

# VENTILACIÓN COMO PREVENCIÓN DA COVID-19

Xacobeo 2021

XUNTA  
DE GALICIA



Plan de **prevención**  
**da transmisión da**  
**COVID-19**  
nos centros educativos

DOCUMENTACIÓN

Plan de **prevención**  
**da transmisión da**  
**COVID-19**  
nos centros educativos



# VENTILACIÓN COMO PREVENCIÓN DA COVID-19

Plan de **prevención**  
da **transmisión** da  
**COVID-19**  
nos centros educativos



# VENTILACIÓN COMO PREVENCIÓN DA COVID-19

Páxina 5	INTRODUCCIÓN
Páxina 7	1. AEROSOIS
	1.1. MEDIOS DE TRANSMISIÓN
	1.2. COMPORTAMENTO DAS PARTÍCULAS SEGUNDO O SEU TAMAÑO
	1.3. AEROSOIS COMO FONTE DE TRANSMISIÓN
Páxina 12	2. VENTILACIÓN
	2.1. INTRODUCCIÓN E CONCEPTOS
	2.2. ACH - TAXA DE RENOVACIÓN DE AIRE
	2.3. USO DO CO2 COMO MEDIDA DA TAXA DE RENOVACIÓN DE AIRE
	2.4. TIPOS DE VENTILACIÓN
	2.5. A IMPORTANCIA DA VENTILACIÓN DOS CORREDORES
Páxina 38	3. PROCESO DE DECISIÓN PARA A VENTILACIÓN
Páxina 40	4. CONCLUSIÓN E RECOMENDACIÓN DE VENTILACIÓN
Páxina 45	5. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

## INTRODUCCIÓN

O primeiro que se deber ter claro é que por moitas medidas que se adopten, nunca imos conseguir un dos chamados espazos COVID - FREE. Por outra banda calquera medida que implantemos, por si mesma non vai evitar o contaxio, pero vai axudar. Cada medida implementada xera unha nova barreira de cara a impedir o contaxio. Desta forma a distancia social de 1.5 m non é suficiente para evitar o contaxio, e a máscara hixiénica ou cirúrxica posta por dúas persoas, por si mesma tampouco. Agora ben, a distancia social máis a máscara, non o evita, pero reduce as posibilidades moito máis que a suma de ambas medidas por separado. É dicir, o conxunto total de medidas é maior que a suma de todas elas. Se a isto lle engadimos a hixiene de mans, a limpeza de superficies e sobre todo a ventilación, imos lograr que ao virus lle sexa moi difícil atravesar todas as capas, pero non imposible. Atopámonos ante una seguridade en capas.



Xogamos con probabilidades de contaxio. Cantas máis barreiras poñamos, pero sobre todo canto mellor usemos as que temos, máis diminuiremos as probabilidades dun contaxio. Recorda, o contaxio cero é imposible. Sempre teremos que poñer na balanza o risco que se estea disposto a asumir. Xa hai evidencias científicas e estudos que demostran que a aplicación do conxunto de medidas funciona e reduce moito os contaxios.

Quizais o que máis debemos salienta é facer usar correctamente as medidas xa existentes. Neste documento imos tratar as medidas de ventilación das aulas.

Este documento é unha introdución a unha das principais medidas: a ventilación. Buscase que sexa un documento de consulta que ademais nos permita afondar naqueles aspectos da ventilación que mais nos interesen segundo o caso. Acompáñase dunha extensa bibliografía para aqueles que queira saber máis sobre este tema.



# 1. AEROSOIS

## 1.1. MEDIOS DE TRANSMISIÓN

Entender a ventilación require dar un pequeno repaso sobre os medios de transmisión do virus SARS-CoV-2 e dedicarlle un anaco a un tipo de transmisión concreta, os aerosois.

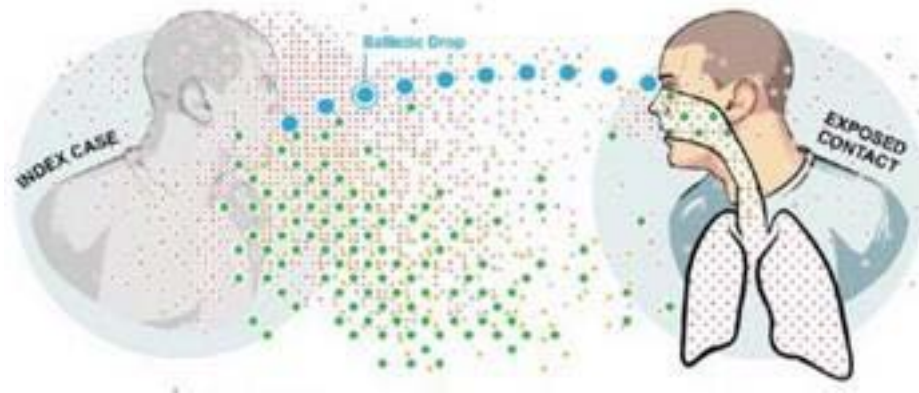
Os medios de Transmisión da COVID-19 resumense en tres:

- FLUGGE: é a transmisión directa persoa a persoa a través das gotas de saliva.
- FÓMITES: a transmisión indirecta a través de superficies contaminadas. O Centro Europeo de Control de Enfermidades (ECDC) indica que aínda que é posible, non se documentou ningún caso. O CDC Estadounidense (Centro de Control de Enfermidades) indica na mesma liña que non se considera unha forma común de propagación.
- AEROSOIS: conxunto de partículas sólidas e líquidas suspendidas no aire que poden observarse e medirse. Con tamaños entre 0,001 e 100  $\mu\text{m}$ . Distinguimos:
  - BIOAEROSOIS: que son os aerosois de orixe biolóxica..



## 1.2. COMPORTAMENTO DAS PARTÍCULAS SEGUNDO O SEU TAMAÑO

- >100  $\mu\text{m}$ : as partículas de máis de 100  $\mu\text{m}$  presentan un comportamento de tipo balístico. Dependendo das circunstancias poden percorrer máis de 2 m.de distancia. Depóitanse sobre as superficies. Poden impactar contra outras persoas (boca, nariz, ollos).
- <100  $\mu\text{m}$ : son os chamados aerosois. Segundo o tamaño distinguimos:
  1. De 15  $\mu\text{m}$  a 100  $\mu\text{m}$ : alcanzan vías respiratorias superiores (nariz, farinxe).
  2. De 5  $\mu\text{m}$  a 15  $\mu\text{m}$ : alcanzan a traquea e os bronquios.
  3.  $\leq 5 \mu\text{m}$ : alcanzan os alvéolos pulmonares.



Puntos azuis: > 100  $\mu\text{m}$  – C. Balístico

Puntos verdes: de 15  $\mu\text{m}$  a 100  $\mu\text{m}$

Puntos laranxas: de 5  $\mu\text{m}$  a 15  $\mu\text{m}$

Puntos vermellos:  $\leq 5 \mu\text{m}$

(Waron and Willeke, Aerosol Measurement: Principles, Techniques, and Applications. Wiley Interscience, New York. 2001. Aerosol p. 1065. Bioaerosol p. 1066)



### 1.3. AEROSOIS1 COMO FONTE DE TRANSMISIÓN

Para poder determinar se os bioaerosois son una fonte de transmisión do virus SARS-CoV-2, Jones y Brusseau<sup>2</sup> estableceron unha serie de 3 condicións que deben cumprirse:

**1) Os aerosois xerados por persoas con infección por SARS-CoV-2 conteñen virus viables.**

Esta condición constatouse en varios estudos, tanto de laboratorio como reais. Con respecto aos de laboratorio calculouse que a viabilidade do virus se atopa arredor a 1 hora aínda que de forma excepcional se chegou a 16 horas. En condicións “reais” inicialmente se comprobou que as concentracións de virus foron moi baixas como para ser viables. O que pasaba é que os métodos de mostraxe destruíran o virus. Con novos estudos e novos métodos de mostraxe comprobouse a viabilidade dos virus en condicións naturais con elevadas concentracións, quedando demostrada esta primeira condición.

**2) Os virus contidos nos aerosois teñen capacidade de xerar infección.**

Isto prodúcese sobre todo en determinadas circunstancias, como son a proximidade ao caso índice (persoa infectada) e nos espazos interiores mal ventilados.

Unha vez máis en condicións de laboratorio se puido demostrar con facilidade. En condicións reais, estudáronse numerosos casos de contaxios masivos acontecidos nun restaurante de Guangzhou<sup>3</sup> 4 (China), nun autobús en Zheijiang<sup>5</sup> (China), no cruceiro Diamond Princess<sup>6</sup>, etc.

