menor que en interiores mal ventilados.

- **Objetivo: Interiores bien ventilados**

Hay que conseguir que el aire interior se parezca al exterior.

Las infecciones respiratorias pueden prevenirse mejorando la calidad del aire y los sistemas de ventilación en interiores.





SOLUCIÓN: Calidad del Aire = Ventilar con aire exterior y medir CO_2

CRITERIO PARA LÍMITES DE CO_2 DURANTE LA PANDEMIA DE COVID-19:

800 PPM - Zonas con pequeña ocupación (hasta 6 personas) y sin público (presencia sólo ocasional)

700 PPM - **Valor límite general** para espacios interiores compartidos.

600 PPM - Zonas con riesgos adicionales (uso de la voz, actividad física intensa, mascarilla retirada, distancia no mantenida…)

EL CO_2 NOS SIRVE PARA MEDIR LA VENTILACIÓN. CUANTO MÁS BAJO, MÁS SEGURO.

Proceso para tener un aire de calidad

1	Consigue un medidor de CO_2 NDIR portátil de mano: Tiene que ser un medidor de CO_2 con sensor NDIR. Aprende a medir con el CO_2 la eficacia de la ventilación y aprende a ventilar bien
2	Analiza el Local: Haz un listado de zonas a proteger y analiza los riesgos
3	Instala medidores fijos de CO_2 NDIR en cada zona
4	Cartel de Ventilación COVID: Este cartel informa al personal y al público sobre los valores límite y la forma de actuar
5	Toma de decisiones: En función de la medición de CO_2 en tu local ajusta o mejora la ventilación, usa la filtración, reduce aforo o clausura zonas

¿Cumple los límites de CO_2?

Sí → **CALIDAD DEL AIRE CORRECTA**

No → **MEJORA LA CALIDAD DEL AIRE:**

- > Ajusta o Mejora la ventilación natural
- > Ajusta o Mejora la ventilación mecánica
- > Usa Filtración HEPA
- > Reduce aforo
- > Clausura zonas

OTRAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN NECESARIAS:
Trasladar al exterior. Donde el riesgo es muy inferior
Reducir exposición. Reducir contacto social / exposición a otras personas
Reducir emisión. Controlar el uso de la voz y la actividad física
Distancia. A menos de 2 metros el riesgo de contagio es muy alto
Mascarilla. Ayuda a filtrar el aire que respiramos

Nota: Terminada la pandemia de COVID-19 los límites de CO_2 a aplicar son los indicados en el RITE (RD 1027/2007) según la categoría de calidad del aire interior (IDA) exigida para cada zona.

PARA AMPLIAR INFORMACIÓN SOBRE CÓMO APLICAR ESTA GUÍA BÁSICA CONSULTA EL DOCUMENTO:
CONTROL DE CONTAGIO DE COVID-19 EN ESPACIOS INTERIORES COMPARTIDOS

anexo 2: : MEDIDORES DE CO_2 (con sensor NDIR)

Elena Jiménez Martínez
Catedrática de Química Física de la UCLM
www.aireamos.org

La medición de CO_2 es un método eficaz para el control de la ventilación de espacios interiores compartidos (espacios de pública concurrencia frecuentados por un número variable de personas), considerándose el aumento de CO_2 exhalado por las personas como empobrecimiento de la calidad del aire.

¿Por qué un medidor de CO_2 NDIR?

A pesar de que existen varias tecnologías para medir la cantidad de CO_2 ambiental, la gran mayoría se basan en medidas indirectas, que pueden verse afectadas por interferencias de otros gases presentes en el aire. Sin embargo, en la tecnología **NDIR** (del inglés non-dispersive infrared), que se basa en la técnica de espectroscopia infrarroja no dispersiva, la cantidad de CO_2 se cuantifica directamente a partir de la cantidad de radiación IR absorbida por el CO_2 en el interior de una pequeña cámara por donde fluye el aire. La radiación IR procede, generalmente, de un LED que emite en el IR medio. La radiación no absorbida por el CO_2, y seleccionada por un filtro óptico, se detecta en el sensor NDIR, corazón del medidor, y se transforma en unidades de partes por millón (ppm). Debido a que el CO_2 no interactúa directamente con el sensor, los sensores NDIR soportan la humedad relativa alta y la presencia otros gases. Estos medidores son muy fiables y precisos, dentro de un intervalo de incertidumbre de unos ±30-50 ppm.

