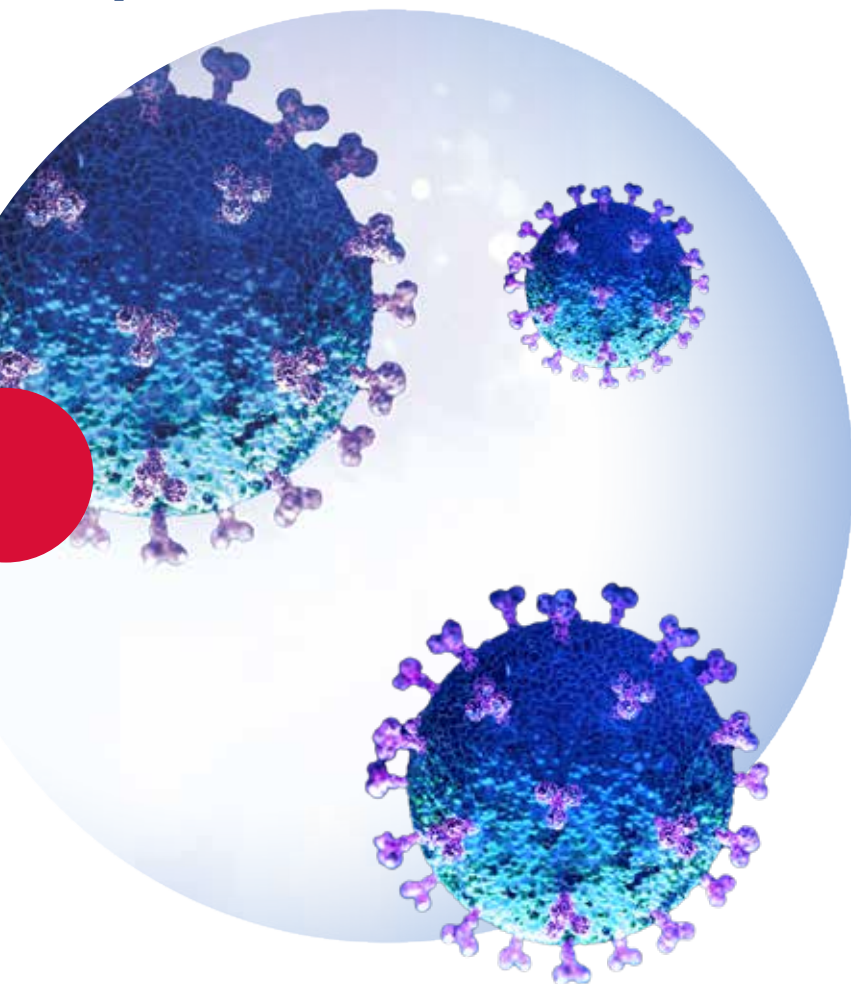


Calidad del aire interior y emergencias pandémicas



Nuevos sistemas de filtración de aire para reducir el riesgo de pandemia

Índice

1.

Introducción

- COVID-19: impacto en los sistemas HVAC
- La criticidad de los edificios escolares
- Métodos de ayuda al responsable

2.

Proyecto de investigación

- Objetivo de la investigación
- Filtro Fotocatalítico
- Escenarios de análisis
- La metodología
- Evaluación de los costes
- Evaluación de los beneficios
- Manifestaciones clínicas

3.

Conclusiones

- Resumiendo...
- Evaluación de los beneficios: Rendimiento
- Resultados: Salud y productividad
- Resultados: Ahorro energético

Grupo de trabajo

Rhoss S.p.A
Politecnico di Torino - Grupo TEBE @ IEEM


1.

Introducción


Pandemia de Covid-19

La pandemia de COVID-19 puso a prueba los sistemas HVAC, poniendo de manifiesto las deficiencias de las actuales tecnologías de tratamiento del aire y gestión de sistemas.