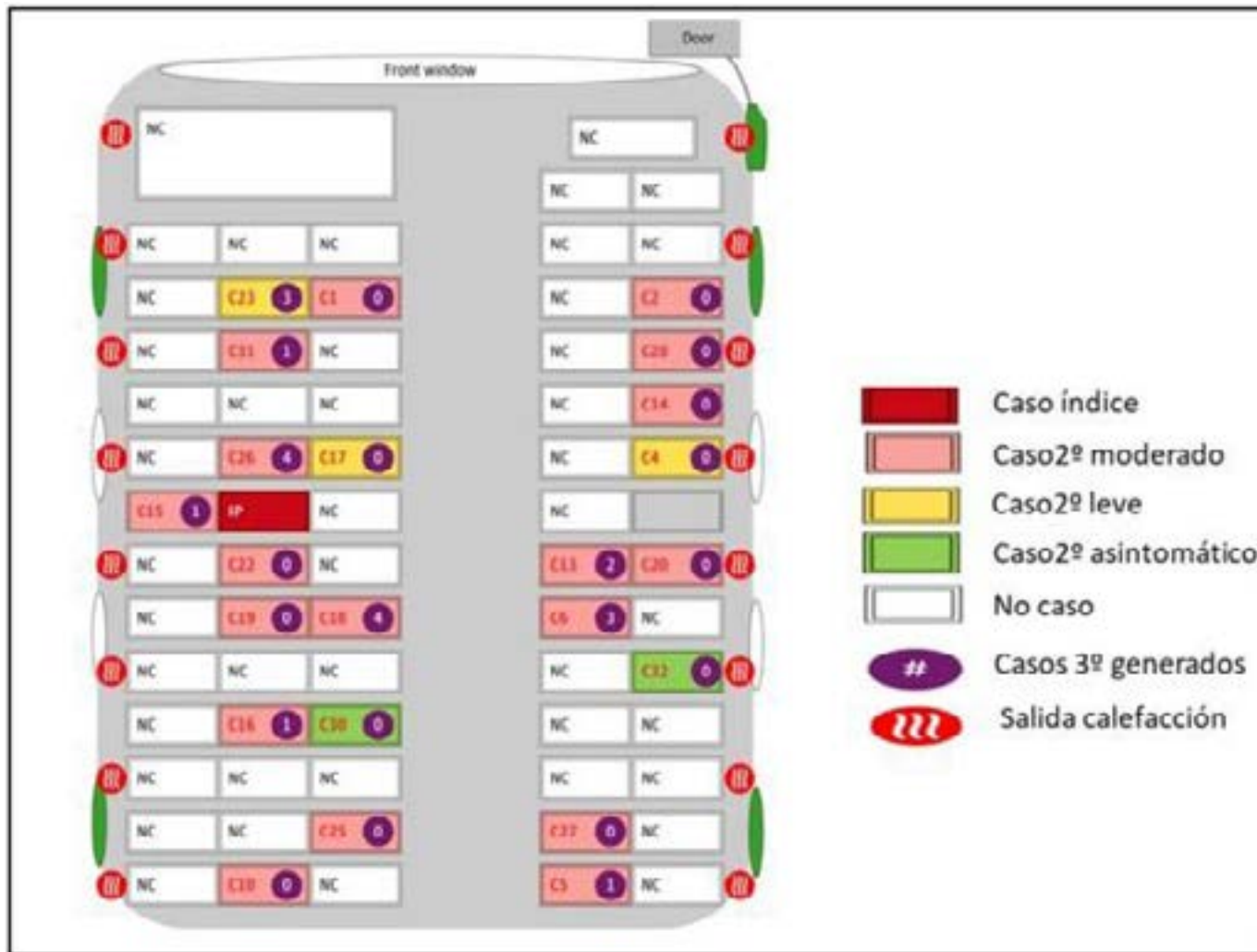


Diagrama de exemplo de transmisión por aerosois nun autobús na rexión de Zheijiang onde os pasaxeiros estiveron durante 100 minutos dentro do autobús coa calefacción posta, sen ventilación e sen máscara. Nótese que a distribución de contaxios é independente da proximidade ao caso índice.

### 3) Os tecidos diana son accesibles para os virus viables e con capacidade de xerar infección que se atopan nos aerosois.

Xa é ben coñecido o feito de que o virus se une aos receptores ACE2 para entrar nas células humanas. Estes receptores están amplamente distribuídos nas células epiteliais ao longo de todo o tracto respiratorio, sendo moito máis abundantes na zona naso-farínxea e diminuindo a medida que se baixa cara os pulmóns.

Segundo Hou1, baseándose nas observacións realizadas por varios autores, a principal diana e porta de entrada inicial máis importante sería a mucosa nasal, desde onde o virus se replica e sería aspirado cara aos tecidos pulmonares, infectando secundariamente o pulmón.

Unha vez que se demostraron as tres condicións expostas, cabe indicar que:

- A cantidade de virus contida nos aerosois emitidos atópase relacionada coa carga viral presente na rexión naso-farínxea do infectado.
- Considérase que a carga viral na rexión naso-farínxea é máxima cando se supera os 105 copias de ARN/ml.
- Ese período dáse entre os dous días antes do inicio de síntomas e oito días despois do inicio dos síntomas.
- Estableceuse o mesmo patrón nas persoas asintomáticas.

A transmisión a partir de aerosois non significa un alto nivel de contaxio (como o sarampelo p.ex.), nin a necesidade de adoptar medidas de prevención complexas moi diferentes ás xa recomendadas, pero si reforzalas e incorporar algunhas novas, para evitar a transmisión en especial nos espazos interiores. En canto ás xa aplicadas, o uso correcto de máscara e a distancia física interpersoal demostraron a súa eficacia en diferentes contornas para a redución da transmisión de SARS- CoV-2 mediante aerosois, aínda que é necesario incidir na necesidade dun axuste adecuado da máscara e de utilizala sempre en espazos interiores compartidos, mesmo a distancias maiores de 2 metros.

O risco desta transmisión aumentaría en función dos seguintes factores:

- Volume de fala alto do emisor.
- Actividade física intensa.
- Ausencia de máscara ben axustada.
- Número elevado de persoas nun mesmo espazo.
- Diminución de distancia interpersoal.
- Aumento do tempo de emisión e exposición.
- Ausencia de ventilación en ambientes interiores.

## 2. VENTILACIÓN

### 2.1. INTRODUCCIÓN E CONCEPTOS

Unha das medidas máis efectivas para diminuír a probabilidade de contaxios no interior das aulas é a ventilación. Porén, coma todo, é necesario facer ben a ventilación para acadar os resultados desexados. Se ben é certo que canta máis ventilación mellor, temos que encontrar un equilibrio entre os beneficios da ventilación e o confort dentro das aulas. Se o alumnado e profesorado non acadan un confort mínimo, non se van concentrar e dificilmente poderán atender e facer que as clases sexan produtivas.

A dilución dos bioaerosois no exterior ocorre de forma case inmediata e tende ao infinito. Este é o motivo de ser os espazos máis seguros para facer actividades de grupo, pero mantendo as distancias de seguridade e con máscara correctamente posta.

Nos recintos interiores sen ventilación ou mal ventilados, a concentración de bioaerosois tende a igualarse en todo o volume do recinto. Se ben é certo que inicialmente se concentra próximo á persoa índice, en pouco tempo vaise expandindo por todo o espazo, tendendo a igualarse. Desta forma todo o volume do espazo considerado presenta bioaerosois potencialmente contaxiosos.

Nos recintos ou espazos interiores a dilución de bioaerosois vai depender da chamada Taxa de Ventilación.

DEFINICIÓNS:

- VENTILACIÓN: renovación do aire interior (posible contaminación) con aire do exterior (libre de virus).
- PURIFICACIÓN: eliminación das partículas en suspensión (que son as que poden conter o virus).
- ACH (Air Changes Per Hour): taxa de ventilación de aire por hora.

## 2.2. ACH – TAXA DE RENOVACIÓN DE AIRE

En primeiro termo hai que ter claro que para unha mesma taxa de emisión de partículas, o incremento do caudal de ventilación reduce a concentración de partículas no aire polo efecto de dilución, e, polo tanto, a probabilidade de risco de infección. É dicir que a finalidade da ventilación é diluír ao máximo unha emisión de partículas, neste caso de bioaerosois que potencialmente poden transmitir o virus SARS-CoV-2.

A renovación do aire nunha aula pódese denominar polas súas siglas en inglés ACH (Air Changes per Hour). Se un espazo ten 1 ACH (1 renovación de aire por hora) significa que nunha hora entra na sala un volume de aire exterior igual ao volume da sala, e debido á mestura constante de aire, isto resulta en que o 63% do aire interior foi substituído por aire exterior. Con 2 renovacións substituímos o 86% e con 3 o 95%.

A ventilación necesaria para reducir o risco de contaxio depende do volume da sala, o numero e a idade dos ocupantes, a actividade realizada, a incidencia de casos na rexión e o risco asumible.

Segundo a guía do Harvard Healthy Building Program, para unha clase de 100 m<sup>2</sup> con 25 alumnos e alumnas de 5-8 anos temos que a ventilación pode ser:

- Menos de 3 ACH ≈ Ventilación Baixa
- De 3 a 4 ACH ≈ Ventilación Mínima
- De 4 a 5 ACH ≈ Ventilación Boa
- De 5 a 6 ACH ≈ Ventilación Excelente
- 6 ou máis ACH ≈ Ventilación Ideal

Outra forma de medir a ventilación é a través dos litros de aire por segundo e persoa que entran do exterior, e que se considera como boa una taxa de 12,5 l/p/h que equivale a 5-6 ACH1 aínda que a día de hoxe xa se está a tomar un valor de estándar de 14 l/p/h, non obstante ambos valores son válidos.

Agora cabe facer a pregunta de como determinar esta Taxa ACH. Existen diferentes métodos. Uns están baseados na medida dos caudais de entrada e saída de aire dunha sala. Porén estes métodos son complexos de medir e realizar.

Existen outros métodos que están baseados na medida da Concentración de CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono) e son os máis usados.



## 2.3. USO DO CO2 COMO MEDIDA DA TAXA DE RENOVACIÓN DE AIRE

Como non podemos medir a concentración de aerosois contaminados no aire dunha sala para saber se a estamos ventilando ben, temos que recorrer a un (gas) patrón que sexa medible e que nos poida indicar con precisión como é a ventilación que se está a facer e se é suficiente.

Determinouse que a concentración de CO2 no aire é un bo indicador da taxa de renovación de aire nun espazo. Así, se conseguimos manter un limiar de concentración de CO2 a través da ventilación, teremos certas garantías de que a concentración de aerosois contaminados por virus se manterá nun risco baixo da capacidade de contaxiar, tendo sempre presente que nunca alcanzaremos o risco cero. O CO2 non se degrada co tempo, mentres que o virus no aire si, polo que a concentración do virus decrecerá máis rápido ca do CO2

No exterior, as concentracións de CO2 son de aproximadamente 420-450 ppm aínda que pode variar de contornas urbanas ou rurais. Cando un espazo se atopa ocupado, as concentracións de CO2 no interior son elevadas polo CO2 exhalado polos ocupantes.

No caso de espazos ocupados, a concentración de CO2 que indica que se está realizando unha correcta ventilación depende de varios factores:

- Do volume da sala.
- Do número de ocupantes.
- Da idade dos ocupantes.
- Da actividade realizada polos ocupantes.

Por tanto é difícil establecer un limiar aplicable e común a todos os espazos. Non obstante, na procura dun limiar aproximado e que sirva de referencia, realizáronse moitos cálculos, e pódese establecer un limiar medio (depende de cada caso) de 700 – 8001 ppm de CO2 que de non superarse garanten unha boa ventilación.

Á marxe desta indicación e segundo o RD. 1027/2007, de 20 xulio polo que se aproba o Regulamento de Instalacións Térmicas en Edificios (RITE), esta concentración de CO<sub>2</sub> está moi lonxe de ser prexudicial para a saúde humana.

É moi importante non perder de vista que estamos a usar a concentración do CO<sub>2</sub> como un indicador da calidade do aire na procura de eliminar os aerosois contaminados co virus SARS-CoV-2.

