

# Calidad de Ambientes Interiores

## Guía Técnico-Sanitaria



La totalidad o parte de esta publicación puede reproducirse sin permiso adicional, siempre que se mencione la fuente.

Ni el Ministerio de Sanidad ni los autores son responsables del uso que pueda hacerse del contenido de esta publicación, o por cualquier error que, a pesar de una cuidadosa preparación y verificación, pueda aparecer.

@ MINISTERIO DE SANIDAD

Secretaría General Técnica

Centro de Publicaciones

Paseo del Prado, 18, 28071 Madrid

Nipo CD Rom:

Nipo en línea:

El Copyright y otros derechos de la propiedad intelectual de este documento pertenecen al Ministerio de Sanidad. Se autoriza a las organizaciones de atención sanitaria a reproducirlo total o parcialmente para su uso no comercial, siempre que se cite el nombre completo del documento, año e institución.

Catálogo general de publicaciones oficiales

<http://www.O6O.es>

2026

## DEDICATORIA



A Francisco Vargas Marcos, en reconocimiento a su admirable labor y su profundo compromiso con la Calidad Ambiental Interior. Su coordinación atenta e inspiradora ha sido determinante en el desarrollo de esta guía.

Director General de Salud Pública y Equidad en Salud

**Pedro Gullón Tosio**

Subdirector General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral

**Santiago González Muñoz**

## **COORDINACIÓN**

**Francisco Vargas Marcos.** Ministerio de Sanidad.

**Margarita Palau Miguel.** Ministerio de Sanidad.

**Marian Mendoza García.** Ministerio de Sanidad.

**Marina Morales Ibor.** Ministerio de Sanidad.

**Helena García Cortés.** TRAGSATEC.

## **AUTORES**

**José Arboledas Herranz.** Confederación Nacional de Instaladores, CNI.

**María del Mar Barbero Barrera.** Universidad Politécnica de Madrid.

**Ana Benedicto Córdoba.** Asociación Española de Normalización.

**Miguel Ángel Campano Laborda.** Universidad de Sevilla.

**Francisco Javier Campayo Rojas.** Hospital Reina Sofía de Murcia.

**Dante Culqui Lévano.** TRAGSATEC.

**Montserrat García Gómez.** Ministerio de Sanidad

**Sonia García Ortega.** Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

**Rocío García Vivas.** Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

**Dolores Giménez Montero.** Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

**Penélope González de la Peña.** Saint-Gobain.

**Eduard González Vizcaíno.** Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

**José Luis Gutiérrez Villanueva.** Radonova Laboratories AB.

**Consuelo María Hontanaya Díaz.** Ministerio de Sanidad.

**Pilar Linares Alemparte.** Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

**Jorge Molina Torres.** Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración.

**Stella Moreno Grau.** Universidad Politécnica de Cartagena.

**Pau Pallàs Zenke.** Cluster IAQ.

**Paulino Pastor Pérez.** Federación de Empresas de Calidad Ambiental en Interiores.

**Gloria Patsi Bosch.** Ministerio de Sanidad

**Rafael Postigo Sierra.** Asociación Española de Normalización.

**Susana del Rey Lluva.** TRAGSATEC.

**Mario Rial Axpe.** Confederación Nacional de Asociaciones de Empresas Instaladoras y Mantenedoras de Energía y Fluidos.

**Esther Rivas Ramos.** Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas.

**Leticia Roubelat Marqués.** Asociación Española de Normalización.

**Manuel Ruiz de Adana.** Universidad de Córdoba.

**Roberto San Millán Castillo.** Universidad Rey Juan Carlos.

**Elisabet Silvestre Fortea.** Especialista en exposoma en el entorno construido y docente en biohabitabilidad.

**Florentina Villanueva García.** Universidad de Castilla-La Mancha.

Equipo Operativo CAI. Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización.

Documento visto por la Ponencia de Sanidad Ambiental el 21 de abril de 2026 y por la Comisión de Salud Pública el 14 de mayo de 2026.