Pros y contras de la pandemia.




Mayor atención a las condiciones de salud de los ocupantes de los edificios




Demostró la ineficacia de los sistemas HVAC para afrontar este reto

Condiciones de partida.



En condiciones normales, los sistemas HVAC funcionan para garantizar **unas condiciones interiores adecuadas**, minimizando el impacto energético y ambiental de los edificios.



En las **condiciones de emergencia**, la atención se centró por completo en garantizar unas condiciones internas adecuadas para **no comprometer la salud de los ocupantes**.

Recomendaciones durante la pandemia

Durante la pandemia, se definieron varias **recomendaciones para la gestión de los sistemas de aire** a fin de limitar la propagación del virus SARS-CoV-2 (y sus variantes) y garantizar el mantenimiento de una buena calidad del aire en los espacios confinados.

Acciones

Para el funcionamiento de las unidades de tratamiento de aire (UTA) se recurrió a:

- **Funcionamiento casi continuo del sistema** (hasta 24 horas al día).
- **Eliminación de la función de recirculación del aire de toma** (para evitar el transporte de agentes químicos/biológicos).
- **Desactivación de los recuperadores de calor** (para evitar la contaminación entre los flujos de aire de toma y de aire exterior) .



Mejor calidad del aire interior



Mayor consumo energético

Objetivos del diseño

Con el objetivo de devolver gradualmente los sistemas HVAC a su funcionamiento normal, el diseño de las configuraciones de las UTA dependerá de soluciones y tecnologías innovadoras, cuya adopción puede devolver la gestión de los sistemas a su funcionamiento estándar, garantizando un buen compromiso entre el **consumo energético, la calidad del aire interior y la salud de los ocupantes.**

Acciones

Para reducir los **costes energéticos relacionados con la gestión de los sistemas de tratamiento del aire, es necesario:**

- Reintroducir la recirculación del aire de toma.
- Reintroducir el uso de los recuperadores de calor.
- Adoptar **soluciones tecnológicas innovadoras** para reducir el transporte de agentes químicos/biológicos en el aire de toma.



Mejor calidad del aire interior



Menor consumo energético

¿Cómo evaluar los proyectos de inversión en el sector energético?



