



# INFORME DE CALIDAD DE AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS COMERCIALES EN ESPAÑA 2024





## INFORME DE CALIDAD DE AIRE INTERIOR EN EDIFICIOS COMERCIALES EN ESPAÑA 2024



Es una organización sin ánimo de lucro, creada por



## Contenido

PRESENTACIÓN DEL IAQ OBSERVATORY SPAIN .....	4
Evolución histórica del conocimiento y la normativa sobre calidad del aire interior en España.....	5
Primera etapa: Conocimientos iniciales. Avances científicos (1960-1980) .....	5
Contexto social y tecnológico .....	5
Primeros estudios y reconocimiento de contaminantes interiores .....	6
Aparición de problemas de salud relacionados con la CAI .....	6
Normativas incipientes y medidas preventivas.....	6
Etapas iniciales: Conclusión .....	7
Segunda etapa: Introducción de normativas específicas (1980-2000) .....	7
Contexto socioeconómico y tecnológico .....	8
Problemas de salud relacionados con la CAI .....	8
Síndrome del Edificio Enfermo (SEE): .....	8
Impacto del tabaco: .....	10
Contaminantes emergentes:.....	10
Desarrollo normativo .....	10
Limitaciones de esta etapa.....	11
Conclusión.....	11
Tercera etapa: Consolidación y enfoque en la salud (2000-presente) .....	11
Contexto socioeconómico y tecnológico .....	11
Auge de la sostenibilidad: .....	11
Cambio climático y urbanización: .....	12
Pandemia de COVID-19 (2020): .....	12
Problemas de salud asociados a la CAI .....	12
Desarrollo normativo: .....	12
Certificaciones y estándares voluntarios.....	13
Innovación tecnológica.....	14
Impacto social y cultural.....	14

Conclusión .....	14
Perspectivas futuras.....	14
PRIMER INFORME DE SITUACION DE LA CALIDAD DE AIRE INTERIOR EN ESPAÑA .....	16
Dióxido de carbono y la calidad del aire interior .....	17
Dióxido de carbono: Resultados del estudio:.....	17
Partículas PM2,5 y la calidad del aire interior .....	18
Partículas en suspensión. Resultados del estudio .....	19
Bioaerosoles bacterianos y calidad de aire interior.....	20
Bacterias en suspensión resultados del estudio .....	22
Hongos en suspensión y calidad del aire interior .....	22
Hongos en suspensión: Resultados del estudio.....	24
CONCLUSIONES Y ANALISIS COMPARADOS .....	25
CONCLUSIONES FINALES .....	29

## PRESENTACIÓN DEL IAQ OBSERVATORY SPAIN

El Indoor Air Quality Observatory Spain (IAQ Observatory Spain) es una iniciativa dedicada a mejorar la Calidad del Aire Interior en España.

Actuamos como un altavoz para concienciar al público y a los profesionales, ayudamos a las administraciones a desarrollar normativas prácticas, y servimos como un repositorio documental.

Además, nos coordinamos con entidades europeas para fortalecer nuestras iniciativas y ampliar nuestro impacto.

Es el resultado de la colaboración entre dos entidades destacadas en el ámbito de la calidad del aire interior en España.



Nos esforzamos por mejorar la IAQ en las ciudades españolas, supervisando y fomentando el cumplimiento de políticas públicas y prácticas que aseguren el derecho humano a un entorno saludable.

# Evolución histórica del conocimiento y la normativa sobre calidad del aire interior en España

La **calidad del aire interior** (CAI-IAQ) ha sido un tema de creciente importancia en España, vinculado tanto a la evolución de la sociedad, que cada vez es más exigente en todos los aspectos que tienen relación con la salud, como del conocimiento científico y la adaptación de normativas nacionales, pero también internacionales especialmente europeas.

El desarrollo histórico podría dividirse en tres etapas:

## Primera etapa: Conocimientos iniciales. Avances científicos (1960-1980)

Durante las décadas de 1960 a 1980, la calidad del aire interior (CAI) comenzó a aparecer como una preocupación científica, aunque, especialmente en los 60 y 70 todavía era un tema secundario frente a la calidad del aire exterior.

En esta etapa, el conocimiento en relación con la CAI en España era muy incipiente, pero empezó a afianzarse por avances internacionales y cambios en los estilos de vida, la arquitectura y las tecnologías de construcción.

### Contexto social y tecnológico

En este periodo, España experimentó un intenso desarrollo urbano y una rápida industrialización. Este crecimiento estuvo acompañado por un aumento del uso de combustibles fósiles, tanto en la industria como en los hogares.

La calefacción por combustión, particularmente de carbón y gasóleo y aún en menor medida gas, era la principal fuente de calor en los edificios residenciales y comerciales, lo que contribuía a la contaminación del aire exterior pero también acumulación de contaminantes interiores.

Los edificios en esta época se diseñaban con sistemas de ventilación natural (ventanas, rendijas), lo que mitigaba parcialmente los problemas de acumulación de contaminantes interiores.

Sin embargo, en edificios de nueva construcción, especialmente oficinas y espacios públicos, comenzó a popularizarse el uso de sistemas de calefacción y ventilación mecánica, aunque sin un control efectivo de la calidad del aire, y con la crisis del petróleo, estos se hicieron cada vez más herméticos contribuyendo a empeorar la calidad del aire interior.

## Primeros estudios y reconocimiento de contaminantes interiores

La investigación en CAI en estas décadas, era prácticamente inexistente, pero se comienza a desarrollar el conocimiento sobre algunos contaminantes como:

- **Monóxido de carbono (CO):** Generado por sistemas de calefacción defectuosos o ventilación inadecuada.
- **Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y partículas:** Asociados al uso de carbón en calefacción.
- **Humo de tabaco:** Un contaminante omnipresente en la época, especialmente en entornos laborales y domésticos.
- **Compuestos orgánicos volátiles (COVs):** Emitidos por pinturas, barnices y productos de limpieza.

## Aparición de problemas de salud relacionados con la CAI

En España, instituciones como el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) empezaron a interesarse en el impacto de la calidad del aire en la salud, aunque sus estudios estaban más orientados al aire exterior. Las primeras investigaciones específicas sobre calidad del aire interior comenzaron a tener lugar hacia finales de los años 70, impulsadas por la preocupación internacional sobre el impacto de los contaminantes en la salud respiratoria y cardiovascular.

## Normativas incipientes y medidas preventivas

Como se ha anticipado, en respuesta a la crisis del petróleo de 1973, se promovieron medidas para reducir el consumo energético en los edificios, lo que llevó a una mayor hermeticidad en las construcciones, que a su vez se tradujo en la intensificación de los problemas de calidad del aire interior al limitar la ventilación natural.

Se establecieron algunas normativas relacionadas con la seguridad de sistemas de calefacción, exigiendo revisiones periódicas para minimizar el riesgo de intoxicaciones por monóxido de carbono. Sin embargo, estas regulaciones estaban más enfocadas en la seguridad que en la calidad del aire interior per se.

Hacia finales de los años 70, comenzaron las primeras campañas para informar a la población sobre los riesgos de las estufas y calderas defectuosas, así como la importancia de ventilar regularmente los espacios cerrados.

### Influencias internacionales

En estos años en España se empiezan a conocer los avances en otros países que ya comenzaban a integrar la calidad del aire interior en sus investigaciones y normativas:

- **Estados Unidos:** Los estándares iniciales de ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) empezaron a incluir recomendaciones sobre ventilación para evitar la acumulación de contaminantes en interiores, en particular el ASHRAE 62.

La primera versión de la norma "ASHRAE Standard 62: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality", se publicó en el año 1973.

Esta norma fue uno de los primeros intentos de establecer requisitos claros para garantizar una ventilación adecuada en edificios, con el objetivo de mantener una calidad aceptable del aire interior y reducir riesgos para la salud.