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos expresar nuestro agradecimiento a las Comunidades y Ciudades Autónomas, al Centro Nacional de Sanidad Ambiental del Instituto de Salud Carlos III (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades) y a las personas expertas que han contribuido con sus aportaciones, cuya participación ha resultado fundamental para la elaboración de esta guía.

# PRESENTACIÓN

La calidad ambiental en espacios interiores es un aspecto fundamental para la salud pública, especialmente en el contexto actual en el que pasamos gran parte del tiempo en espacios cerrados, ya sea en nuestros hogares, lugares de trabajo, centros educativos o de ocio. En estos entornos nos exponemos a una mezcla compleja de contaminantes del aire en niveles de concentración que, frecuentemente, superan con creces a los del aire exterior. Cabe señalar que, en el escenario del cambio climático, las tendencias arquitectónicas hacia la construcción de edificios de energía nula o casi nula implica un incremento de la estanqueidad y un deterioro de las condiciones ambientales interiores si no se cuenta con una adecuada tasa de renovación del aire interior. Asimismo, es necesario reducir las fuentes de contaminación en los espacios interiores a través de la limitación de emisiones de contaminantes de los materiales de construcción, de productos de limpieza, o incluso de los hábitos de uso en los espacios interiores. En este sentido, la eficiencia energética debe ir de la mano de un cambio en el uso de materiales y productos de mantenimiento menos contaminantes. Además, la calidad ambiental interior de los edificios puede influir en nuestro bienestar fisiológico y psicológico, así como en nuestra conducta y productividad. Todo esto pone de manifiesto la necesidad de que los espacios interiores sean ambientes seguros y saludables, especialmente para la población vulnerable.

La presente **Guía Técnico-Sanitaria de Calidad de Ambientes Interiores** ha sido elaborada en el marco del Plan Estratégico de Salud y Medioambiente con el objetivo de constituir una herramienta práctica y eficaz para la evaluación y mejora de la calidad ambiental en espacios interiores, promoviendo espacios más saludables y seguros para la ciudadanía. Este documento es el resultado de la colaboración de las Comunidades Autónomas y expertos de diversos sectores, quienes han aportado su conocimiento y experiencia para ofrecer recomendaciones y estándares que respondan a las necesidades actuales en esta materia.

La guía recoge la evidencia científica reciente sobre la influencia en nuestra salud de los diversos factores de naturaleza física, química y biológica que intervienen en la calidad ambiental interior de los edificios, proporciona una serie de recomendaciones y valores guía, un exhaustivo marco normativo que recoge las legislaciones y normas relevantes a nivel europeo, nacional e internacional e incluye un Plan de Control de la Calidad Ambiental alineado con la recientemente publicada Norma UNE 171330:2024 Revisión de la calidad ambiental en interiores. Además, la guía ofrece recursos adicionales, tales como herramientas y proyectos en desarrollo, que pueden servir de referencia para los profesionales del sector.

Cabe destacar que, en el futuro, se prevé desarrollar versiones monográficas con recomendaciones específicas, adaptadas a los diferentes espacios de especial relevancia en relación con la calidad ambiental en interiores y definidos en base a la vulnerabilidad de sus ocupantes, la afluencia de personas y el tiempo de permanencia en los mismos.

Confío en que esta guía se convierta en una referencia indispensable para todos los agentes implicados en la mejora de la calidad ambiental en interiores, y que contribuya de manera significativa a la creación de espacios más saludables.