Rendimiento energético



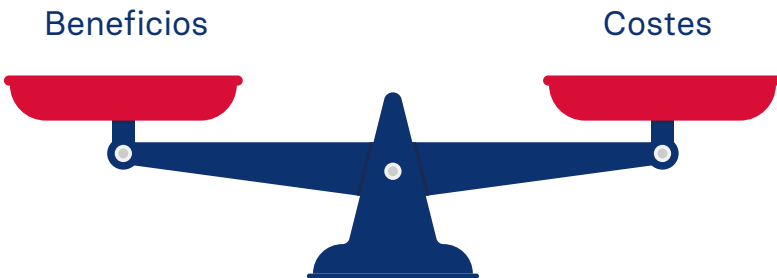
Evaluación financiera



Impactos socioeconómicos



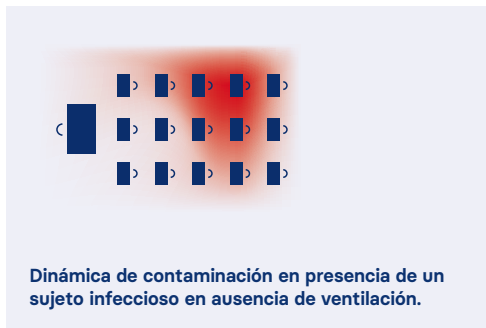
Análisis costes-beneficios



Criticidad de las aulas escolares

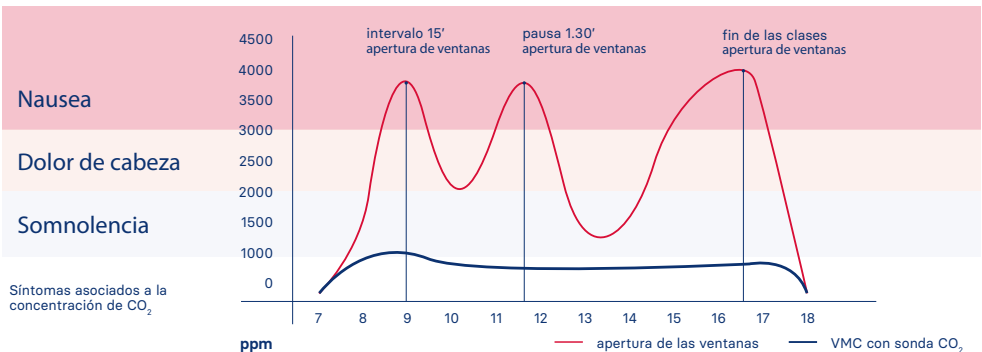
Los colegios están reconocidos como puntos críticos para la transmisión del virus SARS-CoV-2. Los elementos que hacen que las aulas escolares sean especialmente **críticas** para los riesgos de contagio directo son:

- La alta **densidad** de ocupación.
- La **disposición** de los asientos en las aulas.
- La prolongada **permanencia en el aula** (requerida por las lecciones).



Tasa de CO₂ en una jornada escolar

(Normativas de referencia para la calidad del aire EN 13 779)



2.

Proyecto de investigación

Objetivo de la investigación

La investigación pretende comparar distintas configuraciones de UTA, teniendo en cuenta las diferencias de gestión en las fases **preCOVID**, **COVID** y **posCOVID**.



Configuración **posCOVID**

En las configuraciones posCOVID, el análisis compara el uso de dos sistemas de filtrado: el filtro absoluto H13 y el filtro Fotocatalítico en la toma.

Caso de aplicación: **edificio escolar**

AÑOS ALUMNOS	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18
AÑO ESCOLAR	I	II	III	I	II	III	IV	V	I	II	III	I	II	III	IV	V
TIPOS DE ESCUELAS	Jardín de infancia			Escuela primaria					Escuela secundaria de grado medio			Escuela secundaria de grado medio				

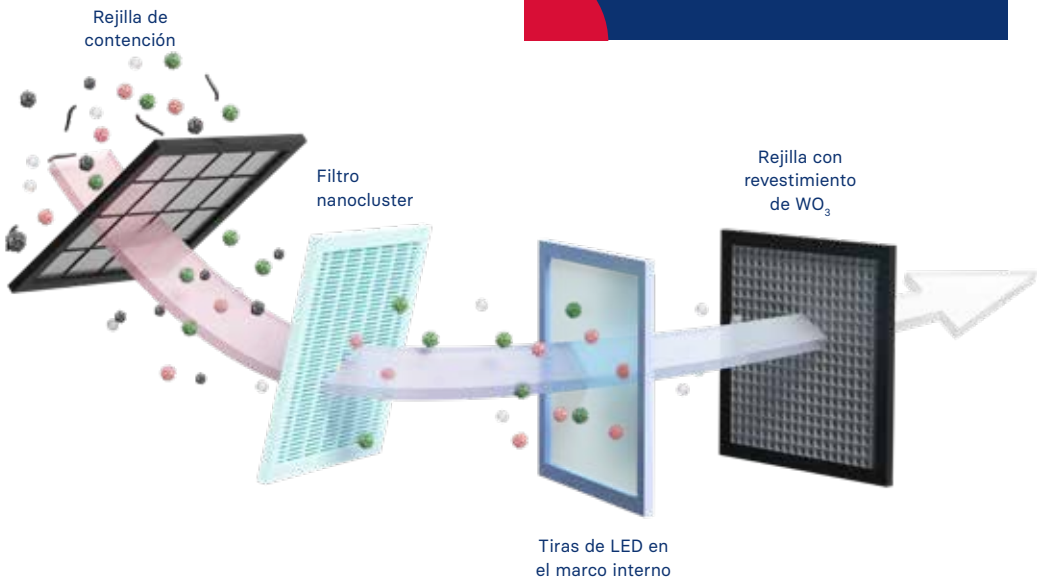
Número de aulas escolares servidas por una UTA	7
Número de alumnos por aula (totales)	24 (168)
Número de profesores por aula (totales)	1 (7)
Caudal de aire mínimo por aula (m ³ /h)	714,3
Caudal de aire por persona (l/s por persona)	7,9