Características de un medidor de CO_2 NDIR

Sistema de medición

- **De haz simple:** Ideal para aplicaciones en las que los espacios a vigilar no están permanentemente ocupados. Para conseguir un resultado de medición fiable es imprescindible la entrada regular de aire del exterior. Esta opción es la más frecuente y requiere una calibración diaria o semanal.
- **De doble haz:** Consta de un canal de referencia y uno de medición. El envejecimiento o la deriva del sensor inciden en ambos canales. Sin embargo, el canal de referencia no se ve influenciado por la concentración de CO_2 del medio. Por tanto, es posible compensar en gran medida los fenómenos citados sin necesitar entrada de aire fresco. El sistema de medición de doble haz se utiliza cuando la aplicación contiene circunstancias especiales, p. ej. espacios utilizados ininterrumpidamente 24 horas al día los 7 días de la semana.

Tipos de medidores según funcionalidad

Dependiendo del campo de aplicación, existen diferentes formatos de medidores de CO_2:

- Portátiles de mano o de bolsillo, para hacer muestreos puntuales. Equipos muy fáciles de manejar
- Fijos de sobremesa o mural, para control continuo. Equipos muy fáciles de manejar
- Tipo panel. De mayor tamaño para lectura a distancia.
- Sensores en instalaciones de Clima.
- Sensores independientes: Las señales de medida se convierten en señales estándar de 0 - 10 V para regular la ventilación, en domótica, en telegestión...

Visualización de la medida y alarmas

La visualización de la medida puede ser mediante un indicador tipo semáforo, en una pantalla o una combinación de ambos. Muchos medidores de CO_2 poseen alarmas luminosas y/o sonoras para alertar de la superación de los niveles de CO_2 recomendables. Estas alarmas vienen configuradas de fábricas, pero pueden ser programables por el usuario..

Autonomía, conectividad y registro/ almacenamiento de datos

- Si se requiere hacer un control continuo del CO_2 es necesario que el equipo tenga la autonomía suficiente para llevarlo a cabo. En equipos portátiles o de sobremesa lo normal es que la alimentación sea mediante pilas o batería, aunque existen equipos de sobremesa que deben estar conectados a la red eléctrica constantemente. Los equipos integrados en instalaciones son autónomos .
- Es recomendable, para hacer un análisis de las medidas en continuo, que el equipo se conecte a través de WiFi para la descarga y almacenamiento de datos a través de un ordenador o aplicaciones para móviles.

Si se dispone de un equipo que permita almacenar datos de CO_2 durante un periodo prolongado (p. ej., un día o una semana), se podrá correlacionar el nivel de CO_2 con la ocupación y el sistema de ventilación o verificar si el sistema de ventilación es suficiente para reducir el CO_2 al nivel exterior en ausencia de ocupantes. Por otra parte, si se realizan cambios en el sistema de ventilación la monitorización continua permite comprobar si dichos cambios han sido efectivos.

Ubicación e instalación del medidor de CO_2

La cantidad y la ubicación de los sensores de CO_2 deben definirse dependiendo de las características del espacio. La norma UNE-EN ISO 16000-26:2014 indica que “para estancias de hasta 50 m² es suficiente tener un punto de muestreo que debería estar a 1,5 m de altura y a una distancia de, al menos, 1-2 m de las paredes”. No obstante, es necesario llevar a cabo un estudio específico para locales de mayor superficie y/o de geometría intrincada.