**Pedro Gullón Tosio.** Director General de Salud Pública y Equidad en Salud.

# GLOSARIO



## Abreviaturas y acrónimos

<b>AFEC</b>	Asociación de Fabricantes de Equipos de Climatización
<b>ASHRAE</b>	Asociación Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado
<b>ATECYR</b>	Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración
<b>BMH</b>	Biomonitorización Humana
<b>CAI</b>	Calidad de Ambientes Interiores
<b>CCIAQ</b>	Comité Canadiense sobre la Calidad del Aire Interior
<b>CDC</b>	Centros para el Control y Prevención de Enfermedades
<b>CE</b>	Comisión Europea
<b>CFD</b>	Dinámica de Fluidos Computacional
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metano
<b>CO</b>	Monóxido de carbono
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>COSV</b>	Compuestos Orgánicos Semivolátiles
<b>COV</b>	Compuestos Orgánicos Volátiles
<b>COVT</b>	Compuestos Orgánicos Volátiles Totales
<b>CSIC</b>	Consejo Superior de Investigaciones Científicas
<b>CSN</b>	Consejo de Seguridad Nuclear
<b>CTE</b>	Código Técnico de la Edificación
<b>ECDC</b>	Centro Europeo para la Prevención y Control de Enfermedades
<b>ECHA</b>	Agencia Europea de Sustancias y Mezclas Químicas
<b>EPOC</b>	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
<b>FEDECAI</b>	Federación de Empresas de Calidad Ambiental en Interiores
<b>HAP</b>	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
<b>HCHO</b>	Formaldehído
<b>HR</b>	Humedad relativa
<b>HVAC</b>	Calefacción, ventilación y aire acondicionado
<b>IARC</b>	Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer
<b>IDA</b>	Calidad del aire interior
<b>IDAEA</b>	Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua
<b>IgE</b>	Inmunoglobulina E
<b>INSST</b>	Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo
<b>MITERD</b>	Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico
<b>MITES</b>	Ministerio de Trabajo y Economía Social
<b>MEFP</b>	Ministerio de Educación y Formación Profesional y Deportes
<b>MSAN</b>	Ministerio de Sanidad
<b>NH<sub>3</sub></b>	Amoniaco
<b>NIEHS</b>	Instituto Nacional de Ciencias de la Salud Ambiental
<b>NO<sub>2</sub></b>	Dióxido de nitrógeno
<b>NO<sub>x</sub></b>	Óxidos de nitrógeno
<b>NTP</b>	Notas Técnicas de Prevención
<b>O<sub>3</sub></b>	Ozono
<b>ODA</b>	Calidad del aire exterior
<b>ODS</b>	Objetivos de Desarrollo Sostenible
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>OSMAN</b>	Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía

<b>PESMA</b>	Plan Estratégico de Salud y Medio Ambiente
<b>PFAS</b>	Sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas
<b>PM</b>	Materia particulada en suspensión atmosférica
<b>Ppm</b>	Partes por millón
<b>PUF</b>	Partículas ultrafinas, inferiores a 0,1 micras (PM0,1)
<b>PVC</b>	Policloruro de vinilo
<b>REACH</b>	Reglamento de la UE relativo al Registro, la Evaluación, la Autorización y la Restricción de las sustancias y preparados químicos
<b>RITE</b>	Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios
<b>RPSI</b>	Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes
<b>SCHEER</b>	Comité Científico sobre Salud, Medio Ambiente y Riesgos Emergentes
<b>SO<sub>2</sub></b>	Dióxido de azufre
<b>TSCAI</b>	Técnico superior de calidad ambiental en interiores
<b>UE</b>	Unión Europea
<b>UFC</b>	Unidades Formadoras de Colonias
<b>UNE</b>	Asociación Española de Normalización
<b>US EPA</b>	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos
<b>UV</b>	Ultravioleta

## Definiciones

**Aditivo (efecto):** Efecto combinado de dos sustancias que es igual a la suma de los efectos individuales.

**Antagónico (efecto):** Efecto que ocurre cuando una sustancia química contrarresta el efecto de otra.

**Bioaerosoles:** Mezcla compleja de diversos componentes de los agentes biológicos que se encuentra suspendida en el aire.

**Carga de enfermedad:** También llamada carga de morbilidad. Pérdida de salud en la población que implica tanto las consecuencias mortales como las no mortales de las enfermedades y los factores de riesgo asociados a ellas. Su principal indicador son los años de vida ajustados por discapacidad (AVAD o DALY).

**Climatización:** Según el RITE, acción y efecto de climatizar, es decir, de dar a un espacio cerrado las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas.