Filtro Fotocatalítico: cómo funciona

La mayoría de las tecnologías empleadas para eliminar virus y bacterias utilizan fotocatalizadores a base de dióxido de titanio (TiO₂), una sustancia que necesita exponerse a la luz ultravioleta para activarse.

Novedad

El desarrollo de un **nuevo fotocatalizador basado en trióxido de wolframio (WO₃)** aumentó la eficacia de la fotocatalisis y eliminó el problema de la luz ultravioleta, activándose con lámparas LED.



Fuente luminosa
con **luz visible**
LED



Activación del
fotocatalizador
de Trióxido de
tungsteno (WO₃)



**Destrucción y
descomposición**
de microorganismos
patógenos



Formación de
vapor de agua
y dióxido de
carbono

Escenarios de análisis

Situación preCovid

- 1. Sistema con recirculación**
con recuperador de calor en funcionamiento
1. Prefiltro en el aire exterior
2. Prefiltro en la toma
3. Filtro F7 STANDARD

Situación de Covid

- 2. Sistema en aire pleno exterior**
con recuperador de calor que NO funciona
1. Prefiltro en el aire exterior
2. Prefiltro en la toma
3. Filtro F7 STANDARD

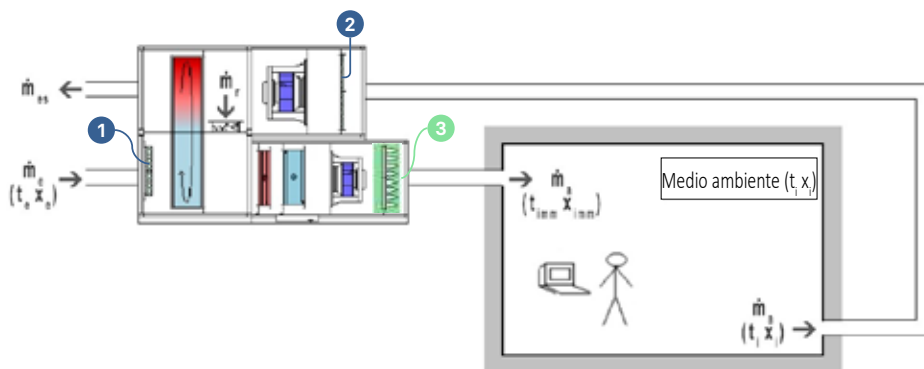
Situación posCovid

- 3. Sistema con recirculación**
con recuperador de calor en funcionamiento
1. Prefiltro en el aire exterior
2. Prefiltro en la toma
3. Filtro AIR'SUITE F7
4. Filtro Fotocatalítico

- 4. Sistema con recirculación**
con recuperador de calor en funcionamiento
1. Prefiltro en el aire exterior
2. Prefiltro en la toma
3. Filtro AIR'SUITE F7
4. Filtro ABSOLUTO

Situación preCOVID

Sistema de recirculación con recuperador de calor en funcionamiento.