Desde entonces, ha sido actualizada regularmente para incorporar nuevos conocimientos científicos, tecnologías y estándares internacionales.

Versiones clave posteriores:

1981: Primera revisión importante, que amplió los requisitos y definió tasas mínimas de ventilación para distintos tipos de ocupación.

1989: Introducción de conceptos sobre contaminantes específicos y más énfasis en el confort de los ocupantes.

2001: Se dividió en dos partes: ASHRAE 62.1 (para edificios comerciales y grandes) y ASHRAE 62.2 (para edificios residenciales).

La norma ASHRAE 62 sigue siendo una referencia esencial en el diseño y mantenimiento de sistemas de ventilación, especialmente en el marco de certificaciones como LEED y WELL.

- **Europa:** En países como Alemania y Suecia, se desarrollaron estudios pioneros sobre los efectos del radón en viviendas, un tema que comenzaría a ganar atención en España en las décadas siguientes.

## Etapas iniciales: Conclusión

Durante este período, el conocimiento y las actuaciones en calidad del aire interior en España estaban en una fase embrionaria. La atención hacia este tema estaba limitada por el desconocimiento, la falta de sensibilización y de datos específicos. Se priorizaba la calidad del aire exterior.

Sin embargo, los avances científicos internacionales, los cambios arquitectónicos y los primeros indicios de problemas de salud marcaron el inicio de un camino que llevaría a una regulación más robusta en las décadas siguientes.

## Segunda etapa: Introducción de normativas específicas (1980-2000)

En la década de los 80 y hasta el 2000, la calidad del aire interior (CAI) en España comenzó tímidamente a ser conocida tanto en el ámbito técnico como en el científico y el normativo. Este período marcó el inicio de un esfuerzo por regular y mejorar las condiciones ambientales en espacios interiores, principalmente en edificios residenciales, comerciales y de oficinas. La creciente conciencia sobre los impactos de la mala calidad del aire en la salud y el rendimiento humano impulsó el desarrollo de este campo.

## Contexto socioeconómico y tecnológico

En este periodo España vivió un boom de la construcción, especialmente a partir de su entrada en la Comunidad Económica Europea (CEE) en 1986. Se construyeron numerosos edificios de oficinas y viviendas que incorporaban tecnologías más avanzadas, pero también aun con materiales que emitían contaminantes como formaldehído y compuestos orgánicos volátiles (COVs).

El enfoque en la eficiencia energética, impulsado por la crisis del petróleo de los años 70, aun se imponía por lo que los edificios aún eran relativamente herméticos, lo cual en algunos casos pudo dar lugar a problemas de calidad del aire interior.

En estos años también se generalizó el uso de sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) lo cual afectó a la gestión del aire interior, en muchos casos suponiendo un problema porque inicialmente la mayoría de sistemas carecían de filtros adecuados, a lo sumo filtros de clase G4 o M6, además de, en ocasiones no disponer de un mantenimiento periódico efectivo, tanto mecánico como, muy especialmente, higiénico.

## Problemas de salud relacionados con la CAI

### Síndrome del Edificio Enfermo (SEE):

El término "Síndrome del Edificio Enfermo (SEE)" se acuñó oficialmente a finales de los años 80, pero ya en etapas previas se empezaron a identificar síntomas como dolores de cabeza, fatiga y problemas respiratorios en trabajadores de oficinas mal ventiladas.

Estos problemas se atribuían inicialmente a causas generales, como el estrés o la falta de ergonomía, pero se sospechaba que factores ambientales interiores podían tener un rol. Se comenzó a identificar problemas respiratorios relacionados con la exposición prolongada a contaminantes interiores, aunque todavía no existía una normativa específica para abordarlos. Enfermedades como la bronquitis crónica y el asma eran comunes, especialmente en áreas urbanas con viviendas mal ventiladas y altos niveles de contaminación de fuentes internas.

En los años 80 la OMS estimaba que el SEE podría afectar a más del 30% de los edificios comerciales, probablemente se debía a las prácticas de conducción y mantenimiento de la época, en las que la ventilación se minimizaba con el fin de conseguir el máximo ahorro energético y el mantenimiento higiénico era prácticamente inexistente, así como el uso de materiales sintéticos cada vez más extendido.

La experiencia del sector nos indica que actualmente el SEE es algo muy poco común, de hecho prácticamente inexistente, al menos si nos atenemos a la definición original del mismo, que decía que un edificio experimentaría el Síndrome del Edificio Enfermo (SEE) cuando más del 20% de las personas que trabajan o pasan tiempo en él sufren diversos síntomas respiratorios y de otro tipo (ver tabla 1) y cuya causa no puede atribuirse a una enfermedad específica, pero sí a problemas en el entorno interior, y que además desaparecían al abandonar el edificio.

Síntomas frecuentes del SEE:
<b>Irritación de ojos, nariz y garganta.</b>
<b>Dolor de cabeza.</b>
<b>Fatiga.</b>
<b>Dificultades para concentrarse.</b>
<b>Mareos o náuseas.</b>
<b>Sequedad o irritación de la piel</b>

Tabla 1

Las típicas causas a las que se podía atribuir el SEE (ver tabla 2), siguen siendo los aspectos que debemos controlar para asegurar la CAI, pero afortunadamente en nuestros días no se permite llegar a afecciones del 20% de los usuarios, en cuanto surgen problemas se suele actuar de manera inmediata, atajando el problema antes de que alcance dimensiones de SEE.

Causa del SEE	Descripción
<b>Calidad del aire interior deficiente</b>	Falta de ventilación adecuada, acumulación de contaminantes químicos (COVs, formaldehído) o biológicos (moho, bacterias).
<b>Contaminación ambiental</b>	Emisiones de materiales de construcción, muebles o sistemas HVAC mal conducidos o mantenidos deficientemente.
<b>Iluminación deficiente</b>	Mal uso de luz natural o artificial, causando fatiga visual.
<b>Exceso de ruido</b>	Niveles altos de ruido que afectan el confort y la productividad
<b>Estrés térmico</b>	Problemas relacionados con la temperatura o la humedad.

Tabla 2

## Impacto del tabaco:

Durante esta etapa, fumar en espacios cerrados era una práctica generalizada. El humo de tabaco se convirtió en un problema importante en la calidad del aire interior, especialmente en oficinas, restaurantes y transporte público.

## Contaminantes emergentes:

Se comenzó también a hablar de contaminantes específicos como el radón, que en España afecta a regiones con suelos graníticos (Galicia, Extremadura, Castilla y León). El reconocimiento del radón como un riesgo para la salud llevó a la realización de estudios preliminares en estas áreas. No obstante, la normalización en este campo no ha sido efectiva hasta nuestros días.

## Desarrollo normativo

En este período, España comenzó a introducir regulaciones relacionadas con la calidad del aire interior, aunque de manera inicial y fragmentada. Muchas de estas normativas se derivaron de directrices internacionales y europeas.

El primer documento normativo sobre climatización y ACS fue el **RICCAS (Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria)** fue aprobado en España mediante el Real Decreto 1618/1980, de 4 de julio. Este reglamento tenía como objetivo principal racionalizar el consumo energético en las instalaciones térmicas de los edificios. La calidad de aire no se tocaba en absoluto, de hecho la referencia a la ventilación era la siguiente: “*La toma de aire exterior ...no sobrepasará los valores indicados en la Instrucción Técnica correspondiente...*” es decir en la práctica se limitaba la ventilación, porque el objetivo era el ahorro energético

El primer Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) en España se aprobó mediante el **Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio**. Este decreto entró en vigor el 5 de noviembre de 1998.

Aunque inicialmente no trataba directamente la CAI, introdujo conceptos como tasas mínimas de renovación de aire en edificios cerrados, sentando las bases para regulaciones más específicas en las décadas siguientes.