**Clo:** Medida utilizada para cuantificar la capacidad de aislamiento térmico que ofrece la ropa que una persona lleva puesta, siendo un clo ( $0,155 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ) el aislamiento térmico proporcionado por la vestimenta que mantiene a una persona en confort térmico en reposo en un ambiente de  $21^\circ\text{C}$ , una HR del 50% y una velocidad del aire de  $0,1 \text{ m/s}$ .

**Confort:** Comodidad o bienestar.

**Hacinamiento:** Situación en la que un espacio cerrado es ocupado por un número de personas superior al que se considera adecuado y, generalmente, excede los valores legales o recomendables de ocupación.

**Humedad relativa:** Es la relación entre la cantidad de vapor de agua contenida en el aire (humedad absoluta) y la máxima cantidad de vapor de agua que el aire puede contener a esa temperatura y presión (humedad absoluta de saturación).

**Lipoatrofia semicircular:** Condición médica que se caracteriza por la pérdida localizada de tejido graso subcutáneo en forma de bandas semicirculares o en media luna, generalmente en las extremidades, como los muslos. Esta condición es benigna, suele ser reversible y, si bien no se conoce la causa exacta que la provoca, se ha observado con mayor frecuencia en personas que pasan mucho tiempo sentadas en ambientes con bajo nivel de humedad y rodeadas de dispositivos eléctricos y electrónicos y superficies metálicas sin derivación a toma de tierra eficiente.

**MET (o tasa de actividad metabólica):** Medida empleada para cuantificar la energía que consume una persona en relación con su tasa metabólica en reposo. 1 MET equivale aproximadamente a  $58,2 \text{ W}/\text{m}^2$  y representa la energía que el cuerpo humano genera o utiliza por unidad de superficie corporal en reposo.

**Morbilidad:** Presentación de una enfermedad o síntoma de una enfermedad, así como proporción de enfermedad en una población en un lugar y en un periodo de tiempo determinados en relación con el número total de la población.

**Plenum:** Espacios comúnmente ubicados entre un forjado y un techo suspendido o un suelo elevado que se utilizan para el retorno o impulsión de aire en algunos sistemas de HVAC y que deben cumplir con los requisitos técnicos del RITE.

**Síndrome del edificio enfermo:** La OMS lo define como un conjunto de molestias y enfermedades originadas o estimuladas por la mala ventilación, la descompensación de temperaturas, las cargas iónicas y electromagnéticas, las partículas en suspensión, los gases y vapores de origen químico y los bioaerosoles, entre otros agentes causales identificados, que produce, en al menos un 20% de los ocupantes, un conjunto de síntomas inespecíficos, sin que sus causas estén perfectamente definidas. Los síntomas tienden a agravarse con el tiempo que las personas pasan en el edificio y mejoran o incluso desaparecen cuando se alejan del mismo.

**Sinérgico (efecto):** Efecto que se da cuando dos sustancias producen un efecto conjunto superior al que causan por separado.

**PMV (Voto Medio Estimado):** Índice utilizado en la evaluación del confort térmico en ambientes interiores reflejando el valor medio de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas en base al equilibrio térmico del cuerpo humano. Se expresa en una escala de sensación térmica siete niveles que va desde -3 (muy frío) hasta +3 (muy caliente), correspondiendo 0 a las condiciones de confort térmico óptimas donde la mayoría de las personas se sienten cómodas. El equilibrio térmico se obtiene cuando la producción interna de calor del cuerpo es igual a su pérdida hacia el ambiente. En un ambiente moderado, el sistema termorregulador tratará de modificar automáticamente la temperatura de la piel y la secreción de sudor para mantener el equilibrio térmico.

**PPD (Porcentaje Estimado de Insatisfechos):** Proporciona información acerca de la incomodidad o insatisfacción térmica, basándose en la predicción del porcentaje de personas que, probablemente, sentirán demasiado calor o demasiado frío en un ambiente determinado. El PPD puede obtenerse a partir del PMV.