- Portátil o de sobremesa: Preferiblemente el medidor se situará en el centro de la estancia, de forma que la medida no se vea alterada por corrientes de aire elevadas, y a una distancia de, al menos, 1-2 m del ocupante más cercano.
- Tipo panel: Si lleva el sensor incorporado, ha de situarse en una pared del interior del local. Algunos modelos permiten tener el sensor en el interior del local y tener el panel en el exterior o en una zona de mayor visibilidad dentro del interior.
- Integrados en sistemas de climatización/ ventilación: Se pueden montar en pared o en conductos. Los sensores montados en conductos se adaptan mejor a sistemas con una zona única y deberían instalarse lo más cerca posible de un espacio ocupado. Hay que decir que los sensores montados en la pared ofrecen información más precisa sobre la efectividad de la ventilación que los sensores montados en conductos.

La instalación de los medidores portátiles y de sobremesa es muy sencilla y no requiere personal cualificado para ello. Son equipos muy sencillos de manejar. La integración de sensores de CO_2 en sistemas de climatización/ ventilación sí requiere de un instalador.

- Evitar ubicaciones en las cuales las personas puedan respirar directamente sobre el sensor. Al exhalar las personas emiten 40.000 ppm de CO_2.
- Evitar siempre ubicar el sensor próximo a cualquier entrada de aire exterior o de otros recintos. En ventilación mecánica evita proximidad a difusores o rejillas de impulsión al local. En ventilación natural evita proximidad a puertas, ventanas o aberturas por las que entren corrientes de aire.
- No obstaculizar la entrada-salida del aire del medidor con ningún objeto.
- Evitar ubicaciones cercanas a fuentes importantes de emisión de CO_2 como animales, estufas de butano, hornos de combustión, etc. Si la fuente de emisión de CO_2 impide el uso de estos medidores, se recomienda usar un sistema de valoración de la ventilación alternativo, como los recogidos en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

Especificaciones técnicas

En la siguiente tabla se muestran algunas de las características técnicas que tienen, generalmente, los medidores de CO_2 NDIR. Es imprescindible leer la ficha técnica del equipo antes de adquirirlo y seguir las instrucciones de uso y calibración aportadas por el fabricante.

Características típicas de un sensor NDIR

Tipo de sensor	Haz simple o doble haz
Intervalos de medidas	0-2000 ppm // 0-5000 ppm // 0-10000 ppm
Precisión	± 30-50 ppm*
Temperatura ambiente	0... +50ºC
Humedad relativa ambiente	0 - 85%
Periodo de inicialización/ estabilización	varios minutos- 1 hora
Tiempo de respuesta	varios segundos
Tiempo de vida	> 5 -10 años

* Más un 3-5% del valor de la medida entre 0-2000 ppm y hasta el 10% > 2000 ppm.

* Partes por millón (ppm) se refiere al número de moléculas de CO_2 que hay por cada millón de moléculas en el aire.

Compensación de temperatura, humedad relativa y presión atmosférica

La gran mayoría de medidores de CO_2 poseen sensores de temperatura y humedad relativa para corregir la medida de CO_2. Sin embargo, la compensación de la presión atmosférica es menos común. Cuando se calibran en fábrica, los instrumentos se configuran en condiciones de presión sobre el nivel del mar (1013 hPa) a 25 ºC.

La presión atmosférica es variable debido a las condiciones meteorológicas y a la altura sobre el nivel mar. Cambios en la presión atmosférica pueden producir desviaciones del valor medido de más de un ±10 % en sistemas no compensados.

Calibración y verificación

La medida de CO_2 puede sufrir una deriva con el tiempo. Se recomienda una calibración previa al uso del medidor, ya que durante el transporte puede descalibrarse. Como se ha comentado anteriormente, los medidores de CO_2 de haz simple requieren una calibración diaria, semanal o mensual, dependiendo del equipo.

Existen dos tipos de calibración:

- **Calibración automática** o calibración de fondo (ABC, Automatic Baseline Calibration): El aparato la realiza de forma automática y, si la renovación del aire es suficiente, considera el valor mínimo medido como 400 ppm o 420 ppm. Por ello, ha de exponerse el equipo al aire exterior para asegurarnos que está tomando el valor mínimo de referencia correctamente.
- **Calibración manual**: Esta se realiza por el usuario y, para ello, ha de exponerse el equipo al aire exterior durante más de media hora, para que se calibre al valor mínimo de referencia (400 ppm o 420 ppm, dependiendo del equipo).