O uso da concentración de CO<sub>2</sub> nas aulas como indicador da calidade do aire pasa por dispor de analizadores de CO<sub>2</sub>. Porén, non se recomenda a compra xeneralizada de medidores de CO<sub>2</sub> polos centros educativos. Cando existan dúbidas razoables sobre a eficacia da ventilación, pódese recorrer ao uso destes equipos realizando medicións puntuais ou periódicas que axuden a xerar coñecemento e experiencia sobre as prácticas de ventilación que garanten unha boa renovación do aire.

Como xa vimos, estableceuse un limiar medio (700-800 ppm) de CO<sub>2</sub> que garante a calidade do aire. Agora imos desenvolver un sinxelo método de cálculo da concentración óptima de CO<sub>2</sub> para cada caso concreto. Este método determina a concentración de CO<sub>2</sub> coa aula ocupada, e fixa o obxectivo de renovación do aire. Con iso calcúlase a chamada concentración de CO<sub>2</sub> para condicións estables. Unha vez obtido este dato para a aula en estudo, hai que comparalo coas medicións continuas na aula cando se cheguen a unha concentración relativamente estable de CO<sub>2</sub> tralo inicio dunha clase.

Ao iniciar unha clase, a concentración de CO<sub>2</sub> sobe exponencialmente en poucos minutos ata acadar un equilibrio coa renovación de aire que exista na aula. Este dato é o que hai que comparar coa concentración de CO<sub>2</sub> para condicións estables que previamente se calculou matematicamente.



Para o cálculo se precisan os seguintes datos:

- Volume da aula
- Medir a concentración do CO2 no exterior (unha medida antes e outra despois do experimento, e calcular a media)
- Estimar a xeración de CO2 coa fórmula: nº ocupantes x taxa de exhalación1

Valores frecuentes empregados na taxa de exhalación2 :

- Nenos/as sentados de 6 a 11 anos: 0,0031 l/s = 0,186 l/min/neno
- Adolescentes sentados: 0,0044 l/s = 0,264 l/min/alumno
- Mestre/a de pé, falando, idade 30-40 anos: 0,0061 l/s = 0,366 l/min/mestre
- Cálculo do caudal de aire exterior obxectivo: ACH x volume da aula
- Estimar a concentración de CO2 estado estable (Cee) segundo a fórmula:

$$C_{ee} = \frac{\text{Xeración de CO}_2(\text{lpm}) + \text{Caudal aire exterior obxectivo}(\text{lpm}) * \text{Concentración exterior de CO}_2(\text{ppm}) * 1 * 10^{-6}}{\text{Caudal aire exterior obxectivo}(\text{lpm}) * 1 * 10^{-6}}$$

Se o prefire, no seguinte enlace atópase unha Excel para facer os cálculos, publicada polo Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua, IDAEA-CSIC , Mesura. Usar a Folla 2 da Excel, que é a que se corresponde con este método: [Excel - Usar Folla Método 2](#)

## EXEMPLO AULA INFANTIL: 50 m<sup>2</sup>, 12 ALUMNOS, 2 MESTRES

- Ancho x largo x alto: 10 x 5 x 2,9 = 145 m<sup>3</sup>
- Concentración do CO<sub>2</sub> no exterior = 420 ppm.
- Xeración de CO<sub>2</sub>: [12 (alumnos) x 0,186 lpm] x [2 (Mestres) x 0,366 lpm] = 2,964 lpm (litros por minuto)
- Obxectivo de Taxa de Renovación de Aire, ACH = 5\*
- Caudal de aire exterior necesario: 5 (ACH) x 145 (m<sup>3</sup>) = 725 m<sup>3</sup>/h = 12083 lpm (litros por minuto)
- Estimación de la Concentración de CO<sub>2</sub> en estado estable:

$$C_{\text{estado estable}} = \frac{2,964 \text{ lpm} + 12083 \text{ lpm} \times 420 \text{ ppm} \times 1 \times 10^{-6}}{12083 \text{ lpm} \times 1 \times 10^{-6}} = 665 \text{ ppm CO}_2$$

\*NOTA: Pódese calcular segundo obxectivo de ventilación de litros por persoa e segundo (lps), establecéndose en 14, segundo vimos anteriormente:

$$\text{ACH} = 14 \text{ (litros/persoa/segundo)} \times 14 \text{ (persoas)} \times 3600 \text{ (segundos/hora)} \times 0,001 \text{ (m}^3\text{/litro)} / 145 \text{ (m}^3\text{)} = 4,9$$

## EXEMPLO AULA ESO: 65 m<sup>2</sup>, 16 ALUMNOS ADOLESCENTES, 1 MESTRE

- Ancho x largo x alto: 6,5 x 10 x 2,9 = 188,5 m<sup>3</sup>
- Concentración do CO<sub>2</sub> no exterior = 420 ppm.
- Xeración de CO<sub>2</sub>: [16 (alumnos) x 0,264 lpm] x [1 (Mestre) x 0,366 lpm] = 4,59 lpm (litros por minuto)
- Obxectivo de Taxa de Renovación de Aire, ACH = 5\*
- Caudal de aire exterior necesario: 5 (ACH) x 188,5 (m<sup>3</sup>) = 942,5 m<sup>3</sup>/h = 15708 lpm (litros por minuto)
- Estimación de la Concentración de CO<sub>2</sub> en estado estable:

$$C_{\text{estado estable}} = \frac{4,59 \text{ lpm} + 15708 \text{ lpm} \times 420 \text{ ppm} \times 1 \times 10^{-6}}{15708 \text{ lpm} \times 1 \times 10^{-6}} = 712 \text{ ppm CO}_2$$

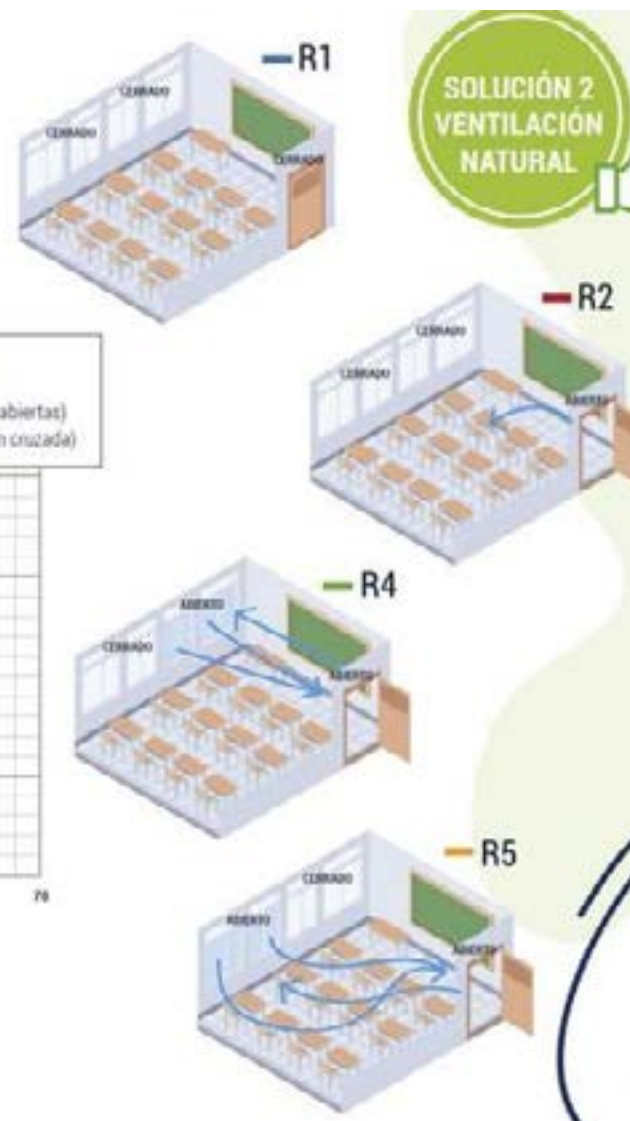
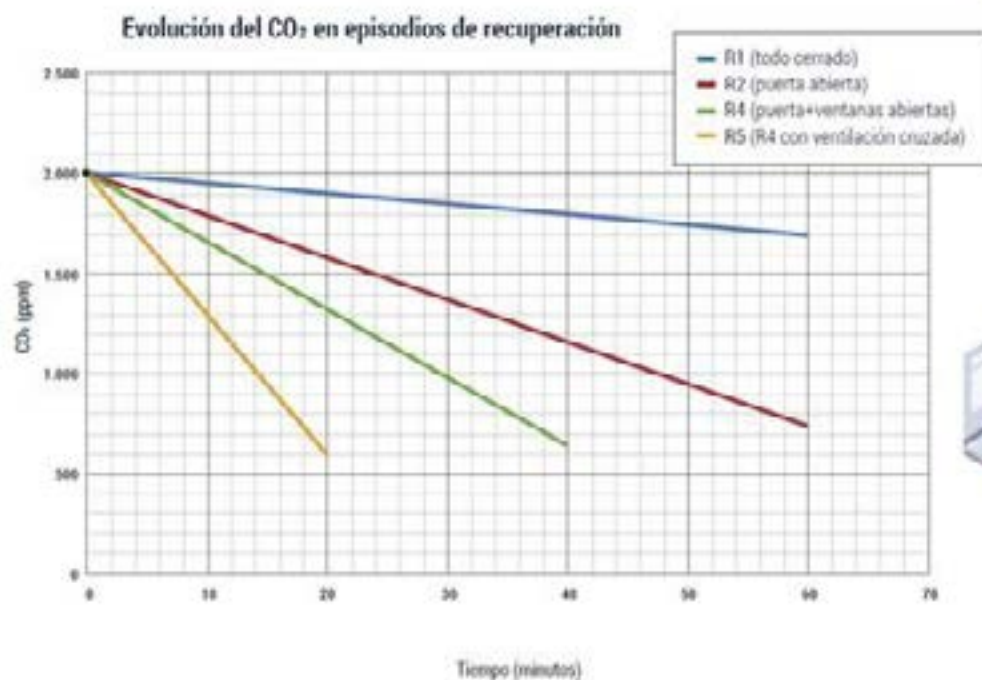
\*NOTA: Pódese calcular segundo obxectivo de ventilación de litros por persoa e segundo (lps), establecéndose en 14 segundo vimos anteriormente:

$$\text{ACH} = 14 \text{ (litros/persoa/segundo)} \times 17 \text{ (persoas)} \times 3600 \text{ (segundos/hora)} \times 0,001 \text{ (m}^3\text{/litro)} / 188,5 \text{ (m}^3\text{)} = 4,5$$

Conclusión: valores superiores a 665 ppm de CO<sub>2</sub> no primeiro caso e 712 no segundo indicarían renovación do aire inferior ao obxectivo. Polo tanto, precisaríanse medidas adicionais de ventilación (asumir desviación de ata o 20% polas variacións da concentración ao longo do día).