**Valores guía (OMS):** Los niveles de referencia de calidad del aire establecidos por la OMS en sus *Directrices mundiales sobre la calidad del aire (2021)* representan valores recomendados de concentración de contaminantes en el aire, vinculados a un periodo de exposición determinado. Su objetivo es proteger la salud de la población, ya que por debajo de estos niveles se considera que los efectos para la salud son mínimos o no ocurren. Estos niveles sirven como guía para el desarrollo de políticas públicas orientadas a mejorar la calidad del aire y reducir los riesgos para la salud humana. La OMS distingue dos tipos principales:

- Nivel de referencia a largo plazo: Concentración más baja de exposición continua a partir de la cual se incrementa el riesgo de efectos adversos para la salud.
- Nivel de referencia a corto plazo: Valor que refleja concentraciones puntuales elevadas, que no deberían superarse más que en contadas ocasiones a lo largo del año, ya que exposiciones breves a altos niveles también pueden tener impacto en la salud.

# ÍNDICE

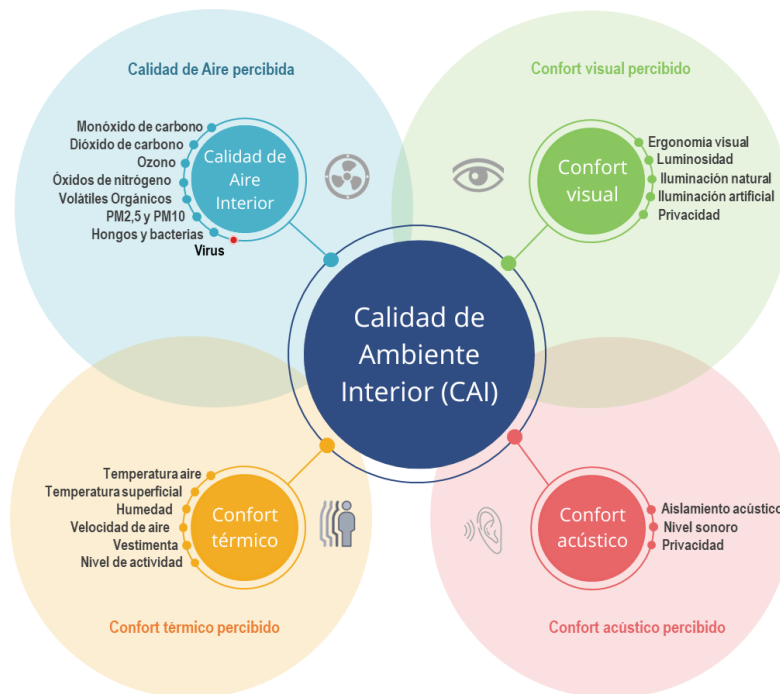
INTRODUCCIÓN.....	15
OBJETIVOS.....	21
FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CAI .....	23
Agentes químicos .....	26
Compuestos químicos inorgánicos.....	30
Compuestos químicos orgánicos.....	33
Materia particulada.....	39
Radón .....	42
Amianto .....	44
Agentes físicos.....	46
Condiciones termohigrométricas.....	47
Iluminación.....	49
Ruido y vibraciones .....	50
Agentes biológicos .....	53
Alérgenos de origen biológico.....	54
Hongos.....	55
Bacterias y virus.....	56
Plan de Control de Calidad ambiental en interiores .....	59
Identificación.....	60
Decisión .....	61
Revisión .....	62
Parámetros a analizar.....	62
Lista de chequeo de parámetros mínimos obligatorios.....	63
Lista de chequeo de parámetros complementarios .....	64
Métodos de ensayo y valores de referencia .....	65
Resultado.....	68
Acciones correctoras .....	70
Control periódico .....	70
MARCO NORMATIVO .....	71
Legislación europea.....	72
Control de la CAI.....	72
Ventilación y climatización.....	73
Agentes físicos y químicos.....	73
Otras.....	77