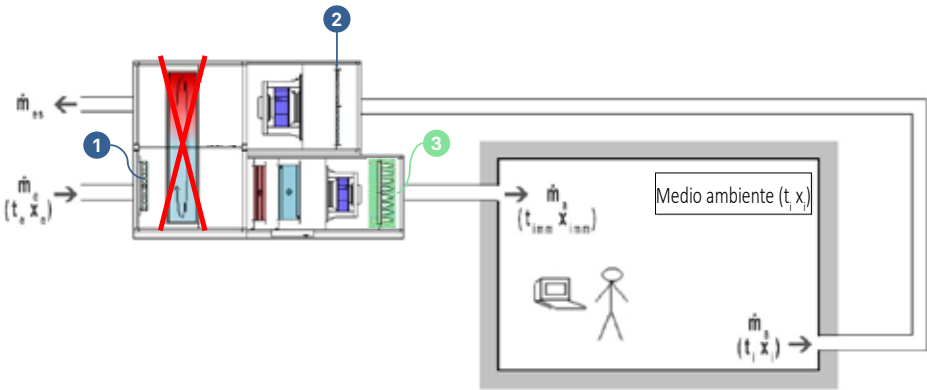
Leyenda

- 1 PREFILTRO en el aire exterior
- 2 PREFILTRO en la toma
- 3 FILTRO F7 STANDARD

- \dot{m}_a Caudal de aire en el ambiente
- \dot{m}_e Caudal de aire exterior
- \dot{m}_{es} Caudal de aire expulsado
- \dot{m}_r Caudal de aire de recirculación

Situación COVID

Sistema en aire pleno exterior con recuperador de calor que no funciona.



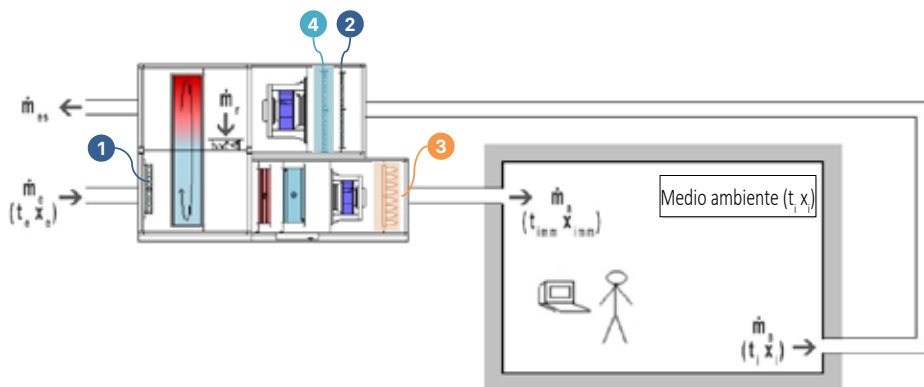
Leyenda

- 1 PREFILTRO en el aire exterior
- 2 PREFILTRO en la toma
- 3 FILTRO F7 STANDARD

- \dot{m}_a Caudal de aire en el ambiente
- \dot{m}_e Caudal de aire exterior
- \dot{m}_{es} Caudal de aire expulsado

Situación posCOVID (1)

Sistema de recirculación con recuperador de calor en funcionamiento con filtro Ponente 1000.



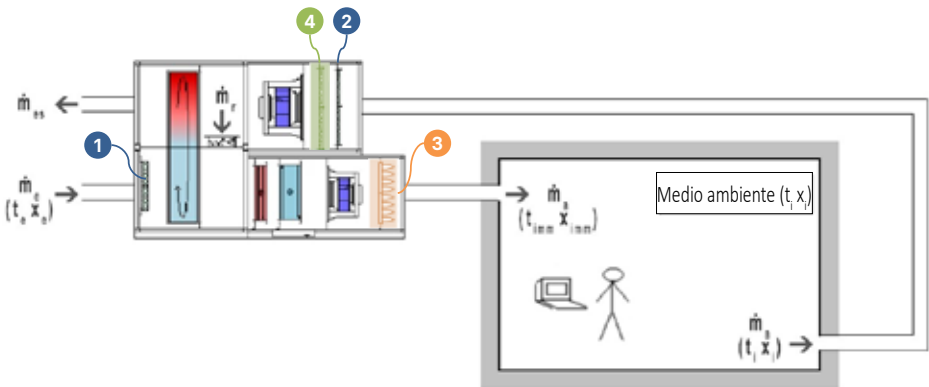
Leyenda

- 1 PREFILTRO en el aire exterior
- 2 PREFILTRO en la toma
- 3 FILTRO AIR'SUITE F7
- 4 Filtro Fotocatalítico