## 2.3.1. EVOLUCIÓN DA CONCENTRACIÓN DE CO2 ANTE DISTINTOS TIPOS DE VENTILACIÓN

Variación de concentración de CO<sub>2</sub>, indicativo de la renovación de aire, para diferentes escenarios tipo.



Na imaxe podemos apreciar 4 tipos de configuración da ventilación natural, sendo a máis efectiva a do modelo R5.

Na gráfica represéntase a ventilación dunha aula sen ninguén dentro, é dicir, pártese dunha elevada concentración de CO<sub>2</sub> (despois dunha clase) e procédese a ventilar ata acadar niveis aceptables.

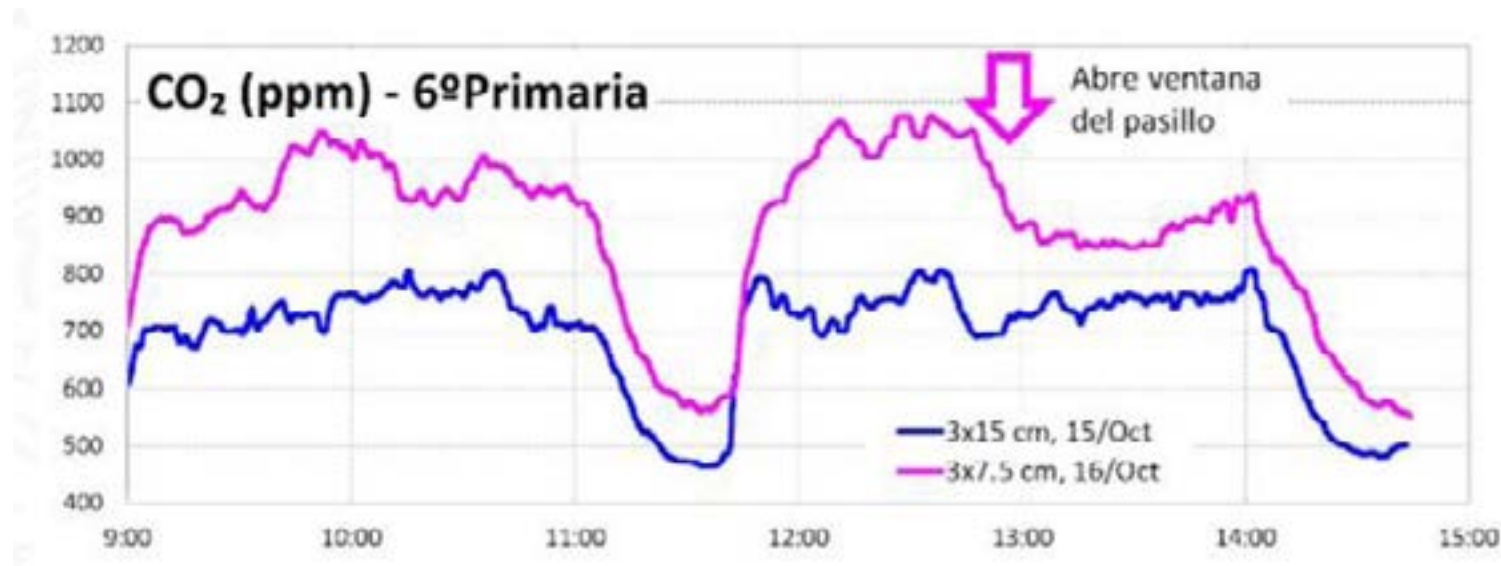
Fixándonos na gráfica vemos como coa ventilación cruzada (modelos R4 e R5) se obteñen as mellores taxas de renovación de aire (20 e 40 min).

Salientar que non ventilar a aula (modelo R1) non é unha opción viable.



## 2.3.2. EVOLUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE CO2 NA AULA

Vemos a evolución da concentración do CO2 nunha aula 6º primaria, 23 alumnos/as, 1 mestre/a



- **Liña azul:** Estudo da concentración de CO2 abrindo as fiestras (e porta do corredor) en modo continuo 15 cm. cada una (son 3) - Os valores de concentración de CO2 mantéñense lixeiramente por riba das 700 ppm recomendadas (ou do valor que se calcule para cada aula específica)
- **Liña Rosa:** Estudo da concentración de CO2 abrindo as fiestras (e porta do corredor) en modo continuo 7,5 cm. cada una (son 3) - Os valores de concentración de CO2 superan amplamente as 1000 ppm, sendo a ventilación claramente insuficiente.

1. Obsérvese que partindo dunha aula ben ventilada, logo do recreo sobre as 11:45 h., **a concentración de CO2 sobe de forma exponencial** acadando valores moi altos en tan só 10 minutos. Hai que ter en conta que os rapaces veñen do recreo, e se atopan alterados, o que provoca unha maior taxa metabólica. Non obstante, pódese apreciar que as **ventilacións puntuais no son tan efectivas como cabe pensar**. Isto se explica polo feito que tras una ventilación puntual, sempre dependendo do tipo e nivel da actividade, a concentración do CO2 pode subir rapidamente. Polo tanto, sempre que as condicións o permitan, resulta máis efectivo unha ventilación de tipo continuo.
2. Importante observar como baixa a concentración de CO2 cando se abre unha xanela no corredor (sen cambiar nada na aula), o que vai provocar a ventilación deste corredor e como reflicte na aula. Este efecto se explica máis adiante, no punto 2.5.
3. Os valores exactos non son extrapolables a todas as aulas, senón que hai que facer estudo en cada unha delas (varía en función da ocupación, idade, actividade, volume, etc.) e en función do tempo atmosférico. Se facemos un estudo sistemático (usando fichas estandarizadas) das diferentes aulas no colexio, en pouco tempo **se poderán establecer unhas condicións de ventilación bastante exactas para cada aula** sen necesidade de tomar medicións contínuas.



### 2.3.3. COMO COLOCAR O ANALIZADOR DE CO2

O analizador debe situarse de maneira que a medida non estea afectada pola ventilación nin por persoas próximas. Tendo en conta isto se colocará:

- A unha distancia mínima de 1 m. (mellor 1.5 m, se é posible) de calquera ocupante da aula.
- Afastado das aberturas, tanto de portas como de xanelas (é importante ter presente que o aire entra unhas veces polas xanelas e outras pola porta).
- Fora das correntes de aire.
- Situalo sobre un trípode ou unha mesa, entre 1,2 m e m se é posible.
- Situalo nas zonas peor ventiladas da estancia. A modo de exemplo se indican os seguintes esquemas (colocar o analizador fóra das zonas azuis):

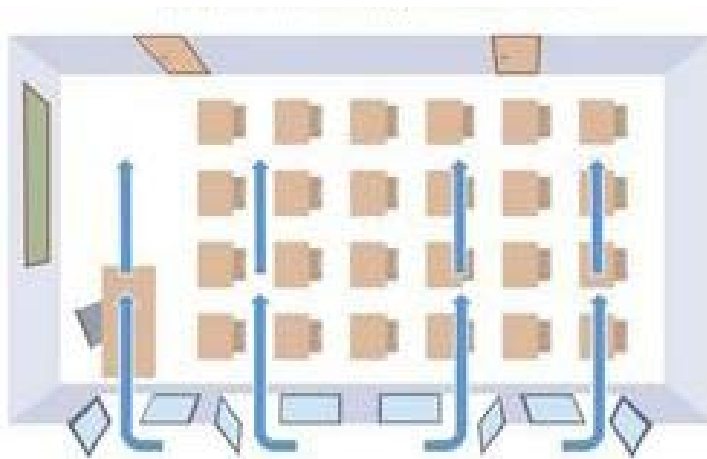




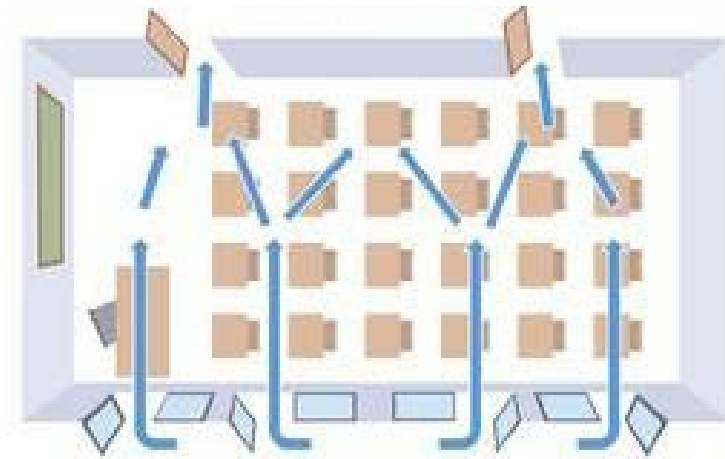
## 2.4. TIPOS DE VENTILACIÓN

**VENTILACIÓN NATURAL:** por medios naturais mediante apertura de portas e xanelas. Búscase provocar un fluxo de aire. A ventilación natural pode ser:

- **Xanelas abertas e portas pechadas**, ou ben todas no mesmo lado do espazo: pouco eficaz. Rara vez se consegue unha taxa de ventilación adecuada.