Legislación nacional.....	78
Control de la CAI.....	78
Edificación e Instalación .....	80
Agentes físicos y químicos.....	86
Agentes biológicos .....	94
Otras .....	94
Normas UNE e ISO.....	101
Control de la CAI.....	101
Ventilación y climatización.....	101
Agentes físicos y químicos.....	103
Agentes biológicos .....	106
Espacios específicos .....	106
Otras .....	107
RECURSOS .....	110
Guías y recomendaciones internacionales.....	111
OMS.....	112
Guías y recomendaciones nacionales .....	113
Otros.....	115
Plataformas y redes europeas de vigilancia y monitorización de la CAI.....	116
Normas de la ASHRAE .....	116
Proyectos sobre CAI en Europa .....	117
Proyectos sobre CAI en Estados Unidos y Canadá .....	120
Aplicaciones y herramientas .....	123
Publicaciones.....	124
BIBLIOGRAFÍA.....	126
ANEXOS .....	142
Anexo A: Listado de parámetros complementarios y valores de referencia .....	143
Anexo B: Lista de chequeo de la evaluación higiénica de sistemas de climatización .....	144
Anexo C: Fichas de ensayos de parámetros ambientales obligatorios .....	145

# INTRODUCCIÓN



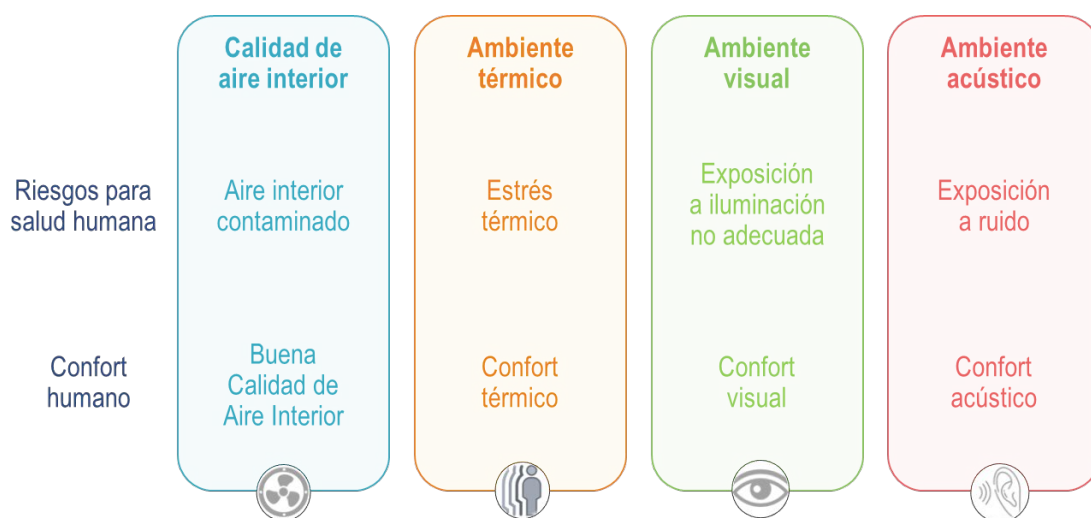
Durante la última década, ha aumentado significativamente el interés sobre las implicaciones para la salud de los ambientes interiores. La **CAI** es un término aplicado a edificios de uso público y privado no industriales que, hasta hace relativamente poco tiempo, se centraba en los componentes de la **calidad de aire interior**, tales como la presencia de PM, COV, COSV, radón y bioaerosoles, junto con factores que afectan el confort, como la temperatura, las corrientes de aire, la HR y la electricidad estática. Sin embargo, en los últimos tiempos, la perspectiva ha cambiado hacia una comprensión más compleja, holística e integradora que considera la interacción entre los ocupantes y el entorno construido como una relación dinámica, en la que se incluyen las actividades desarrolladas y los procesos de limpieza, el uso y/o mantenimiento de los sistemas de HVAC, así como una amplia gama de elementos físicos, químicos, biológicos y arquitectónicos.



**Figura 1.** Aclaración gráfica de la diferencia existente entre CAI y Calidad de Aire Interior. Modificada de Manuel Ruiz de Adana, 2025.