- \dot{m}_a Caudal de aire en el ambiente
- \dot{m}_e Caudal de aire exterior
- \dot{m}_{es} Caudal de aire expulsado
- \dot{m}_r Caudal de aire de recirculación

Situación posCOVID (2)

Sistema de recirculación con recuperador de calor en funcionamiento con filtro absoluto H13.



Leyenda

- 1 PREFILTRO en el aire exterior
- 2 PREFILTRO en la toma
- 3 FILTRO AIR'SUITE F7
- 4 FILTRO ASSOLUTO H13

- \dot{m}_a Caudal de aire en el ambiente
- \dot{m}_e Caudal de aire exterior
- \dot{m}_{es} Caudal de aire expulsado
- \dot{m}_r Caudal de aire de recirculación

Costes

Costes evitados = Beneficios



Costes relativos a la configuración de la UTA



Salud de los alumnos y profesores



Rendimiento alumnos

Análisis costes-beneficios

Análisis incremental

$$\Delta BCR = \frac{\sum_i B(i)_{PosCovid} - \sum_i B(i)_{PreCovid}}{\sum_i C(i)_{PosCovid} - \sum_i C(i)_{PreCovid}}$$

$B(i)_{PosCovid/PreCovid}$ = Beneficios

$C(i)_{PosCovid/PreCovid}$ = Costes

$\Delta BCR > 1$

Beneficios $_{PosCovid}$ > Beneficios $_{PreCovid}$

Evaluación de los **costes**



Costes de inversión



Costes de ejercicio



Costes de mantenimiento



Costes de eliminación

Evaluación de los beneficios: **Salud**

El método **Cost Of Illness** permite evaluar los **BENEFICIOS** del filtro como **COSTES EVITADOS**: costes directos y costes indirectos (mediante el método **Human Capital Approach**).

Costes directos =
Costes sanitarios



Gestión doméstica

Coste de los
medicamentos a cargo
del paciente



Hospitalización/

Cuidados intensivos

Coste de la terapia a cargo del
Servicio Nacional de Salud

Costes indirectos =
Costes de recursos educativos no utilizados



Pérdida de días lectivos

Parte del servicio educativo que queda como recurso no utilizado.
Se monetiza a través de la renta media anual per cápita del empleo en
la administración pública

COVID-19: Manifestaciones clínicas

Síntomas comunes

Fiebre, tos seca, fatiga.

Síntomas raros

Dolor de cabeza

Congestión nasal

Dolor de garganta

Tos con esputo

Falta de aliento

Dolor muscular o articular

Escalofríos

Náuseas y/o vómitos

Diarrea

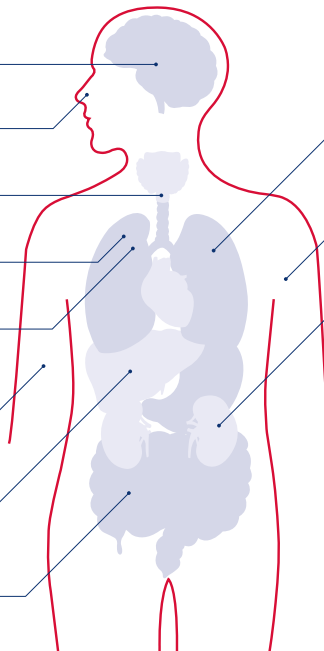
En los casos graves

Fiebre alta

Hemoptisis

Leucopenia

Insuficiencia renal



COVID-19:

Manifestaciones clínicas

Los síntomas varían en función de la gravedad de la enfermedad:

1.