Siempre deben seguirse las recomendaciones del fabricante.

Dónde mandar un medidor para verificar

En la actualidad no hay ningún organismo autorizado de verificación ni protocolo oficiales que validen los medidores de CO_2 comerciales. Existen estudios de intercomparación de medidores comerciales de bajo coste (F. Villanueva, E. Jiménez, J. M. Felisi, T. Garrido, J. L. Jiménez, M. Ródenas y A. Muñoz. Guía sobre medidores de CO_2 disponibles en España, versión 1.4, 17/04/2021) que, no pretenden ser una validación perfecta, ni según ninguna normativa.Es recomendable, para hacer un análisis de las medidas en continuo, que el equipo se conecte a través de WiFi para la descarga y almacenamiento de datos a través de un ordenador o aplicaciones para móviles.

Campos de aplicación

La medida del nivel de CO_2 es necesaria para vigilar que no se supere el límite saludable de aproximadamente 700 ppm (o unos 300 ppm por encima del nivel de CO_2 exterior, ya que éste puede variar dependiendo de la cercanía a fuentes de emisión de CO_2 como coches, cocinas, etc.). Algunos ejemplos donde la medida de CO_2 debería implantarse.

- Control de la ventilación en aulas de centros educativos: En este tipo de espacios donde, generalmente, no existe ventilación forzada. Recomendaciones en guías sobre ventilación en aulas como la publicada por el CSIC.
- Control de la ventilación en locales de ocio: Aplicable a hostelería, cines, gimnasios, grandes superficies comerciales, etc.
- Automatización de sistemas de climatización en edificios, para acondicionamiento del aire y gestión de energía mediante el control de los diferentes componentes del sistema. Aplicable a hostelería, lugares de trabajo, salas de congresos, cines y locales de venta al público, centros educativos, hospitales, laboratorios, etc.

anexo 3: Ejemplo de tabla utilizable para Análisis de Zonas

Razón Social: _____ Fecha de Análisis: _____

CIF: _____ Realizado por: _____

Ref.	Zona	Límite CO_2	Superficie m^2	Altura m.	Tipo de Uso	Ocupación personas	Tiempo de uso-horas	Riesgos adicionales: Uso de la voz	Riesgos adicionales: Actividad física	Riesgos adicionales: Mascarilla retirada	Riesgos adicionales: Distancia no mantenida	Riesgos adicionales: Otros
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												

Nota: En los riesgos adicionales marcar "o" si es ocasional y "X" si es mantenido.

CRITERIO PARA LÍMITES DE CO_2 DURANTE LA PANDEMIA DE COVID-19:

800 PPM - Zonas con pequeña ocupación (hasta 6 personas) y sin público (presencia sólo ocasional)

700 PPM - **Valor límite general** para espacios interiores compartidos.

600 PPM - Zonas con riesgos adicionales (uso de la voz, actividad física intensa, mascarilla retirada, distancia no mantenida...)

EL CO_2 NOS SIRVE PARA MEDIR LA VENTILACIÓN. CUANTO MÁS BAJO, MÁS SEGURO.

Nota: terminada la pandemia de COVID-19 los límites de CO_2 a aplicar son los indicados en el RITE (RD 1027/2007) según la categoría de calidad del aire interior (IDA) exigida para cada zona

anexo 4: Ejemplo de tabla utilizable para Registro de Mediciones de CO_2

Razón Social: _____ Fecha de Análisis: _____

CIF: _____ Realizado por: _____

Ref.	Zona	Límite CO_2	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																

Nota: Los valores de CO_2 deben medirse tras 15 min de ocupación máxima o tras 2 horas de ocupación alta. Es importante esperar unos minutos hasta que la lectura del medidor sea estable.

CRITERIO PARA LÍMITES DE CO_2 DURANTE LA PANDEMIA DE COVID-19:

800 PPM - Zonas con pequeña ocupación (hasta 6 personas) y sin público (presencia sólo ocasional)

700 PPM - **Valor límite general** para espacios interiores compartidos.

600 PPM - Zonas con riesgos adicionales (uso de la voz, actividad física intensa, mascarilla retirada, distancia no mantenida...)