El RITE indicaba lo siguiente: *ITE 02.2.2: Calidad de aire interior y ventilación “Para el mantenimiento de una calidad aceptable de aire en los locales ocupados se considerarán los criterios de ventilación indicados en la norma UNE 100011, en función del tipo de local y del nivel de contaminación de los ambientes, en particular la presencia o ausencia de fumadores”*. Tenía en cuenta que en presencia de fumadores era preciso ventilar más.

Además de las normas aplicables a sistemas de climatización ventilación, en estos años es relevante tener en cuenta la Directiva de Productos de Construcción (89/106/CEE) influyó en la regulación de materiales de construcción, exigiendo que cumplieran con criterios de salud y seguridad, incluyendo la limitación de emisiones de contaminantes.

En esos años asimismo, Instituciones como el Instituto de Salud Carlos III y algunas universidades comenzaron a estudiar la relación entre contaminantes interiores y enfermedades respiratorias, destacando el papel del CO, los COVs y el tabaco.

## Limitaciones de esta etapa

Estos años vieron el despertar la disciplina de calidad ambiental en interiores pero aun existían serias limitaciones para su desarrollo completo:

**Falta de normativa específica sobre CAI:** Aunque se introdujeron regulaciones relacionadas, la CAI no fue un objetivo explícito en la mayoría de ellas.

**Enfoque en seguridad más que en salud:** Muchas regulaciones se centraron en evitar riesgos inmediatos (como intoxicaciones por CO), pero no abordaron los efectos a largo plazo de la exposición a contaminantes interiores.

**Ausencia de monitorización:** No existían requisitos para medir la calidad del aire interior de forma regular, lo que dificultaba evaluar su impacto en la salud.

## 2ª Etapa: Conclusión

Entre 1980 y 2000, España dio los primeros pasos hacia la regulación de la calidad del aire interior, influenciada por normativas nacionales, internacionales y avances científicos. Aunque las iniciativas se centraron en la seguridad y la eficiencia energética, este período sentó las bases para las futuras normativas, como el Código Técnico de la Edificación (2006). La creciente preocupación por problemas como el síndrome del edificio enfermo y los contaminantes emergentes marcaron el inicio de una nueva etapa de compromiso con la salud y el bienestar en los espacios cerrados.

## Tercera etapa: Consolidación y enfoque en la salud (2000-presente)

Desde el año 2000, la calidad del aire interior (CAI) en España ha evolucionado significativamente, pasando de ser una preocupación marginal a convertirse en un aspecto esencial de la salud y el bienestar, además de su relación con los conceptos asociados a ESG (Environmental, Social and Governance) en el ámbito de los edificios.

Este período ha estado marcado por la implementación de normativas más específicas, avances tecnológicos y un cambio en la percepción social sobre la importancia de un aire interior saludable.

## Contexto socioeconómico y tecnológico

### Auge de la sostenibilidad:

La sostenibilidad se ha convertido en un eje central del diseño y construcción de edificios, especialmente tras el compromiso de España con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y el Acuerdo de París.

La eficiencia energética, impulsada por normativas como la Directiva Europea de Eficiencia Energética de los Edificios (EPBD), puso de relieve la necesidad de equilibrar un consumo energético reducido con una buena calidad del aire interior.

## Cambio climático y urbanización:

La creciente urbanización y la crisis climática han maximizado el problema de la contaminación del aire exterior, aumentando la demanda de soluciones para proteger el aire interior.

El aumento de temperaturas debido al cambio climático también subraya la importancia de sistemas HVAC eficientes y sostenibles.

## Pandemia de COVID-19 (2020):

La pandemia marcó un punto de inflexión en la atención a la calidad del aire interior, especialmente en relación con la ventilación, el control de partículas a través de la purificación del aire y la transmisión de enfermedades en aerosoles.

## Problemas de salud asociados a la CAI

Actualmente multitud de estudios científicos han demostrado la relación directa entre la exposición prolongada a contaminantes interiores y problemas respiratorios, cardiovasculares y cognitivos. La OMS ha clasificado algunos contaminantes relativamente comunes en los espacios cerrados como el formaldehído y el benceno como carcinógenos, lo que aumentó la presión para regular su presencia en interiores.

La CAI se asocia cada vez más con el bienestar psicológico y el rendimiento cognitivo, especialmente en oficinas y centros educativos.

Certificaciones como WELL y LEED empezaron a valorar la calidad del aire como un factor clave para crear espacios saludables.

## Desarrollo normativo:

La consolidación de normativas específicas sobre calidad del aire interior en España refleja un cambio hacia un enfoque más integral y basado en la salud.

### **Código Técnico de la Edificación (CTE):**

Aprobado en 2006, el CTE incluye la sección HS3, que regula la calidad del aire interior en edificios residenciales y no residenciales.

Requisitos de ventilación: Define tasas mínimas de renovación de aire para distintos tipos de edificios, basadas en la ocupación y el uso.

## Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE):

En las sucesivas versiones se han ido introduciendo modificaciones, que han influido en la mejora de la calidad del aire interior en los edificios españoles:

El Real Decreto 1218/2002 que modificaba al RITE 1998 aun no supuso un cambio significativo para la CAI:

“La ventilación mecánica se adoptará para los sistemas de acondicionamiento de aire, siendo recomendable para los sistemas diseñados para controlar únicamente las condiciones térmicas como son los de calefacción y refrigeración”.

Es a partir del RITE 2007 que la ventilación ya se establecer como obligatoria:

“los edificios dispondrán 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”.

Y por ultimo el cambio mas importante se produce en el RITE versión del 2013 en el que se incluyen los siguientes aspectos como parte del mantenimiento de los edificios:

Revisión de la calidad del aire interior según la norma UNE 171300

Revisión de la higiene de los sistemas de climatización según la norma UNE 100012

El RITE fue de nuevo reformado en 2021 pero no incorporo disposiciones adicionales relativas a la calidad del aire interior

Por otra parte, también en los últimos años España ha adoptado varias directivas europeas, como:

La Directiva de Eficiencia Energética en Edificios (EPBD), que promueve edificios de consumo casi nulo (nZEB), estableciendo la importancia de contar con una correcta calidad de aire interior en paralelo al ahorro energético.

Real Decreto 783/2001 sobre radiaciones ionizantes aborda el control del radón en edificios. La Estrategia Nacional de Radón (2017) fija directrices para prevenir la exposición al radón en áreas de riesgo, especialmente en viviendas y escuelas.

## Certificaciones y estándares voluntarios

Además de las reglamentaciones nacionales de obligado cumplimiento, las certificaciones voluntarias promueven también el cuidado de la calidad de aire interior como requisitos para conseguir créditos

Las certificaciones **LEED**, **WELL** y **BREEAM** se han convertido en estándares de referencia para edificios sostenibles y saludables en España.

- **LEED:** Evalúa aspectos como la ventilación, el control de contaminantes y la integración de sistemas de monitorización de CAI.
- **WELL:** Hace hincapié en la salud y el bienestar de los ocupantes, con criterios específicos sobre la calidad del aire.

## Innovación tecnológica

En los últimos años también, y muy especialmente a raíz de la pandemia se han producido avances tecnológicos importantes que puede ayudar a mejorar la calidad del aire interior:

- Mejores estándares de purificación del aire con equipos “stand-alone” o bien integrados en los sistemas de climatización.
- Monitorización de los contaminantes en tiempo real, sistemas de sensores inteligentes permiten medir parámetros como CO<sub>2</sub>, COVs, PM2.5 y humedad relativa, facilitando la gestión proactiva de la CAI
- Los sistemas de climatización modernos incorporan soluciones como recuperación de calor y ventilación controlada por demanda, optimizando tanto la eficiencia energética como la calidad del aire.