*Xanelas abertas e portas pechadas*

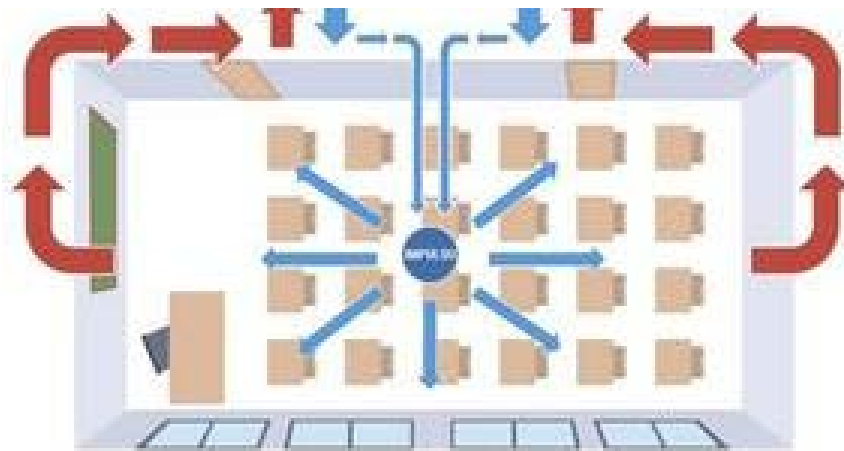


*Ventilación cruzada*

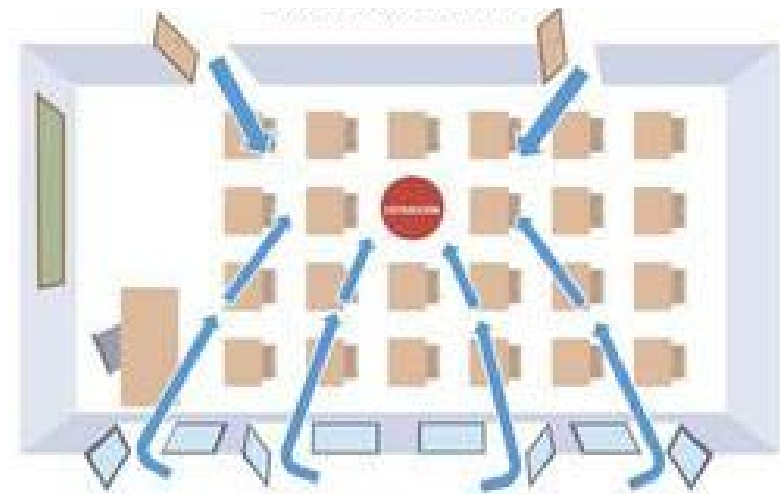
- **Cruzada:** xanelas e portas abertas en lados opostos, favorecendo o varrido eficaz en todo o espazo. Búscase o máximo cruzamento do aire ao circular.
- **Distribuída:** cantos máis puntos de entrada de aire, mellor.

**VENTILACIÓN FORZADA:** por medios mecánicos (extractores, ventiladores, centralizada, individual, etc). Moi importante revisar a configuración do sistema, para evitar a recirculación do aire.

**VENTILACIÓN MIXTA:** combina os dous sistemas anteriores como pode ser una entrada de aire por ventilación natural e unha saída forzada con extractor de aire. Normalmente se usa cando a ventilación natural non é suficiente pola configuración do edificio.



Ventilación forzada



Ventilación mixta



## 2.4.1. COMO ESTABLECER A VENTILACIÓN NATURAL NUNHA AULA

Na busca da ventilación óptima nunha aula débese ter en conta:

- **Ventilación continua versus ventilación puntual:** quedou demostrado que é preferible unha ventilación continua ao longo da clase e do día. As ventilacións puntuais (entre clases e no recreo) son mellorables coa ventilación continua, xa que se evita a acumulación de CO2 (aire potencialmente contaminado). Loxicamente a climatoloxía debe de permitirnos facer a ventilación continua. Hai que ponderar as vantaxes fronte os riscos. Non obstante caso de ser puntuais, facelas o máis a miúdo posible aínda que sexa por pouco espazo de tempo.
- **Ventilación cruzada versus ventilación non cruzada:** non hai dúbida que a ventilación cruzada (portas e xanelas en paredes opostas) é mellor que só abrir as xanelas ou porta dun só lado. Hai que sinalar que a configuración de cada aula é a que vai permitir unha ou outra configuración, pero sempre hai que buscar a cruzada.
- **Ventilación cruzada distribuída versus apertura total só dunha parte das xanelas:** demostrouse que ter moitos puntos de entrada de aire é moito máis eficaz que ter un só aínda que a superficie total de apertura sexa a mesma. É dicir, mellor abrir 15 cm. 3 xanelas que unha soa 45 cm. Isto se debe a que as correntes que se provocan, ventilan mellor o aire. Ademais hai que engadir que probablemente xeren menos sensación de frío.





Figura 2. Niveles medios de CO<sub>2</sub> correspondientes a todas las aulas estudiadas según la apertura de las ventanas. Los números indican la apertura en cm de cada hoja de la ventana (correderas) y las repeticiones de las indicaciones corresponden al número de hojas de ventana. Ejemplo: 8+8+8+8: 4 hojas de ventana corredera abierta 8 cm cada una.

- **Comprobar a ventilación do corredor:** como se viu, se a entrada de aire da nosa aula provén do corredor, caso de non se atopar ben ventilado, provocará unha mala ventilación da aula.

O sistema para dar coa ventilación adecuada é un sistema de proba e erro, pero que seguindo unha pautas sinxelas da moi bo resultado:



1. Establecer unha apertura inicial total de 80 cm repartidos entre todas as xanelas (se ten menos dun metro de altura, abrir máis mantendo a proporción). Manter estas condicións fixas durante a proba. As portas abertas.
2. Rexistrar la evolución do CO2 Se o aparato non ten rexistro continuo, tomar lecturas polo menos cada 15 minutos (son máis relevantes as lecturas ao acabar a clase, xa que o CO2 tende a aumentar co tempo).
3. Ao finalizar a proba valorar a calidade do aire vendo a concentración do CO2. Se se atopa por riba do calculado para a nosa aula (ou de forma xenérica de 700-800 ppm) axustar a ventilación abrindo máis as xanelas. Valorar se o corredor se atopa ventilado, non vaia ser que a mala ventilación veña dunha carencia no corredor que nos está a meter CO2.

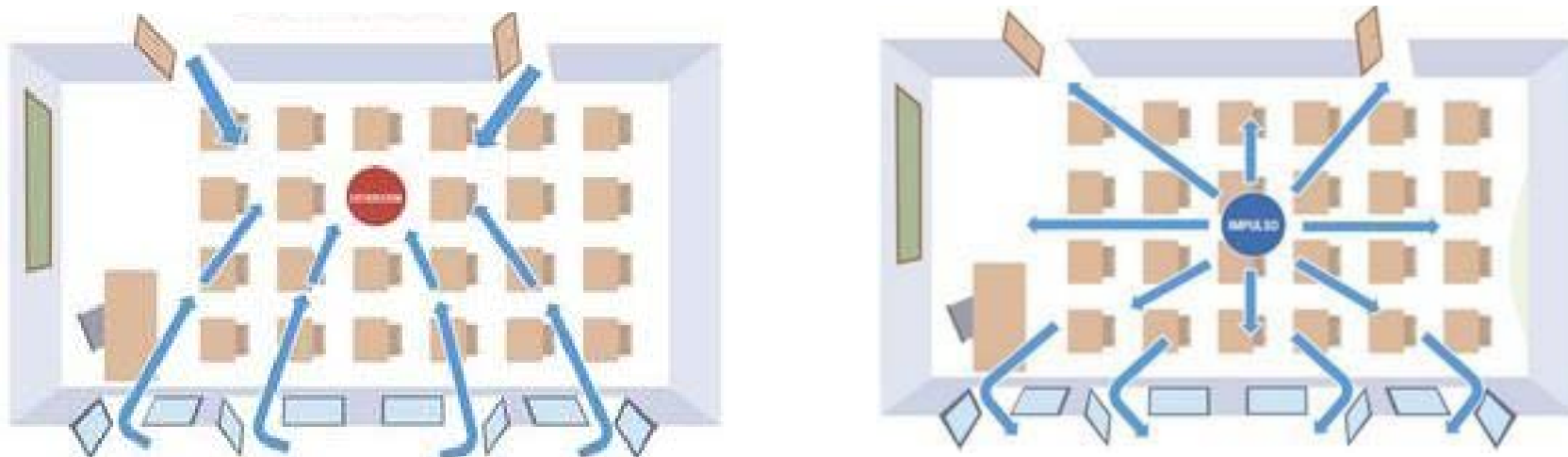
Só se a medida do CO2 está sensiblemente por embaixo do calculado (ou de forma xenérica de 700-800 ppm) probaremos a cerrar un pouco as xanelas (todas na mesma proporción).

## 2.4.2. VENTILACIÓN FORZADA

Defínse como a ventilación feita por medios mecánicos (extractores, ventiladores, centralizada, individual, etc).

### 2.4.2.1. VENTILACIÓN FORZADA INDIVIDUAL OU MIXTA:

Entendemos que se trata daquela ventilación que consegue aumentar a renovación de aire interior con aire exterior utilizando medios mecánicos, xa sexan de impulsión (introducir aire do exterior) ou de extracción (sacando aire do interior). É dicir, combina unha entrada/ saída de aire natural con outra entrada/saída de aire mecánica.



A toma ou saída de aire pode ser por xanela, teito ou orificio específico realizado para iso.

Segundo o espazo, pode haber un punto de extracción de aire nunha zona común (por exemplo no corredor) que sirva para varias aulas

O caudal necesario calcúlase segundo as renovacións de aire necesarias, tendo en conta que as medidas de ventilación son aditivas e por tanto:

$$ACH_{obxectivo} = ACH_{total} = ACH_{ventilación\ natural} + ACH_{ventilación\ forzada}$$

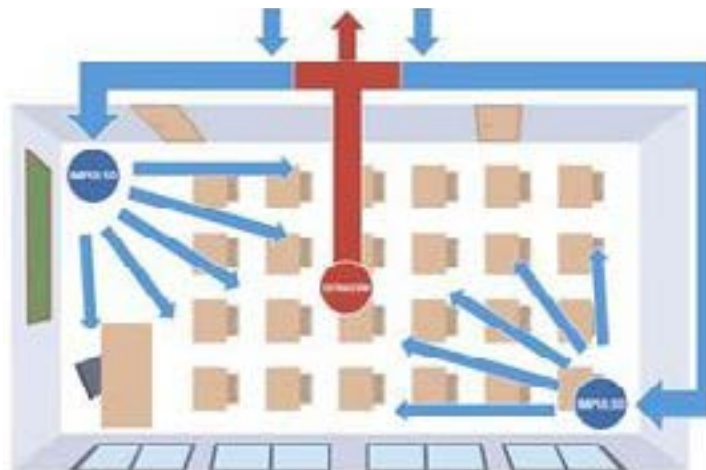
O caudal necesario será:

$$Caudal = ACH_{ventilación\ forzada} \times \text{volumen aula}$$

### 2.4.2.2.- VENTILACIÓN FORZADA CENTRALIZADA:

A solución consiste na utilización de sistemas de ventilación centralizados, é dicir, comúns para todo o edificio ou gran parte del, para incrementar renovación de aire interior con aire exterior. Son os mesmos sistemas utilizados para climatización.

Débese maximizar a cantidade de aire exterior con respecto á cantidade de aire recirculado, é dicir, impedir ao máximo a recirculación do aire.



A configuración existente e a súa modificación ha de estar a cargo de persoal técnico especializado.