Ausencia de síntomas

(asintomáticos).

2.

Síntomas gripales

Como fiebre (en más del 90% de los casos), tos seca (en más del 80% de los casos), cansancio, falta de aliento (alrededor del 20% de los casos) y dificultad para respirar (alrededor del 15% de los casos).

3.

Síntomas graves

Los casos más graves de infección pueden causar neumonía, insuficiencia renal aguda e incluso la muerte. Los pacientes también presentan leucopenia (deficiencia de glóbulos blancos) y linfocitopenia (deficiencia de linfocitos).

Infección asintomática

Individuos que dan positivo en la prueba virológica del SRAS-CoV-2, pero no presentan síntomas compatibles con COVID-19.

Gestión doméstica

Enfermedad leve

Individuos que presentan uno de los diversos síntomas de COVID-19 (fiebre, tos, dolor de cabeza, ...) pero no tienen dificultad respiratoria, disnea o imágenes torácicas anormales. Pueden tratarse en régimen ambulatorio o en casa. Sin pruebas de imagen ni evaluaciones de laboratorio específicas.

Enfermedad moderada

Individuos que muestren evidencia de enfermedad respiratoria inferior durante la evaluación clínica y que tengan saturación de oxígeno ($SpO_2 > 94\%$). Dado que la enfermedad pulmonar puede progresar rápidamente, los pacientes con enfermedad moderada deben ser vigilados.

Hospitalización

Enfermedad grave/severa

Individuos con $SpO_2 = 30$ respiraciones/min. Estos pacientes pueden sufrir un rápido deterioro clínico. La oxigenoterapia debe administrarse inmediatamente.

Hospitalización (UCI)

Enfermedad crítica

Individuos con insuficiencia respiratoria, shock séptico y disfunciones orgánicas múltiples. Estos pacientes necesitan tratamiento en una unidad de cuidados intensivos (UCI).

3. Resumiendo...

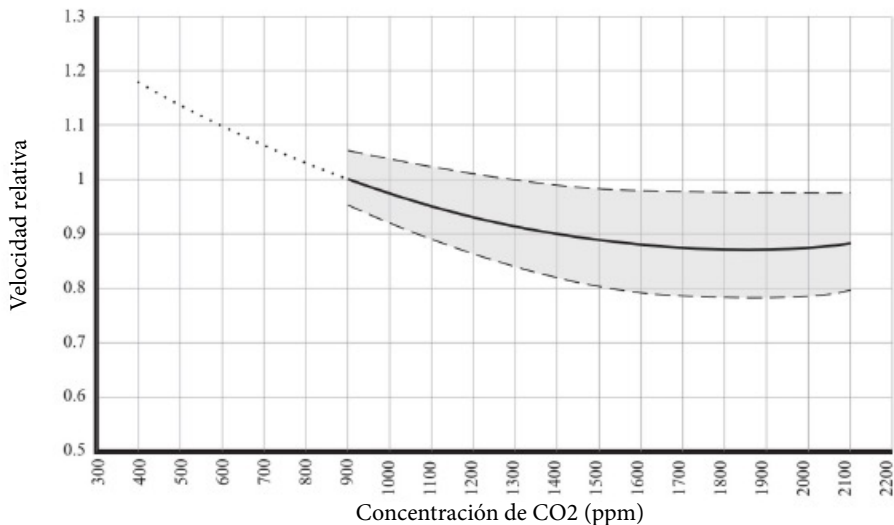
Enfermedad	Virus		Bacteria	
	SARS-CoV-2	Adenovirus	Estafilococo Aureus	Escherichia Coli
COVID-19	•			
Neumonía		•	•	•
Meningitis			•	•