## Impacto social y cultural

- Mayor concienciación: La pandemia de COVID-19 aumentó la conciencia pública sobre la importancia de la ventilación y la calidad del aire interior.
- Las instituciones educativas y sanitarias han priorizado la mejora de la CAI para prevenir enfermedades y mejorar el bienestar de los ocupantes.
- Demandas del mercado: En el sector inmobiliario, la CAI se ha convertido en un factor diferenciador, especialmente en edificios de oficinas y viviendas de alto estándar.

## 3ª Etapa: Conclusión

La etapa de consolidación desde el año 2000 hasta la actualidad refleja un cambio profundo en cómo se aborda la calidad del aire interior en España. La combinación de normativas más específicas, avances tecnológicos y un enfoque creciente en la salud y el bienestar de los ocupantes ha llevado a una mejora sustancial en la CAI.

Sin embargo, el camino hacia una gestión completamente eficaz y universal sigue siendo un desafío, especialmente en edificios existentes y en sectores con menor acceso a recursos tecnológicos.

## Perspectivas futuras

### **Hacia una normativa más estricta:**

En los próximos años es más que probable que en España se adopten normativas más exigentes sobre CAI, especialmente en lo relacionado con la gestión, la monitorización y el establecimiento de límites para contaminantes específicos.

Las próximas revisiones del CTE y el RITE podrían incluir requisitos más estrictos para edificios existentes, además de los de nueva construcción.

### **Edificios inteligentes y sostenibles:**

La integración de la CAI en los sistemas de gestión de edificios inteligentes (BMS) será clave para garantizar espacios más saludables y eficientes.

La conexión entre calidad del aire, bienestar y productividad continuará impulsando la innovación en este campo.

**Implicación en políticas climáticas:**

La CAI se integrará cada vez más en las estrategias de adaptación al cambio climático, destacando su relación con la resiliencia de los edificios y la salud pública.

# PRIMER INFORME DE SITUACION DE LA CALIDAD DE AIRE INTERIOR EN ESPAÑA

Desde el año 2013 en España, según la IT 03 de Mantenimiento del RITE los edificios de más de 70 kW de potencia deben llevar a cabo una revisión de la calidad de aire interior así como una revisión higiénica de los sistemas de climatización con periodicidad mínima anual.

Sobre esta base, el IAQ OBSERVATORY SPAIN han analizado los datos de 2.725 inspecciones realizadas desde el año 2019, se trata de edificios de tamaño grande, con un promedio de superficie entorno a 10.500 m<sup>2</sup>, que en termino medio pueden albergar a mas de 500 personas, se han analizado mas de 2.000.000 de metros cuadrados y con una población afectada cercana a 200.000 personas.

Los parámetros que se han considerado son los que se deben analizar dentro de las operaciones de mantenimiento según RITE:

La tabla 3 nos muestra los valores globales de la totalidad de las mediciones realizadas, 2.465 lecturas exteriores y 30.680 lecturas interiores.

PARAMETRO	Uds	PROMEDIO EXTERIOR	PROMEDIO INTERIOR	INDICE INTERIOR / EXTERIOR
CO2	ppm	460,2	621,2	135%
PM2,5	µg/m <sup>3</sup>	24,5	10,8	44%
PARTICULAS 0,5 MICRAS	numero	743.207	366.036	49%
PARTICULAS 5 MICRAS	numero	13.696	7.312	53%
BACTERIAS	UFC/m <sup>3</sup>	170	246	145%
HONGOS	UFC/m <sup>3</sup>	440	137,0	31%

Tabla 3

Base de datos del estudio:

<b>Nº DE INSPECCIONES</b>	<b>2.472</b>
FECHAS	2019 - 2024
SUPERFICIE PROMEDIO	10.101
METODO	UNE 171330.2
<b>Nº DE LECTURAS EXTERIORES</b>	<b>2.465</b>
<b>Nº DE LECTURAS INTERIORES</b>	<b>30.680</b>
<b>TOTAL</b>	<b>33.145</b>
<b>INCLUYE MAS DE 2 MILLONES DE METROS CUADRADOS</b>	
<b>INCLUYE MAS DE 200.000 PERSONAS EXPUESTAS</b>	

*Datos cedidos por Ambisalud*

En un primer análisis podemos observar que hay una reducción en partículas y hongos en suspensión, de modo que en promedio el aire interior de los edificios analizados para estos parámetros esta un 56% mas limpio en el interior que en el exterior.

Sin embargo, el dióxido de carbono y las bacterias en suspensión se encuentran un 140% mas concentradas en el interior que en el exterior, y esto es normal, ya que ambos

IAQOS | 16

contaminantes son indicadores de la presencia de personas en los espacios cerrados, tanto el dióxido de carbono como las bacterias las emitimos los seres humanos, la clave en este caso es asumir que la concentración será mayor que en el exterior pero poner un límite que asegure salud y confort.

## Dióxido de carbono y la calidad del aire interior

Los niveles de CO<sub>2</sub> en interiores aumentan cuando hay muchas personas en un espacio cerrado y la ventilación es insuficiente. Por tanto, el CO<sub>2</sub> se utiliza como un indicador de la calidad de la ventilación.

Los valores de concentración normales y recomendados son los siguientes:

Exterior: Entre 400 y 450 ppm (partes por millón).

Interior:

Ideal: Entre 500 y 600 ppm.

Aceptable según UNE 171330: Hasta 500 ppm por encima del exterior (IDA 2)

Las consecuencias de altos niveles de CO<sub>2</sub>:

Sensación de malestar: Somnolencia, dolores de cabeza, dificultad para concentrarse, irritabilidad.

Reducción del rendimiento cognitivo: Algunos estudios han demostrado que altos niveles de CO<sub>2</sub> pueden afectar negativamente la capacidad de aprendizaje (importante en centros educativos) y la toma de decisiones.

Para mantener la concentración de dióxido de carbono bajo control es preciso asegurar una cantidad de aire exterior mínima por persona, según el RITE, por ejemplo en oficinas debe ser de al menos 12,5 litros/segundo-persona.

La monitorización de este parámetro, e incluso la conexión con los sistemas de ventilación para ofrecer ventilación a demanda según se modifique la concentración es también una excelente herramienta de control.

### Dióxido de carbono: Resultados del estudio:

En la grafica 1 se observa la evolución de las concentraciones de dióxido de carbono desde el año 2019 al 2024, se observa que tanto en interior como en exterior hubo una reducción en los años 20 y 21 que posteriormente empieza a repuntar en el 2022, la razón obvia es la pandemia, los edificios se encontraron en esas fechas en mínimos de ocupación, y a partir del año 2022 vuelve a subir aunque aun estamos lejos de la situación prepandemia, de hecho aun en 2024 nos encontramos por debajo del nivel prepandemia.