O aire recirculado pódese filtrar mediante a introdución dun filtro no sistema. Débese de utilizar o filtro con maior capacidade de filtración que sexa capaz de soportar o Sistema, por exemplo MERV13.

O caudal de aire limpo conseguido calcúlase tendo multiplicando o caudal de aire recirculado pola eficacia do filtro utilizado. En calquera caso, a relación entre renovación de aire e caudal é:  $ACH = \text{Caudal} / \text{Volume aula}$

As renovacións de aire proporcionadas polo sistema serán:

$$ACH_{\text{totalsistema}} = ACH_{\text{ventilación forzada}} + ACH_{\text{recirculadofiltrado}}$$

O caudal necesario calcúlase segundo as renovacións de aire necesarias:

$$ACH_{\text{obxectivo}} = ACH_{\text{totalsistema}}$$

O caudal necesario será:

$$\text{Caudal} = ACH_{\text{totalsistema}} * \text{volume aula}$$

Nota: en caso de combinar con ventilación natural, a pesar da existencia de ventilación forzada centralizada, as ACH son aditivas, polo tanto:

$$ACH_{\text{total}} = ACH_{\text{ventilación natural}} + ACH_{\text{sistema}}$$





### 2.4.3. PURIFICADORES DE AIRE

Enténdese por equipos purificadores ou equipos de filtración como equipos capaces de eliminar as partículas en suspensión que, no caso que nos interesa, son bioaerosois. Debe quedar claro que os purificadores son filtros, pero en ningún caso filtran aos virus. O que filtran son as partículas en suspensión que transportan aos virus. Ao reter á partícula, saca o virus do aire.

Os purificadores nunca son a primeira solución nin a única solución. Son soamente unha solución de complemento e sempre son a última solución. Requiren de mantementos moi importantes, sobre todo o cambio do filtro.

Son moitas as configuracións construtivas dos colexios, o que fai que ás veces nos encontremos con aulas con mínima superficie de xanelas ( incluso impracticables) ou que se atopan en semisotos cunha ventilación como pouco dubidosa. Ás veces estas aulas non son para usos intensivos, senón de determinadas actividades coma ximnasia, aulas de debuxo, etc. A medida ideal para estes casos é a de trasladar as actividades desa aula e que permaneza pechada. Porén non sempre se pode aplicar esta solución. Hai que buscar a mellor configuración de ventilación natural para estes espazos e calcular ata onde se chega coa ventilación. Se non se pode chegar ao aceptable, tentárase buscar unha solución de ventilación forzada. Se aínda así non se consegue, o uso de purificadores como medida complementaria estase a aconsellar.

Polo tanto se non hai posibilidades de ventilación natural e/ou forzada central ou individual, ou ben non son suficientes, tentaremos coa purificación.

En primeiro lugar debemos considerar a capacidade de filtración. O caudal de aire limpo proporcionado polos equipos comerciais exprésase como CADR, do inglés Clean Air Delivery Rate, e normalmente vén dado en m<sup>3</sup>/h. Para coñecer que CADR debemos ter nunha aula mediante purificador e debemos multiplicar o ACH x volume da aula.

Así para unha aula media de instituto de 7mx9mx3m (189m<sup>3</sup>) cun mínimo de 3 ACH, precisamos cando menos un CADR de 567m<sup>3</sup>/h. Por seguridade deberíamos ampliar a 4 ou 5 ACH e mesmo chegar a 6 ACH, que é o ideal. Nese caso necesitaríase un CADR de ata 1134m<sup>3</sup>/h. Como referencia pode apuntarse que a maioría dos purificadores comerciais (non industriais) teñen un CADR de aproximadamente 300m<sup>3</sup>/h.

En segundo lugar debemos considerar a cuestión do fluxo de aire. Os purificadores non se poden situar en calquera lugar da aula. A disposición ideal é que xere correntes verticais e nas que o aire sen filtrar non pase directamente por outras persoas. Esta disposición non é posible nunha aula polo que deberían situarse tras un coidado estudo das correntes xeradas para evitar que estas pasen por alumnado no seu camiño aos purificadores o que non é sinxelo en aulas nas que non hai grandes espazos baleiros.

En terceiro lugar débese considerar a cuestión do ruído. Os purificadores con maior CADR tenden a ser máis ruidosos polo que obrigan a subir a voz. A maior volume de voz maior cantidade de aerosois e maior risco de contaxio.

Por último débese sinalar que hai outras cuestións que hai que ter en conta como que os filtros que realmente son capaces de capturar o SARS-CoV-2 son os que presentan máis dificultades para ser cambiados (operación que debe facerse con regularidade) polas medidas de seguridade a adoptar neste proceso.

O sistema máis eficaz é a filtración, que consiste en facer pasar o aire 'contaminado' a través dun filtro de alto rendemento, xeralmente filtro HEPA (High Efficiency Particulate Air), que retén as partículas e proporciona aire 'limpo'. Recoméndase HEPA H13 ou superior (>99,95% de eficiencia). Hai que asegurarse que todos os filtros HEPA estean certificados. Os filtros se deben cambiar seguindo as recomendacións do fabricante.

### Exemplo real dun ximnasio dun colexio de Barcelona

Ximnasio escolar de 430 m<sup>3</sup> (150 m<sup>2</sup> x 2.9 m). Seis purificadores de aire, cun caudal de 660 m<sup>3</sup>/ h cada un, polo que o caudal total é:

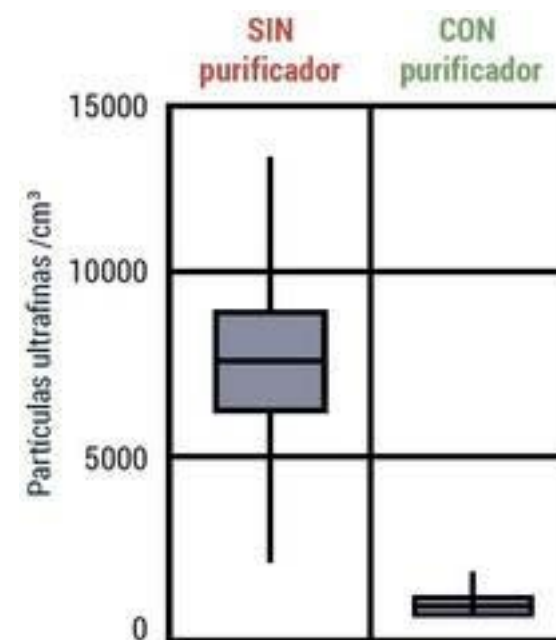
$$660 \times 6 = 3960 \text{ m}^3/\text{h}.$$

A renovación de aire proporcionada polo conxunto dos seis purificadores é:

$$ACH_{\text{purificadores}} = 3960/430 = 9.2 \text{ renovacións por hora}.$$

Obsérvase diminución na concentración de partículas no aire ambiente, susceptibles de conter virus.

Vólvese recalcar que os Purificadores son unha medida complementaria ás de cambiar a actividade de emprazamento, ventilación natural e ventilación forzada.



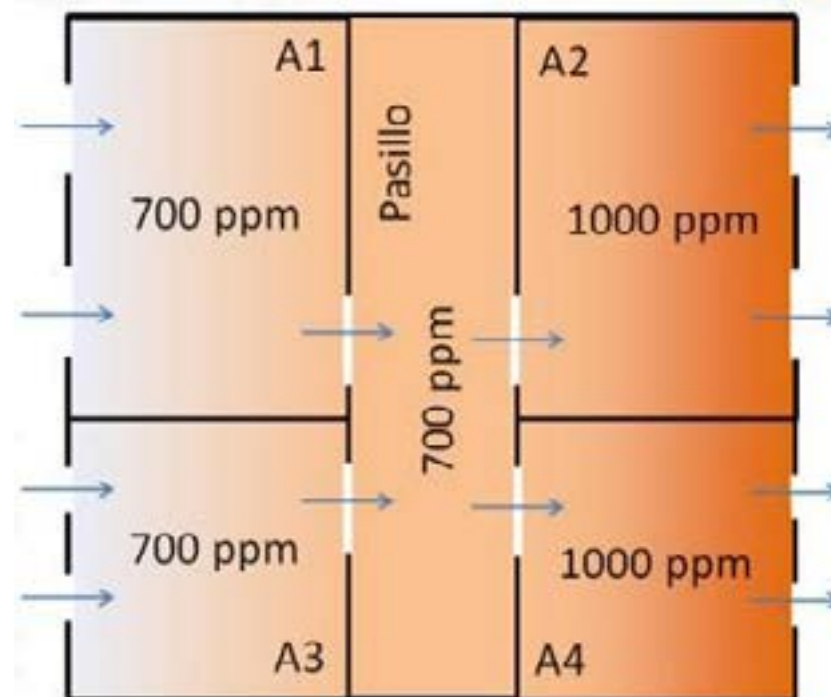
## 2.5. A IMPORTANCIA DA VENTILACIÓN DOS CORREDORES

Os corredores xogan un papel fundamental, debido a que aproximadamente a metade das aulas se ventilan desde o corredor. Por iso, recoméndase que en corredores e zonas comúns que comunican coas aulas a concentración de CO<sub>2</sub> non supere as 550 ppm (máis baixas que nas aulas).

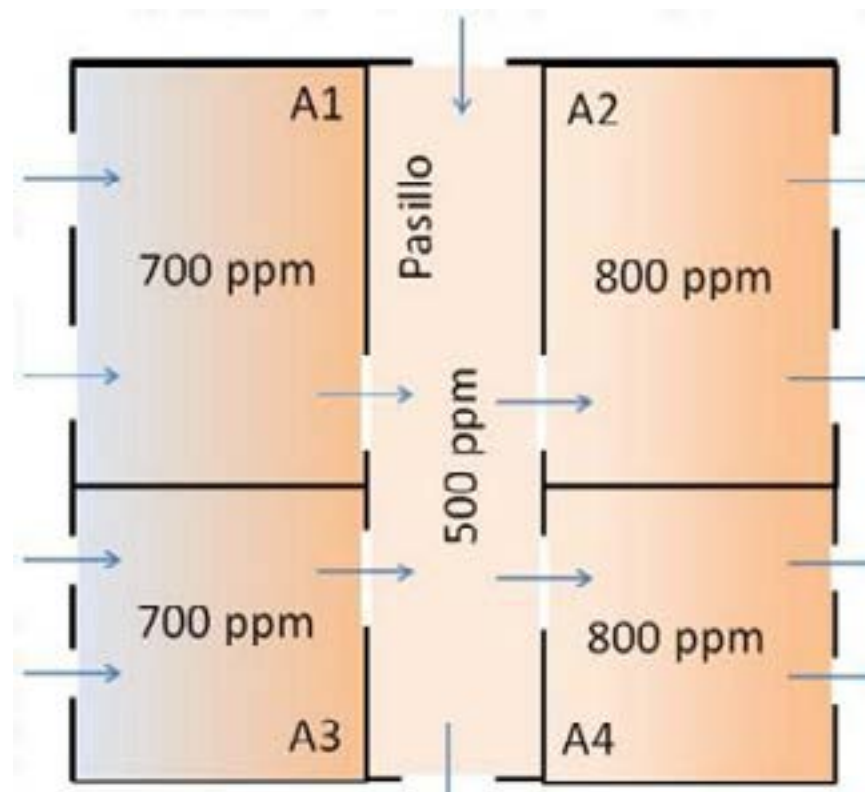
Para entendela, é necesario ter en conta que, en días de vento, o aire exterior entra por un dos lados (o exposto ao vento), e a mesma cantidade de aire debe saír polo lado oposto.