EL CO_2 NOS SIRVE PARA MEDIR LA VENTILACIÓN. CUANTO MÁS BAJO, MÁS SEGURO.

Nota: terminada la pandemia de COVID-19 los límites de CO_2 a aplicar son los indicados en el RITE (RD 1027/2007) según la categoría de calidad del aire interior (IDA) exigida para cada zona.

anexo 5a: Cartel de Ventilación RITE para Espacio Interior Compartido

Exigencias de Calidad de Aire interior (según el RITE)

IDA 1	**Aire de óptima calidad:** hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
IDA 2	**Aire de buena calidad:** oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.
IDA 3	**Aire de calidad media:** edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.
IDA 4	**Aire de calidad baja:** no se debe aplicar.

CARTEL DE VENTILACIÓN RITE
ESPACIO INTERIOR COMPARTIDO

SIN PANDEMIA COVID19

Categoría	ppm (*)	Valores límite (**)
IDA 1	350	750 ppm
IDA2	500	900 ppm
IDA3	800	1200 ppm
IDA4	1.200	

*Concentración (partes por millón en volumen) por encima de la concentración en el aire exterior.

**Asumiendo valor del aire exterior 400 ppm

COMPARA EL MEDIDOR DE CO_2 DEL LOCAL CON ESTE CARTEL

CRITERIO PARA LÍMITES DE CO_2
(PARA 400PPM DE CONCENTRACIÓN DE CO_2 EN EL AIRE EXTERIOR)
FUERA DE PANDEMIA COVID

EL RD 1027/2007 APRUEBA EL NUEVO RITE
(REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS).

LA IT 1.1.4.2 ESTABLECE LAS EXIGENCIAS DE CALIDAD DEL AIRE INTERIOR:
* **CATEGORÍAS DE CALIDAD DEL AIRE EN FUNCIÓN DEL USO DE EDIFICIOS.**
* **CAUDAL MÍNIMO DEL AIRE EXTERIOR DE VENTILACIÓN**
(SE CALCULARÁ DE ACUERDO CON ALGUNO DE LOS CINCO MÉTODOS).
* **C. MÉTODO DIRECTO POR CONCENTRACIÓN DE CO_2.**

EN SITUACIÓN NORMAL (SIN PANDEMIA) LOS VALORES LÍMITE DE CO_2 ESTÁN ESTABLECIDOS POR EL RITE

DEBEMOS MANTENER VALORES POR DEBAJO DE LOS LÍMITES FIJADOS ENFUNCIÓN DEL USO DE LOS EDIFICIOS

Nota: terminada la pandemia de COVID-19 los límites de CO_2 a aplicar son los indicados en el RITE (RD 1027/2007) según la categoría de calidad del aire interior (IDA) exigida para cada zona.

anexo 5b: Cartel de Ventilación COVID para Espacio Interior Compartido

Ayuda a prevenir contagios de COVID-19

Clase	ppm	Ventilación COVID
00		Muy deficiente
	1200	
0		Deficiente
	800	
A		Aceptable
	700	
B		Muy buena
	600	
C		Excelente
	400	

CARTEL DE VENTILACIÓN
ESPACIO INTERIOR COMPARTIDO

COVID19

Criterio para límites de CO_2 durante la pandemia de COVID-19:

800 ppm
Zonas con pequeña ocupación (hasta 6 personas) y sin público (presencia sólo ocasional)
700 ppm
Valor límite general para espacios interiores compartidos.
600 ppm
Zonas con riesgos adicionales (uso de la voz, actividad física intensa, mascarilla retirada, distancia no mantenida)

Criterio de actuación en función de niveles de CO_2 durante la pandemia de COVID-19:

Lo ideal es el nivel de CO_2 del aire exterior, 400 ppm
Debemos mantener el valor más bajo posible: lo más cercano posible a 400 ppm del exterior.