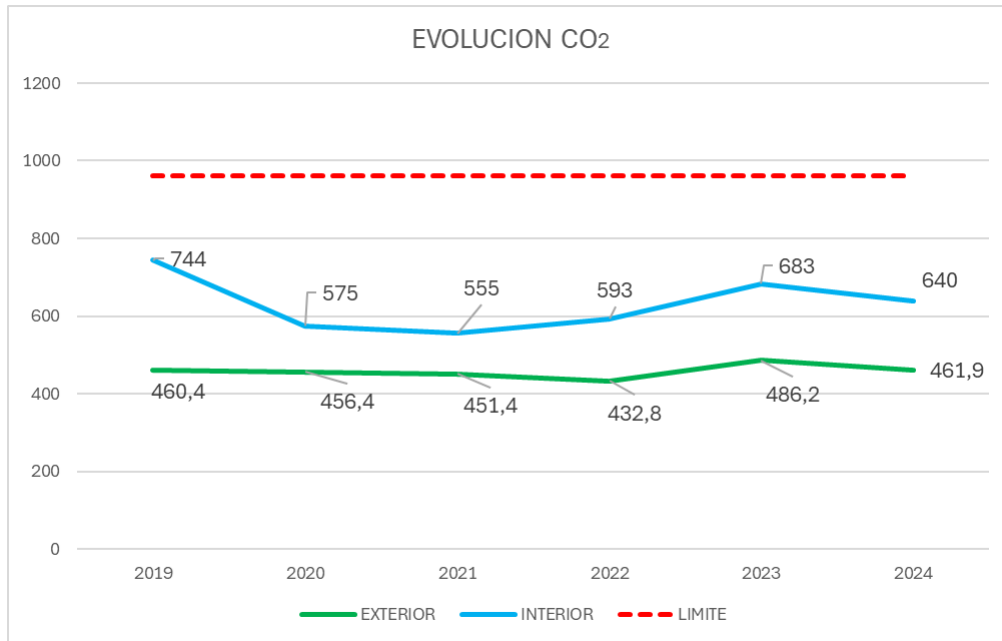


Gráfico 1. Datos en ppm

## Partículas PM2,5 y la calidad del aire interior

Las partículas PM2,5 son partículas sólidas o líquidas suspendidas en el aire con un diámetro de 2,5 micrómetros o menos. Su pequeño tamaño las hace especialmente dañinas ya que pueden penetrar profundamente en los pulmones y hasta en el torrente sanguíneo, creando problemas tanto respiratorios como cardiovasculares.

Las principales fuentes de partículas son las siguientes:

**Combustión:** La quema de combustibles fósiles en vehículos, industrias y centrales eléctricas es una de las principales fuentes en exteriores.

**Procesos industriales:** La fabricación, la minería y la construcción generan polvo y partículas finas.

**Actividades agrícolas:** La quema de residuos agrícolas y el polvo levantado por la maquinaria también contribuyen.

**Fuentes naturales:** Incendios forestales, erupciones volcánicas y tormentas de polvo.

Y en interiores:

**Polvo doméstico:** El polvo que se acumula en los hogares puede contener partículas finas.

Cocinar: La cocción, especialmente a altas temperaturas, libera partículas en el aire.

Productos de limpieza: Algunos productos de limpieza en aerosol pueden liberar partículas finas.

Humo de tabaco (a nivel doméstico o donde se permita fumar): El humo del tabaco contiene una gran cantidad de partículas finas.

La exposición a partículas ejerce impactos negativos sobre la salud, tales como:

Enfermedades respiratorias: Asma, bronquitis crónica, EPOC y neumonía.

Enfermedades cardiovasculares: Ataques cardíacos y accidentes cerebrovasculares.

Cáncer: Estudios sugieren una relación entre la exposición a largo plazo a PM<sub>2,5</sub> y el cáncer de pulmón.

Otros efectos: Irritación de ojos, nariz y garganta, reducción de la función pulmonar y aumento de la susceptibilidad a infecciones.

Para reducir la exposición a PM<sub>2,5</sub>, se debe plantear en primer lugar el control de focos de contaminación (prohibición de fumar en espacios cerrados, como ya es lo habitual, controlar el uso de productos contaminantes,) uso de extracciones localizadas, (campanas de cocina, p ejem), ventilación general siempre y cuando el aire impulsado se encuentre correctamente purificado con filtros adecuados y purificadores locales.

Operaciones de mantenimiento como limpiar regularmente los sistemas de ventilación también son muy importantes.

Monitorizar la calidad del aire: Utilizar dispositivos para medir los niveles de PM<sub>2,5</sub>

## Partículas en suspensión. Resultados del estudio

En la gráfica 2 observamos la evolución de las concentraciones de partículas, y vemos como se ha producido una disminución muy significativa como efecto de la pandemia de COVID, e igual que en el caso del CO<sub>2</sub> los niveles actuales aún se encuentran en niveles por debajo de los prepandemia.

Vemos por otra parte que los niveles en interiores por regla general se mantienen por debajo de los límites normativos según UNE 171330 pero por encima de los valores más exigentes que recomienda la OMS, esto nos dice que aun hay margen de mejora.

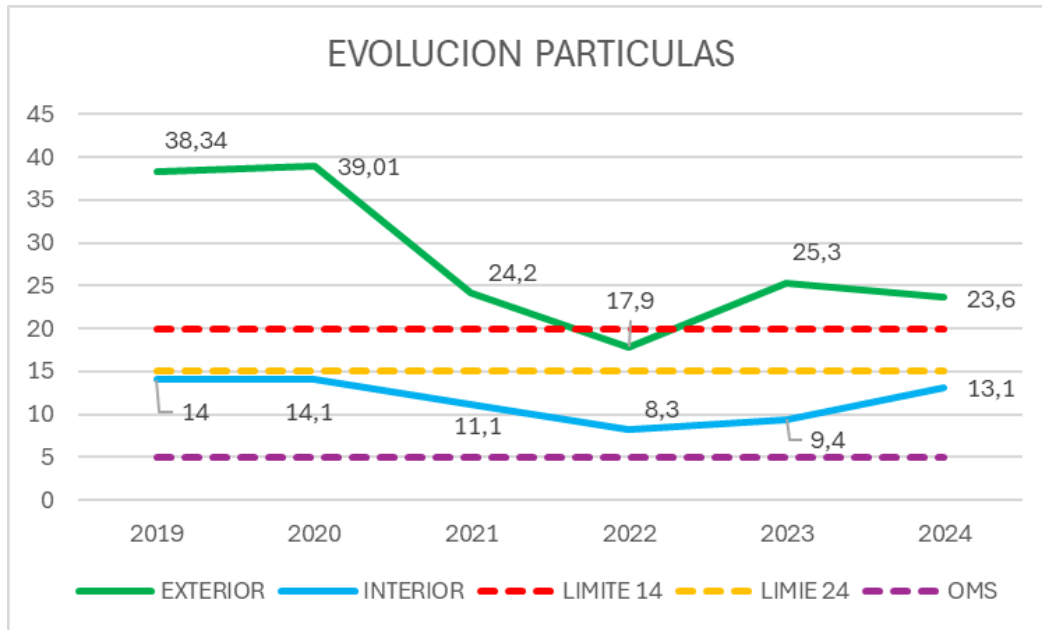


Grafico 2. Datos en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

## Bioaerosoles bacterianos y calidad de aire interior

En los espacios cerrados las bacterias en suspensión suelen proceder de las personas, simplemente al hablar, toser, estornudar, pero también de la piel o el cabello. También las mascotas pueden ser origen de este contaminante, por la saliva, pelo o heces.

Otros focos, pueden ser los conductos sucios o mal mantenidos, especialmente cuando hay acumulación de humedad. Torres de enfriamiento y humidificadores.

Materiales en interiores: Alfombras, cortinas y muebles que retienen humedad y favorecen el crecimiento bacteriano.

Además, las bacterias del exterior también pueden ingresar a través de puertas, ventanas o sistemas de ventilación.

Los efectos sobre la salud de las bacterias en suspensión pueden ser muy variados y van a depender de:

Estado inmunológico del individuo: Los inmunodeprimidos son más vulnerables.

Naturaleza de las bacterias: Algunas son inofensivas, mientras que otras son patógenas.

Problemas respiratorios: Infecciones como neumonía o bronquitis.

Alergias e inflamación de las vías respiratorias.

### Efectos alérgicos y tóxicos:

Aparte de las bacterias en sí, un aspecto preocupante de estas es la generación de endotoxinas, compuestos liberados por bacterias gramnegativas, que pueden causar fiebre, dolor de cabeza y exacerbaciones asmáticas.

Infecciones específicas: Legionella pneumophila: Legionelosis, asociada a sistemas de agua y HVAC mal mantenidos.

### Límites de referencia

Aunque la Organización Mundial de la Salud no establece un límite numérico directo para bacterias en suspensión, sí promueve mantener la concentración de bioaerosoles lo más baja posible.

ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) no establece valores numéricos pero recomienda un mantenimiento adecuado de los sistemas HVAC y el control de humedad para limitar el crecimiento microbiano.

En Europa, por ejemplo la norma UNE-EN 13779 sugiere un enfoque basado en riesgos más que valores específicos para bacterias.

En España la norma UNE 171330:2024 establece en 400 UFC/m<sup>3</sup> el valor de referencia aunque también indica un ajuste específico basado en la concentración exterior.

Algunas acciones control y mitigación serían las siguientes:

Sistemas de ventilación y filtrado adecuados

Sistemas de purificación con luz UV para desactivar microorganismos.

Mantener niveles de humedad relativa entre 30-50%.

Limpieza y desinfección regular de conductos de ventilación, superficies y mobiliario.

Uso de productos adecuados para evitar la proliferación bacteriana.

Evaluaciones periódicas con muestreadores microbiológicos activos.

## Bacterias en suspensión resultados del estudio

El análisis de la grafica 4 nos permite observar que en general los niveles de bacterias en suspensión son relativamente bajos, en condiciones normales ligeramente por encima del exterior como es esperable, aunque durante los años de pandemia la baja ocupación de los edificios se hacia notar, encontrando concentraciones mas bajas en interior que en el exterior.

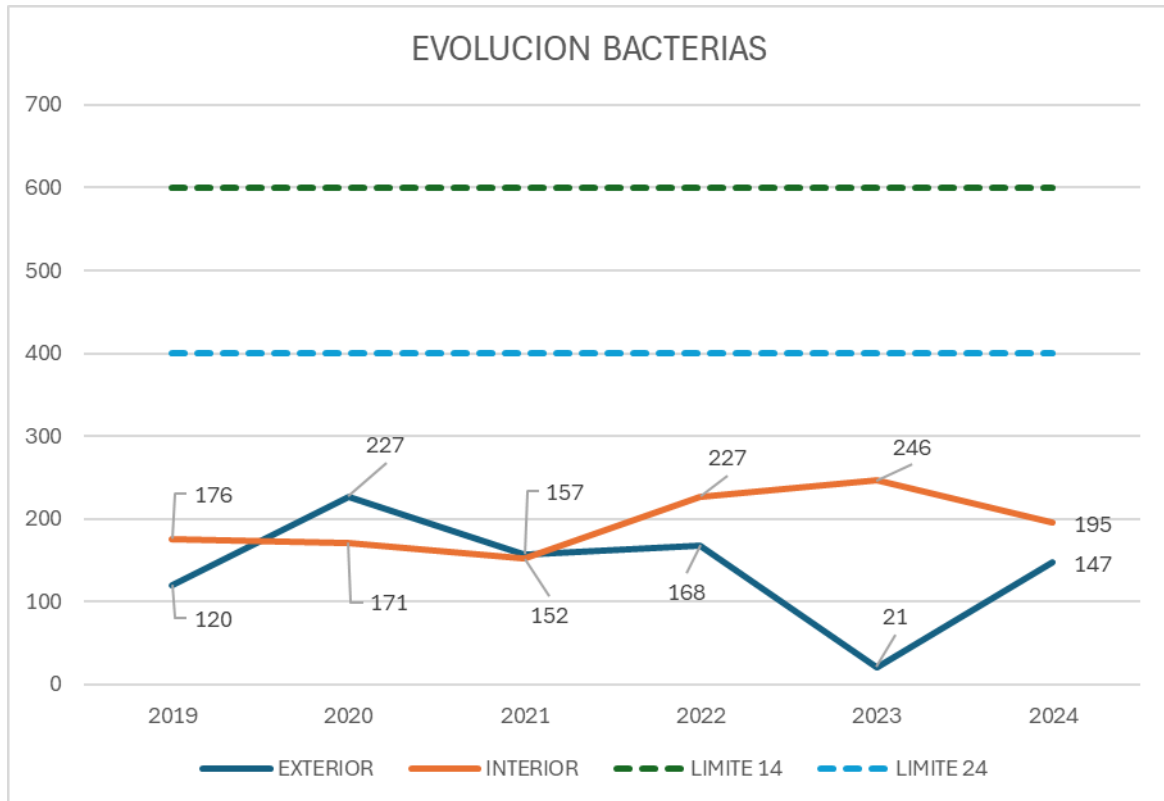


Grafico 3. Datos en UFC/m<sup>3</sup>

## Hongos en suspensión y calidad del aire interior

Los hongos en suspensión son partículas de esporas o fragmentos de hongos que pueden tener un impacto significativo en la calidad del aire interior.

### Origen de los hongos en suspensión

Las esporas de hongos se encuentran por todas partes, la presencia de humedad, derrames o condensaciones actúa como disparador para que las esporas se desarrollen promuevan la proliferación de hongos.

Por ello, podremos encontrar hongos en el ambiente pero habitualmente procedentes de paredes, techos o suelos húmedos, sistemas de ventilación y aire acondicionado mal mantenidos, o materiales orgánicos en interiores (alfombras, papel, madera y textiles que retienen humedad y sirven como sustrato para el crecimiento fúngico).

Esporas transportadas por el aire desde el exterior al interior, especialmente en áreas cercanas a vegetación, suelo o residuos orgánicos.

En eventos extremos como inundaciones y daños por agua se generan condiciones ideales para el crecimiento masivo de moho, desgraciadamente esto será cada vez más común, como nos indican los eventos recientes.

#### Efectos sobre la salud

Los hongos en suspensión pueden provocar una amplia gama de efectos adversos en la salud, dependiendo de la sensibilidad individual y la exposición:

Problemas respiratorios y alérgicos:

Rinitis, sinusitis y asma inducidos por esporas fúngicas.

Reacciones alérgicas a hongos comunes como *Aspergillus*, *Cladosporium* o *Penicillium*.

Infecciones oportunistas: En personas inmunodeprimidas, hongos como *Aspergillus* pueden causar aspergilosis.

Cándida y otros hongos pueden ser un problema en entornos hospitalarios.

Efectos tóxicos (micotoxinas): Algunas especies, como *Stachybotrys chartarum*, producen micotoxinas que pueden causar síntomas neurológicos, irritación ocular y problemas respiratorios graves.

#### Límites de referencia

La OMS recomienda minimizar cualquier exposición a hongos en interiores, sin establecer límites específicos, destacando la importancia de mantener condiciones secas y ventiladas.

En ambientes interiores saludables, las concentraciones de esporas fúngicas según la norma UNE 171330:2024 nos indica que no se deberían superar las 150 UFC/m<sup>3</sup> (unidades formadoras de colonias por metro cúbico).

Además de esto como regla general, los niveles interiores no deberían exceder las concentraciones exteriores, ya que esto indica contaminación interior activa.

El control y mitigación de los hongos se basa en:

Prevención de la humedad: Mantener la humedad relativa entre 30-50% para evitar el crecimiento de moho.

Reparar filtraciones de agua y aislar adecuadamente las superficies susceptibles.

Limpieza y desinfección:

Limpieza profunda de áreas afectadas por moho con productos específicos como soluciones a base de peróxido de hidrógeno o amonio cuaternario.

Filtración del aire: Uso de filtros adecuados (según RITE) en sistemas de HVAC para capturar esporas.

Sistemas de purificación con luz UV para inhibir el crecimiento fúngico.

Inspecciones periódicas de calidad del aire interior mediante muestreo activo de bioaerosoles.

Remediación profesional: En casos de infestación masiva, es necesaria la intervención de especialistas en remediación ambiental.

Hongos de interés común en interiores

Aspergillus: Asociado a alergias y aspergilosis.

Cladosporium: Causa asma y rinitis.

Penicillium: Relacionado con alergias y problemas respiratorios.