Se miramos a figura vemos que o vento vén pola esquerda e, lóxicamente, provocará a entrada de aire exterior polas xanelas das aulas A1 e A3. Esa mesma cantidade de aire debe saír necesariamente por outras aberturas do edificio, neste caso a través das xanelas de A2 e A4. Así, o corredor alimentará as aulas A2 e A4 co aire procedente de A1 e A3.

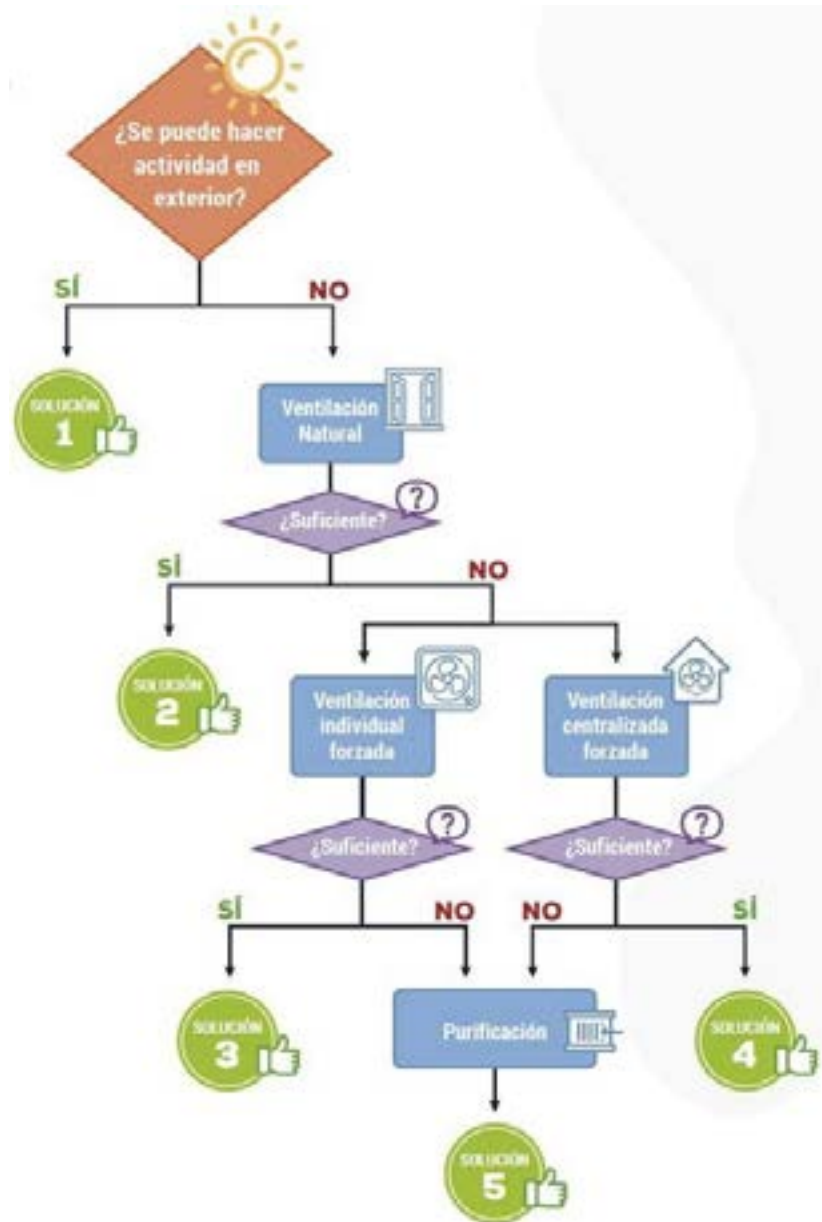
Se o corredor está mal ventilado, como na figura mostrada, as aulas ás que chega o aire desde o corredor excederán os límites de CO<sub>2</sub> recomendados, independentemente de como se axusten as súas xanelas. .



Pola contra, se temos o corredor ben ventilado, o aire que entra nas aulas A2 e A4 atópase case limpo. Por iso, resulta imprescindible **manter unha boa hixiene do aire nos corredores** para asegurar boas condicións de ventilación en todas as aulas.



### 3. PROCESO DE DECISIÓN PARA A VENTILACIÓN



Pódese intuír a estas alturas que tipo de ventilación necesito para cada un dos espazos. Só queda establecer unha árbore de decisión que, de xeito moi claro, indique cal é a pauta que hai que tomar. É importante sinalar que as medidas indicadas na árbore son secuenciais. Non pode tomarse unha sen esgotar as vías anteriores.



Todas as solucións foron explicadas ao longo do documento:

- **Solución 1. Favorecer a actividade no exterior.** As actividades en exterior son sempre preferibles ao interior, incluído almorzo. O uso de máscaras e o mantemento da distancia e as medidas de hixiene seguen sendo necesarias. Deben priorizarse especialmente nos momentos de mellor climatoloxía. Estes momentos utilizaranse tamén para ventilar as aulas.
- **Solución 2. Ventilación natural.** En espazos interiores esta é a mellor solución, xa que se achega aire limpo do exterior substituíndo o aire do interior. Trátase de provocar un fluxo de aire abrindo xanelas e portas. No punto 2.4 explicouse os tipos de ventilación natural e cales son as mellores formas de facela.
- **Solución 3. Ventilación forzada individual.** Se a ventilación natural non é posible ou é insuficiente, poden utilizarse equipos extractores ou impulsores individuais cun caudal de aire adecuado. Para poder coñecer estes caudais haberá que facer un estudo da ventilación usando o a concentración de CO<sub>2</sub> como indicador da calidade do aire. Hai que ter coidado á hora de instalalos para evitar formar correntes de aire que poidan verter o aire contaminado sobre os propios ocupantes da aula. A solución consiste, polo tanto, en aumentar a renovación de aire interior con aire exterior utilizando instrumentación.
- **Solución 4. Ventilación forzada centralizada.** Nestes sistemas hai que impedir a recirculación do aire o máximo posible, e tratar de aumentar o máximo a taxa de aire exterior. Estes sistemas extraen o aire interior e expúlsano cara ao exterior á vez que introducen aire fresco no sistema. A fracción recirculada pasa por un filtro. Estes sistemas deben ser instalados e mantidos por profesionais. Hai que ter especial coidado cos sistemas nos que existe un movemento de aire forzado. Non vale calquera instalación. Cando contamos cunha soa toma (ou moi poucas tomas) que recollan o aire interior e unha ou poucas tomas que metan aire exterior, vaise crear unha corrente de aire que transporta os aerosois (e polo tanto os virus) desde a persoa infectada a todas as demais no camiño dese aire cara ao exterior. Información ampliada no Punto 2.4.2.2.
- **Solución 5. Purificación.** Esta solución é o último recurso e debe utilizarse só cando o resto non son viables ou resultan insuficientes. A solución consiste en utilizar un purificador para eliminar as partículas susceptibles de conter virus do aire interior. Información ampliada no Punto 2.4.3.

## 4. CONCLUSIONES E RECOMENDACIONES DE VENTILACIÓN

En ningún caso a ventilación pode substituír a outras medidas de prevención dos contaxios como a máscara, o distanciamento social, etc.

Realizar as actividades ao aire libre fronte a facelas en espazos interiores, é a medida que mellor garante a protección fronte a transmisibilidade do virus (mantendo o resto de medidas de protección xa coñecidas). Por iso hai que favorecer as actividades formativas ao aire libre en detrimento das interiores. Toca ser creativos, sempre na medida do posible, para impartir as formacións en espazos exteriores ou o máis abertos posibles. Nesta busca de creatividade, tamén é importante valorar e aproveitarse das condicións ambientais favorables. É certo que durante o inverno (frío, vento, choiva, neve, etc.) é moi difícil aproveitarse dos espazos exteriores por non dicir imposible, pero cómpre recordar que durante outros moitos días, as condicións atmosféricas son mellores e en moitos casos boas ou moi boas. É aquí onde máis podemos facer, tendo preparados os plans para adaptarnos o máis rápido posible ás boas condicións atmosféricas.

Estamos nunha época de grave crise, e máis que lamentarnos e tentar sempre buscar e facer a actividade como tiñamos antes, compre ser proactivos e capaces de adaptarnos a estas novas condicións o máis axiña. Loxicamente, rexeitar na medida do posible o uso de aulas ou espazos mal ventilados (semisotos con poucas xanelas, etc).

Dentro de facer as actividades en interiores, tratarase de evitar todos os comportamentos que favorecen o aumento de produción de aerosois, coma falar en alto, berrar, actividades físicas, etc. favorecendo os comportamentos tranquilos e pausados. Dentro destas recomendacións, inclúese ao mestre/a. Valorar a instalación de sistemas de megafonía, micrófonos e altosfalantes nas aulas que o requiran para evitar que o profesorado teña que berrar.