La ventilación debe ser continua y no hay que superar el valor límite de CO_2 de la zona. Si se alcanza el valor límite de la zona hay que:
Desalojar personas de la zona: es situación de riesgo para las personas.
Ventilar: abrir puertas y ventanas / aumentar la ventilación mecánica hasta reducir el nivel de CO_2.
Volver a la actividad, pero aumentando la ventilación y/o con menos ocupación de personas.

Medidas de prevención de contagio durante la pandemia de COVID-19:

Medir CO_2: Permite conocer la calidad del aire del local.
Ventilar: Ventilación con aire exterior: continua, corriente suave, cruzada (entre extremos).
Filtrar: Medida para reducir aerosoles. Imprescindible en zonas difíciles de ventilar.
Distancia: Obligatoria. A menos de 2 metros el riesgo de contagio es muy alto.
Mascarilla: Obligatoria. Ayuda a filtrar el aire que respiramos.
Otras medidas: Trasladar actividades al exterior, reducir emisión y reducir exposición
Hay que aplicar todas las medidas y todas a la vez

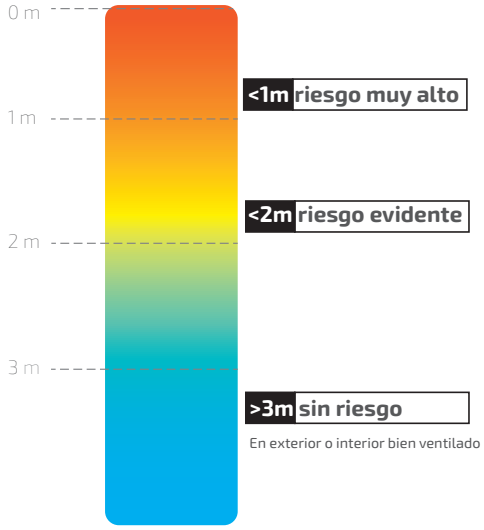
Nota: terminada la pandemia de COVID-19 los límites de CO_2 a aplicar son los indicados en el RITE (RD 1027/2007) según la categoría de calidad del aire interior (IDA) exigida para cada zona.

anexo 6a: Cartel informativo Mantener Distancias

Ayuda a prevenir contagios de COVID-19

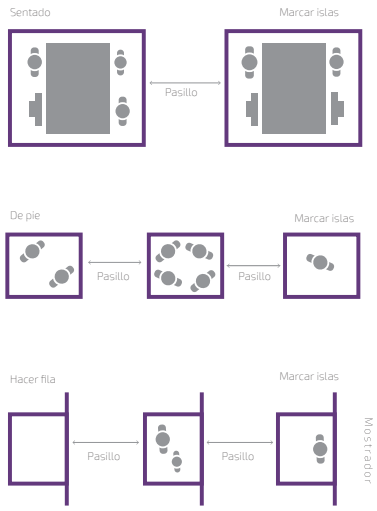
CARTEL
MANTENER DISTANCIAS

¿Qué distancias son seguras? Regla del 1, 2, 3



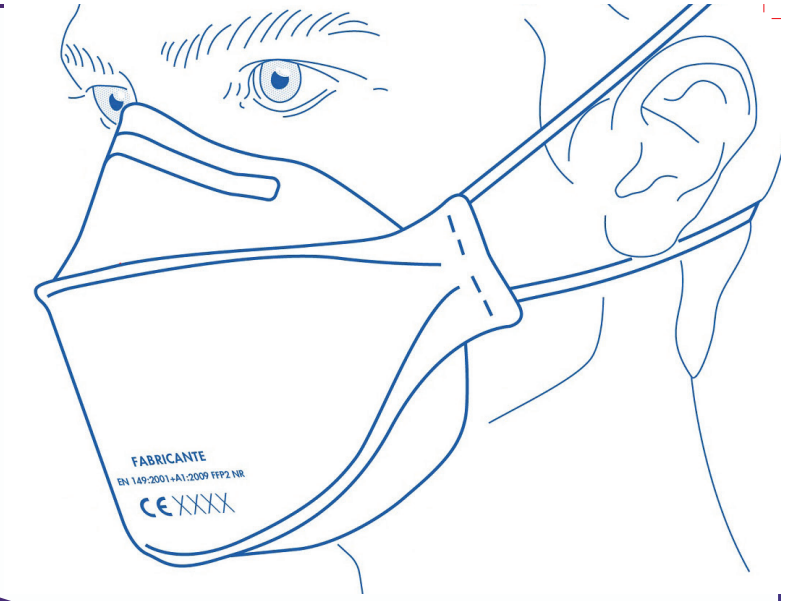
Dentro de los grupos de personas hay que aumentar distancia interpersonal a más de 1 m (mejor 2 m).
Y hay que mantener distancia entre grupos de personas de más de 1,5 m (mejor 2 m).