Stachybotrys chartarum (moho negro): Productor de micotoxinas y ligado a problemas graves de salud en casos extremos.

### Hongos en suspensión: Resultados del estudio

El estudio de los resultados obtenidos en las determinaciones de hongos en suspensión muestra una situación anómala en el año 2021, además, lo esperable cuando se trata de hongos es que las concentraciones exteriores sean mayores que en interiores, pero eso no se ha producido en los años 22 y 23. No es posible establecer una hipótesis, en general la desviación de los resultados tanto en bacterias como en hongos suele ser muy alta, hay muchos condicionantes como la humedad, presencia de áreas verdes cerca, otros contaminantes son más estables pero los contaminantes biológicos son más impredecibles.

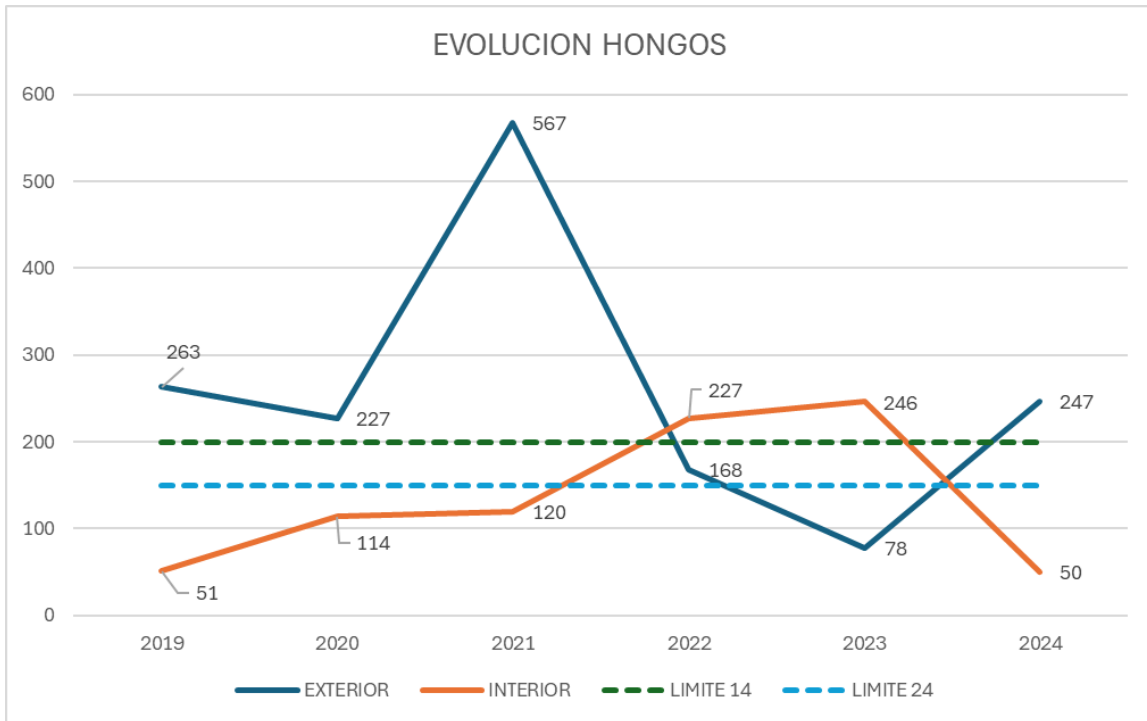


Gráfico 4. Datos en UFC/m<sup>3</sup>

## CONCLUSIONES Y ANALISIS COMPARADOS

El análisis global de los datos, segregado de acuerdo con las características de los edificios permite sacar conclusiones interesantes, hemos separado los resultados del Índice Interior/Exterior obtenidos en los edificios construidos antes y después de la publicación del RITE que obliga a mejorar las instalaciones con filtros de mayor calidad y caudales de ventilación más adecuados y los resultados son los siguientes:

	EDIFICIOS PRE RITE	EDIFICIOS RITE	MEJORA
CO <sub>2</sub>	142%	135%	7%
PM <sub>2,5</sub>	54%	39%	15%
PRT. 0,5	57%	30%	28%
PRT. 5	69%	43%	27%
HONGOS	38%	23%	16%
BACTERIAS	158%	139%	20%
			<b>19%</b>

Tabla 4

Observamos que hay una mejora del 19% en cuanto la calidad de aire interior obtenida en los edificios que cumplen RITE frente a los anteriores a su publicación.

Este dato puede parecer modesto, pero cuando se extrapola a la totalidad de la población que habita los edificios el impacto en reducción de problemas respiratorios, cardiovasculares, alergias y demás es muy significativo.

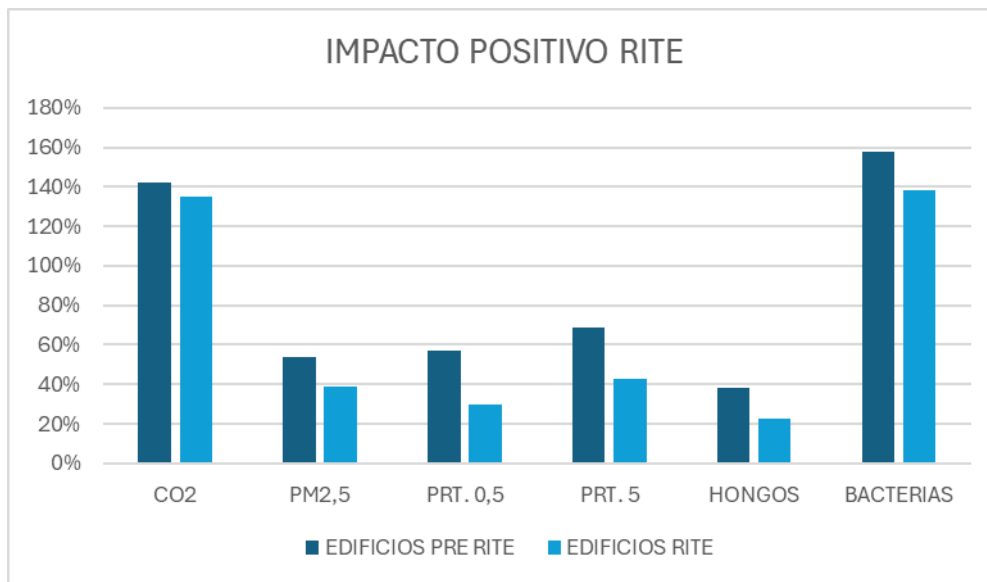


Gráfico 5. Datos en %

Uno de los contaminantes que se ve positivamente afectado en mayor medida por la mejora de la calidad de los filtros estipulados por el RITE son las partículas PM2,5, el gráfico 6 nos muestra como en todos los años, salvo el 2021 los valores de los edificios que cumplen RITE se rebajan en varios  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Es importante tener en consideración que diversos estudios muestran como la rebaja de unos pocos microgramos de partículas en suspensión tiene impactos en disminución de incidencias cardiovasculares. Infosalud publicó en 2019 un estudio (“La contaminación del aire, relacionada con nuevas causas de ingresos hospitalarios”) que encontró que cada aumento de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la exposición a corto plazo a PM2,5 se asoció con un incremento anual de 5.692 hospitalizaciones en adultos mayores.

Por lo tanto, cada  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  podría resultar en una disminución similar en las hospitalizaciones. El diferencial obtenido en nuestro estudio es significativo, y este estudio no es único, hay muchos similares, por ejemplo la tabla 5 muestra los valores de reducción de incidencias sanitarias asociadas a la reducción de la contaminación ambiental según un estudio realizado por la American Heart Association.