Con independencia do sistema de ventilación aplicado, a única forma que temos de facer as correctas comprobacións sobre a efectividade da ventilación é a través de medicións das concentracións de CO<sub>2</sub> presente nos espazos interiores. Para isto cómpre ter analizadores ou medidores de CO<sub>2</sub>. Porén, a compra masiva destes medidores non se está a aconsellar. Se as condicións dunha aula e a meteoroloxía non cambian, o CO<sub>2</sub> compórtase igual todos os días. Polo tanto unha vez coñécese o comportamento da aula con diferentes condicións meteorolóxicas, podemos marcar as aperturas de xanelas en función dos resultados obtidos. Para obter estes resultados, cómpre facer medidas puntuais durante uns días nas aulas máis representativas (por exemplo se temos un corredor de 5 aulas a cada lado, facendo controis e medidas nun aula de cada lado, poderase extrapolar máis ou menos o resto das aulas dese mesmo lado, se a ocupación é similar) e facer un rexistro de datos en follas (ver máis información no punto 2.3. e 2.4.1). Tamén se pode aproveitar o uso dun ou varios analizadores e compartilos entre varios centros. Se por exemplo cada centro dispón do analizador durante 1 ou 2 semanas, pode facer un modelo de ventilación para ese centro. Sinalar aquí que ao longo do curso haberá que facer varios rexistros, con diferentes condicións atmosféricas.

No seguinte enlace <https://webmesura.org/anexos-guia-para-la-ventilacion-en-aulas-casos-practicos/> atópase un mapa interactivo dun colexio onde se fixeron medidas do CO<sub>2</sub> en todas as aulas en diferentes momentos. Se non temos acceso a un medidor de CO<sub>2</sub>, pódese buscar neste mapa o aula que máis se pareza e facer unha extrapolación. Este mapa interactivo forma parte do Anexo de Casos Prácticos Da Guía de Ventilación en Aulas do IDAEA – CSIC, que se recomenda coñecer.

Cando falamos de ventilar un espazo interior, estableceremos un equilibrio lóxico entre o confort térmico e a ventilación, valorando o risco asumible. Non só nos referimos a ventilación das aulas, senón tamén no resto de espazos: comedor, biblioteca, ximnasio, etc.

Dentro dos diferentes tipos de ventilación, como xa explicouse, a ventilación natural é a mellor e sempre a primeira opción obrigatoria. Dito isto cómpre ter en conta os seguintes puntos para acadar a mellor das ventilacións:

- Ventilar alo menos durante 15 min. tras finalizar a xornada (entendendo que tanto a quenda de mañá coma a de tarde representa unha xornada), nha aula baleira e ben ventilada tras a súa última ocupación ten o aire libre de virus e concentracións de CO2 próximas á concentración de fondo. Se cumprimos isto as aperturas das xanelas ao inicio da xornada pódense facer no momento da chegada do alumnado. Ata ese momento pódese aproveitar para quentalas. A velocidade de renovación de CO2 é moito maior que a velocidade de perda de carga térmica na aula. Se hai dúbidas do éxito da última ventilación da xornada anterior, entón ventilárase a aula durante 15 minutos antes da chegada do alumnado.
- Ventilar polo menos 15-20 minutos nos recreos. Se a ventilación é a correcta non fai falla máis tempo. Se temos dúbidas, deixar a ventilación todo o recreo.
- Naqueles casos que sexa posible, ventilar non menos de 5 minutos entre cada clase, sempre que o alumnado non cambie de aula. Cando hai cambios de aula, é dicir primeiro a usa un grupo de alumnos e alumnas e despois outro (ocorre nas aulas de especialistas, orientadores, etc.) esta ventilación será de polo menos 15 minutos.
- Optar **sempre pola ventilación cruzada**. O reparto da apertura entre todas as xanelas consegue unha mellor ventilación. É dicir, é **máis eficaz abrir de forma moderada varias xanelas, que abrir ao máximo unha soa ventá**, aínda que a superficie aberta total sexa a mesma
- Na medida do posible, facer unha ventilación continuada da aula, con apertura parcial (80 cm en total repartido entre todas as xanelas se ten 1m de altura, e o proporcional se ten máis ou menos, segundo se explicou no punto 2.4.1.) deixar aberta a porta da aula durante toda a clase. No caso de temperaturas extremas invernaís, cabe a posibilidade de ser máis razoable, por motivos de confort, realizar maior número de ventilacións de menor tempo en lugar de ter as xanelas parcialmente abertas. Se é o caso, abrir as xanelas de 2 a 5 minutos cada 15 minutos.

- Recordar a importancia da ventilación dos corredores (ver punto 2.5.) por iso deixar sempre abertos as xanelas e portas dos corredores, co gallo de manter unha ventilación óptima en todos os espazos que comunican cos corredores.
- No caso dos comedores, o alumnado por razóns obvias non leva a máscara posta. Isto implica un risco de contaxio superior e polo tanto a necesidade de mellorar a ventilación nestes espazos. Pódese optar por aperturas maiores ou totais nos comedores e sempre ventilación cruzada. A redución do número de persoas simultaneamente presentes no comedor tamén é unha medida recomendable.

No caso de que a ventilación natural non sexa suficiente, tentarase coa **ventilación forzada** por medios mecánicos, xa sea individual (ver punto 2.4.2.1.) ou centralizada (ver punto 2.4.2.2.). O que se busca é aumentar o caudal de aire limpo que entra no espazo que hai que ventilar. Para aumentar ese caudal úsanse medios mecánicos, ben de extracción, ben de impulsión ou no caso da centralizada de ambos. Para a ventilación forzada se debe contar coa axuda dun experto, tanto para o cálculo de caudais de aire como para calcular as posibles correntes de aire que se van formar e que poderían axudar a transmitir o virus se non se fai unha correcta instalación (incluso de aparatos portátiles).

Sinalar que a ventilación forzada non é incompatible coa ventilación natural, senón que son sumatorias. A forzada complementa a natural por ser esta insuficiente segundo o caso.

Como última medida, a **Purificación de aire (filtración)** só se debe pensar como un **complemento da ventilación se é necesario**, nunca como unha solución propia e que impida as anteriores. Antes de tomar unha decisión, fundamentalala con datos. Solicitar axuda dun profesional. Usar filtros de tipo HEPA con capacidade de reter aerosois en porcentaxes superiores ao 99,95%, segundo a norma UNE1822. Ter en conta facer o cambio dos filtros segundo indique o fabricante, e con coidado, xa que son elementos contaminados. Asegurarse de que o caudal de filtración é suficiente. Coidado coas correntes de aire artificiais xeradas por aparatos, xa que poden levar o aire duns nenos cara a outros, e de haber un deles enfermo, transmitirá os virus aos demais. Isto non ocorre coa ventilación natural xa que dilúe os aerosois.

De todas formas, para o uso dos purificadores, hai que contar co informe técnico pertinente, solicitado polo centro educativo a través da Unidade Técnica da Xefatura Territorial correspondente da Consellería de Cultura, Educación e Universidade e autorizado en coordinación coas directrices da autoridade sanitaria.

Por último sinalar que non son recomendables os sistemas con ionizadores ou produción de ozono, xa que xeran reaccións con outros elementos da atmosfera que non se controlan e teñen consecuencias negativas de formación de contaminantes.

A radiación UV- C debe cumprir os criterios do Ministerio de Sanidade sobre o uso de produtos que utilizan radiacións ultravioleta para desinfección do SARs- Cov-2. Os instaladores profesionais das UV- C deben informar os clientes sobre o cumprimento da Especificación UNE 0068 e dos principais aspectos relacionados coa instalación, verificación, o uso seguro e a non superación dos límites de exposición.

En relación co uso de ozono o Ministerio de Sanidade publicou un nota informativa sobre os usos permitidos do ozono e as obrigacións dos responsables da súa posta no mercado e utilización. **En ningún caso está permitido o seu uso en presenza das persoas.** Un uso inadecuado destes equipos pode provocar danos para a saúde humana. Non se recomenda o uso destes equipos ou dispositivos para un uso doméstico.

A aplicación destas estratexias de inactivación de patóxenos non reduce a **concentración de bioaerosois no aire interior** pero poden alcanzar un certo nivel de inactivación dos virus e outros microorganismos.



## 5. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Guías do Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua, IDAEA - Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Mesura:
  - [Guía para ventilación en aulas V.04](#)
  - [Anexo de Medidores de CO2 y Equipos de Ventilación Forzada V.03](#)
  - [Anexo de Casos Prácticos, V.01](#)
  - [Excel para cálculos de la Guía de Ventilación](#)
  - [Infografía: guía reducción de contagios](#)
  - [Infografía calidad aire escuelas](#)
- Guía Práctica ventilación natural nas aulas, deoLaboratorio de Investigación en Fluidodinámica y Tecnologías de la Combustión, Centro Mixto Universidad de Zaragoza y Consejo Superior de Investigaciones Científicas: [Guía LIFTEC-CSIC Para la ventilación Natural de las aulas.](#)
- Documento Técnico [Evaluación del Riesgo de Transmisión de SARS-CoV-2 mediante aerosoles](#) Ministerio Sanidad, 18 de novembro de 2020 .
- 5-step guide to checking ventilation rates in classrooms, Harvard, T.H. Chan, school of public health (en inglés e en castelán): [Guía en 5 pasos para medir la tasa de renovación de aire.](#)
- Documento Técnico [Recomendaciones de operación y mantenimiento de los sistemas climatización y ventilación de edificios y locales para la prevención de la propagación del SARS-CoV-2](#) Ministerio Sanidad, 30 de xullo de 2020.
- [Nota Informativa sobre el uso del Ozono](#), Ministerio de Sanidad, 27 de novembro de 2020.

- Documento [Medidas de Prevención, Higiene y promoción de la Salud frente a COVID-19 para centros educativos en el curso 2020-2021](#) Ministerio Sanidad, 08 de febreiro de 2021.
- Documento da Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración ATECYR, [Recomendaciones de actuación para la mejora de la ventilación en los sistemas de climatización y saneamiento de los centros educativos.](#)
- [Protocolo de adaptación al contexto da COVID-19 para o curso 2020 - 2021](#), Consellería de Cultura, Educación e Universidade, Xunta de Galicia.
- [Recomendacións sobre a ventilación en centros educativos](#), Consellería de Cultura, Educación e Universidade, Xunta de Galicia.
- Manuel Gameiro da Silva, profesor catedrático do Departamento de Engenharia Mecânica, Coordinador da Iniciativa Enerxia para Sustentabilidade da Universidade de Coimbra, especialista em climatização pela Ordem dos engenheiros, vice-presidente da REHVA [Uma análise sobre os modos de transmissão da COVID-19 à luz dos conceitos de Qualidade do Ar Interior](#), Universidade de Coímbra.
- Shin Young Park, Young-Man Kim, Seonju Yi, e outros [Coronavirus Disease Outbreak in Call Center, South Korea](#), Emerging Infectious Diseases, CDC Centers for Disease Control and Prevention.





XUNTA  
DE GALICIA