Marcar islas con pasillos de separación



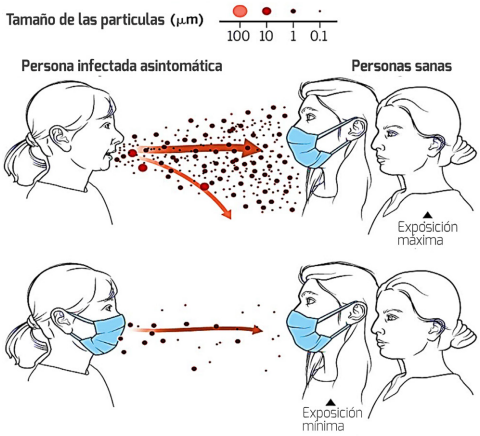
Marcar islas en el suelo con **pasillos de separación** entre ellas para orientar el comportamiento de las personas y facilitar el control por parte del responsable del local.

anexo 6b: Cartel informativo Mascarillas



CARTEL
USAR MASCARILLA

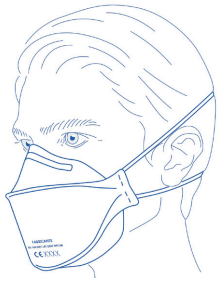
Tiene que filtrar el aire 2 veces: al exhalar y al inhalar



GRAPHIC: V. ALTOUNIAN/*SCIENCE*

En interiores la mascarilla se necesita siempre.
También en exteriores a menos de 2 metros.
Retirar la mascarilla se limita al mínimo imprescindible

Como usar la mascarilla



Buen ajuste = Sella bien
No se trata sólo de tapar boca y nariz.
Lo importante es sellar bien todo el contorno de la cara para que todo el aire pase por la mascarilla.

Buen material
Con capacidad de filtración (preferible FFP2 o FFP3)
Con buena respirabilidad (inferior a 60 Pa/cm^2) para que facilite respirar bien.
Con marcado CE y referencia a norma UNE EN-149

Mascarillas higiénicas y quirúrgicas son posibles pero su eficacia es reducida.

Se prohíbe el acceso con artefactos que no son mascarilla como las de barbilla, pantallas, rejilla, otros...

A modo de resumen

Esta Guía de Referencia COVID es una orientación sobre cómo se producen los contagios en un espacio interior compartido y qué medidas pueden aplicarse para prevenirlos.

La **calidad del aire**, basada en la ventilación con aire exterior, es un elemento fundamental que capaz de reducir sustancialmente los contagios por virus respiratorios y eliminar los eventos de superpropagación en los espacios interiores compartidos. El objetivo es hacer que los espacios interiores se parezcan a los exteriores, donde la posibilidad de contagio sería de 20 a 100 veces menor.

En el siglo XIX se hicieron necesarias las redes de saneamiento en las ciudades europeas en respuesta a los problemas sanitarios y epidemiológicos generados por la deficiente evacuación de las aguas fecales. Y ahora en el Siglo XXI es el momento de prestar atención a la **calidad del aire** en los **espacios interiores compartidos** para dar respuesta a la actual pandemia de COVID-19 y las futuras pandemias por virus respiratorios.

La Guía de Referencia COVID incide en la implantación generalizada y eficaz de las líneas de actuación prioritarias propuestas en la Carta a la Presidencia del Gobierno de España, Gobiernos Autonómicos, y otros cargos públicos con responsabilidades en materia sanitaria de 24-mar-2021 enviada por un amplio grupo de expertos.

Zaragoza, 24 de mayo de 2021