### Short-Term PM Exposure

Cause of Death	% of Total Deaths	Cause-specific ↑ per 10 µg/m <sup>3</sup> ↑ in PM <sub>2.5</sub>	Approximate % of excess deaths due to PM exposure
All cause	100%	1.0%	100%
Respiratory	8%	0.5-1.5%	12%
Cardiovascular	45%	0.5-1.5%	68%

Long-term Exposures: CV-mortality RR ↑ by 10-76%



Source: C. Arden Pope III, as quoted by Robert D. Brook, *Air pollution and cardiovascular disease*. Available at [http://www.epa.gov/agingepa/pdfs/press/AHA\\_PMtalk\\_Brook\\_12\\_11.pdf](http://www.epa.gov/agingepa/pdfs/press/AHA_PMtalk_Brook_12_11.pdf)

Tabla 5

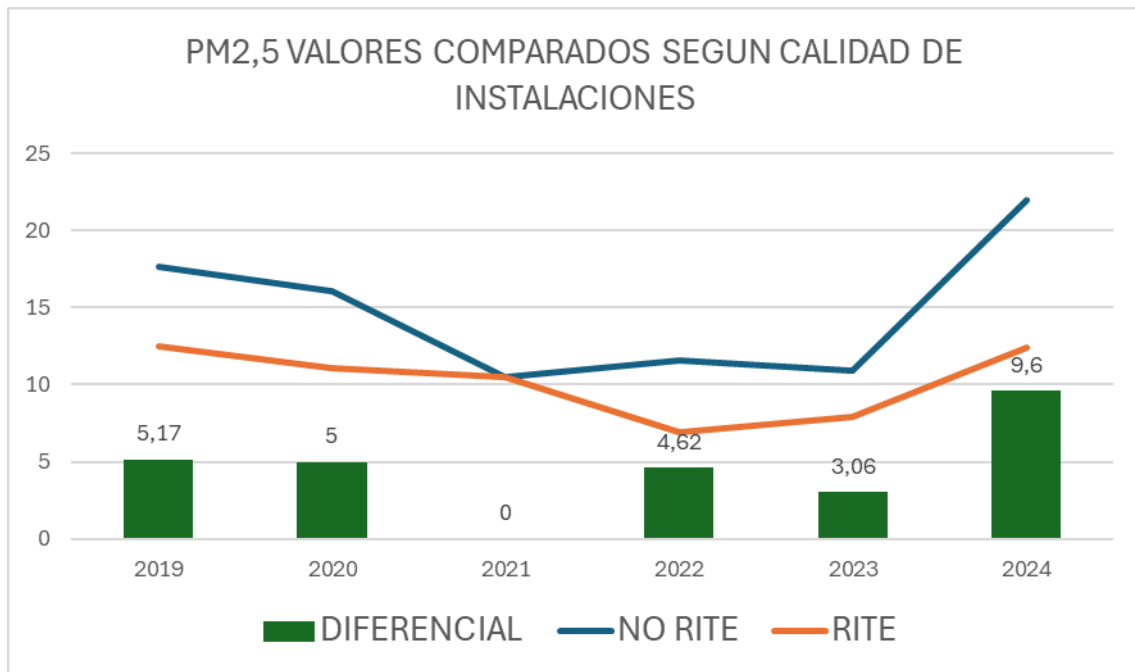


Gráfico 6. Datos en µg/m<sup>3</sup>

El efecto, en todo caso, no es exclusivo de los edificios que cumplen RITE, en general la mayoría de los edificios analizados mejoran la calidad de aire interior con respecto al exterior podríamos hablar de un “efecto protector de los edificios”, eso sí, tanto más acusado como mejores sean las instalaciones de ventilación y purificación de aire.

El grafico 7 nos muestra la disminución interior/externo de la totalidad de los edificios analizados, y en ese caso el impacto es más que notable.

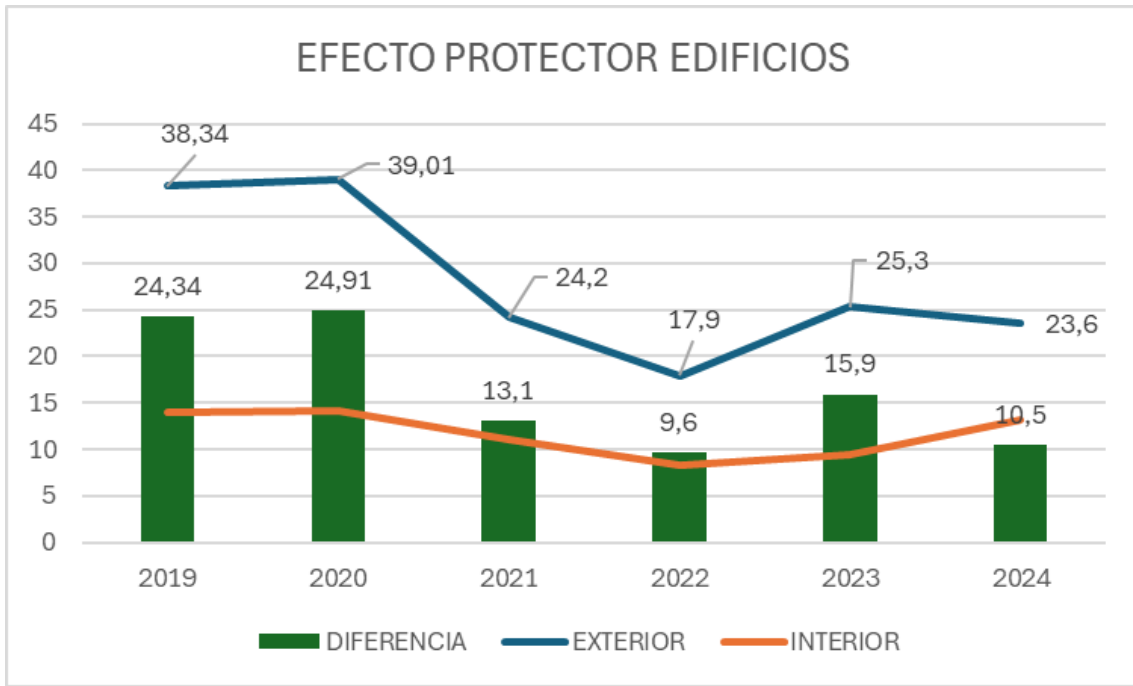


Gráfico 7. Datos en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

## CONCLUSIONES FINALES

La calidad del aire tiene un fuerte impacto en la salud respiratoria y cardiovascular

El aire exterior, especialmente en las ciudades, se deteriora tanto por la actividad humana como por fuentes naturales (hongos)

La tecnología de ventilación y purificación del aire permite disponer de entornos interiores con calidad ambiental controlada independientemente de las condiciones exteriores

El RITE ha supuesto una mejora cuantificable muy importante de la calidad de aire interior

No obstante, aún queda camino por recorrer, si bien los resultados de nuestro estudio son optimistas y reflejan una calidad del aire interior satisfactoria en los edificios estudiados, el análisis tiene un sesgo importante que debemos tener en consideración, los edificios estudiados tienen un tamaño considerable, (10.500 m<sup>2</sup> en promedio) son edificios “premium” en la mayoría de los casos, y por tanto podrían no ser representativos de la mayoría de los espacios que ocupa la población general.

¿Qué pasa en las escuelas? donde nuestro hijos pasan gran parte de su tiempo, y con los pulmones en desarrollo... ¿Que pasa en las pequeñas oficinas, locales comerciales, bares y restaurantes, etc.? e incluso ¿Que pasa en nuestras viviendas?

Desgraciadamente para la gran mayoría de los espacios en los que habita el grueso de la población no tenemos suficientes datos relativos a la calidad del aire interior disponible. Es una tarea muy complicada, pero el IAQ OBSERVATORY SPAIN tiene como uno de sus objetivos la recopilación de información en la mayoría de los entornos posibles, con el fin de conseguir que toda la población respire el aire más limpio posible.