Enfermedad	Filtro Air'Suite	Filtro Ponente 1000	Filtro Assoluto H13
Capacidad de reducción del filtro (en 24 h) SARS-CoV-2	-	100%	100%
Capacidad de reducción del filtro (en 8 h) Adenovirus	-	33,3%	30%
Capacidad de reducción del filtro (en 24 h) Estafilococo Aureus	98%	99%	99%
Capacidad de reducción del filtro (en 24 h) Escherichia Coli	90%	99%	99%

Evaluación de los beneficios: Rendimiento

El rendimiento de los alumnos en las aulas se ve influido por la **concentración de CO₂** (utilizada como **indicador de la calidad del aire**) en la sala, con el mismo caudal de aire de las distintas configuraciones consideradas.

La concentración de CO₂ en el medio ambiente varía (disminuye) debido a las distintas tecnologías de filtrado con diferentes capacidades de reducción.



Comparación con la configuración **PreCovid**

PosCovid (1) vs. PreCovid

(Filtro Fotocatalítico + Air'Suite frente al filtro de mercado F7)

	Δ Costes	Δ Beneficios	$\Delta B/\Delta C$	
Jardín de infancia (2-3 años)	5.646,2	4.126,3	0,73	Salud
Jardín de infancia (6-10 años)	5.610,4	46.030,4	8,20	Salud + Productividad
Escuela secundaria de grado medio (11-13 años)	5.643,6	48.038,5	8,53	
Escuela secundaria de grado superior (14-19 años)	5.634,6	48.375,8	8,59	

PosCovid (2) vs. PreCovid

(filtro absoluto H13 + Air'Suite frente al filtro de mercado F7)

	Δ Costes	Δ Beneficios	$\Delta B/\Delta C$	
Jardín de infancia (2-3 años)	11.032,4	4.126,3	0,37	Salud
Jardín de infancia (6-10 años)	10.736,1	5.739,4	0,53	Salud + Productividad
Escuela secundaria de grado medio (11-13 años)	10.936,5	7.747,5	0,71	
Escuela secundaria de grado superior (14-19 años)	10.936,5	8.084,8	0,74	

Comparación con la configuración Covid

PosCovid (1) vs. Covid

(Filtro Fotocatalítico + Air'Suite frente al filtro de mercado F7)

	Δ Costes	Δ Beneficios	$\Delta B/\Delta C$
Jardín de infancia (6-10 años)	5.524,9	184.427,8	33,38
Escuela secundaria de grado superior (14-19 años)	5.524,9	181.953,4	32,93

Este análisis subraya la insostenibilidad de las contramedidas de los sistemas HVAC de alto consumo energético, emprendidas durante la emergencia pandémica, y argumenta la necesidad de encontrar soluciones que garanticen espacios interiores saludables al tiempo que reducen el impacto energético del tratamiento del aire.



New air for the future.

RHOSS S.P.A.

Via Oltre Ferrovia, 32
33033 Codroipo (UD) - Italy
tel. +39 0432 911611
rhoss@rhoss.com

RHOSS Deutschland GmbH

Hözlstraße 23, D
72336 Balingen, OT Engstlatt - Germany
tel. +49 (0)7433 260270
rhossde@rhoss.com

RHOSS S.P.A. - France

39 Chemin Des Peupliers
9570 Dardilly - France
tel. +33 (0)4 81 65 14 06
rhossfr@rhoss.com

RHOSS Iberica Climatizacion, S.L.

Frederic Mompou, 3 - Pta. 6a Dpcho. B 1
08960 Sant Just Desvern - Barcelona - Spain
tel. +34 691 498 827
rhossiberica@rhossiberica.com

RHOSS Nederland B.V.

Nijverheidsweg 9 - 3401 MC IJsselstein - NL
Nikola Teslastraat 1-14 - 7442 PC Nijverdal - NL
tel. +31 (0)85 8223 001
info@rhossnederland.nl

rhoss.com