Este nuevo enfoque persigue asegurar que los espacios interiores contribuyan positivamente a la salud, al bienestar y a la productividad. En este sentido, existe evidencia de la asociación significativa entre los indicadores de CAI – tales como la presencia de PM, CO<sub>2</sub> (principalmente asociado a la ocupación), O<sub>3</sub> y confort térmico – con la productividad y la prevalencia de síntomas del denominado *síndrome del edificio enfermo*, así como la asociación entre la mala iluminación y la deficiente calidad acústica con malestar y estrés fisiológico entre las personas que trabajan en oficinas <sup>1</sup>. Un ambiente interior saludable, seguro y confortable requiere un diseño, construcción y mantenimiento cuidadosos de los edificios y una adecuada gestión de las

instalaciones y los recursos <sup>2</sup>. Asimismo, es fundamental considerar la influencia del cambio climático en la CAI debido a las altas temperaturas, a cambios meteorológicos con impacto en alergias y asma <sup>3-5</sup>, o al aumento de la contaminación <sup>6,7</sup>, entre otros. Cabe señalar que las altas temperaturas y las sequías persistentes aumentan el riesgo de incendios forestales, cuyos contaminantes pueden infiltrarse en los espacios interiores y agravar los problemas de salud relacionados con la calidad del aire <sup>8</sup>. Estos impactos refuerzan la necesidad de estrategias integrales en el diseño, construcción y mantenimiento de edificios que mitiguen estos efectos adversos y garanticen un ambiente interior saludable.



**Figura 2.** Aclaración gráfica entre calidad percibida (confort) y riesgo para la salud en cada apartado de la CAI. Elaboración propia de Manuel Ruiz de Adana, 2025.

Existe un consenso internacional creciente para considerar que el acceso a un aire limpio es un derecho humano fundamental, ya que este influye en la salud y calidad de vida. En 2019, el 99% de la población mundial vivía en lugares donde las concentraciones de contaminantes en el aire no cumplían las Directrices de la OMS <sup>9</sup>. Según datos de esta organización, la contaminación del aire está considerada como uno de los mayores riesgos ambientales para la salud asociándose con 6,7 millones de muertes prematuras anuales, así como con la prevalencia de enfermedades cardiovasculares, respiratorias y cáncer <sup>10</sup>. Una disminución significativa de los niveles de contaminación del aire tendría un gran impacto en la reducción de la mortalidad y morbilidad de estas enfermedades, en el aumento de la esperanza de vida, en la mejora de los indicadores económicos de la productividad y en la reducción de los costes sanitarios. Según investigaciones realizadas, como las del Proyecto ClimateCost de la Comisión Europea, las políticas climáticas diseñadas para limitar el calentamiento global a 2 °C podrían reducir las emisiones anuales de azufre y nitrógeno en un 60% y un 46% respectivamente en 2050 en Europa, además de lograr una reducción del 19% para las PM. Estas reducciones generarían importantes beneficios para

la salud, con un valor monetario estimado de los co-beneficios totales en torno a 40.000 millones de euros anuales <sup>11</sup>.

Habitualmente, la introducción de aire exterior filtrado y la consecuente extracción del aire viciado, mediante la ventilación, suele mejorar la CAI, siendo preciso verificar la calidad del aire exterior antes de ventilar, así como en el caso de instalaciones mecánicas, comprobar periódicamente los sistemas y adecuar su funcionamiento tanto a los usos interiores como a la calidad del aire exterior. Cabe señalar que existen contaminantes químicos en espacios interiores derivados principalmente de los materiales de construcción y de acabados de interior y decoración, así como de las actividades y de los productos empleados en el mantenimiento y limpieza de estos espacios. A este respecto, sería recomendable la instalación de sensores, especialmente en espacios próximos a zonas con potencial contaminación <sup>12, 13</sup>.

De acuerdo con un estudio de la US EPA, en 1987 <sup>14</sup> se encontró que los niveles de, aproximadamente, una docena de contaminantes orgánicos comunes eran de 2 a 5 veces más elevados dentro de los hogares que en el exterior, independientemente de si las viviendas estaban ubicadas en zonas rurales o altamente industriales.

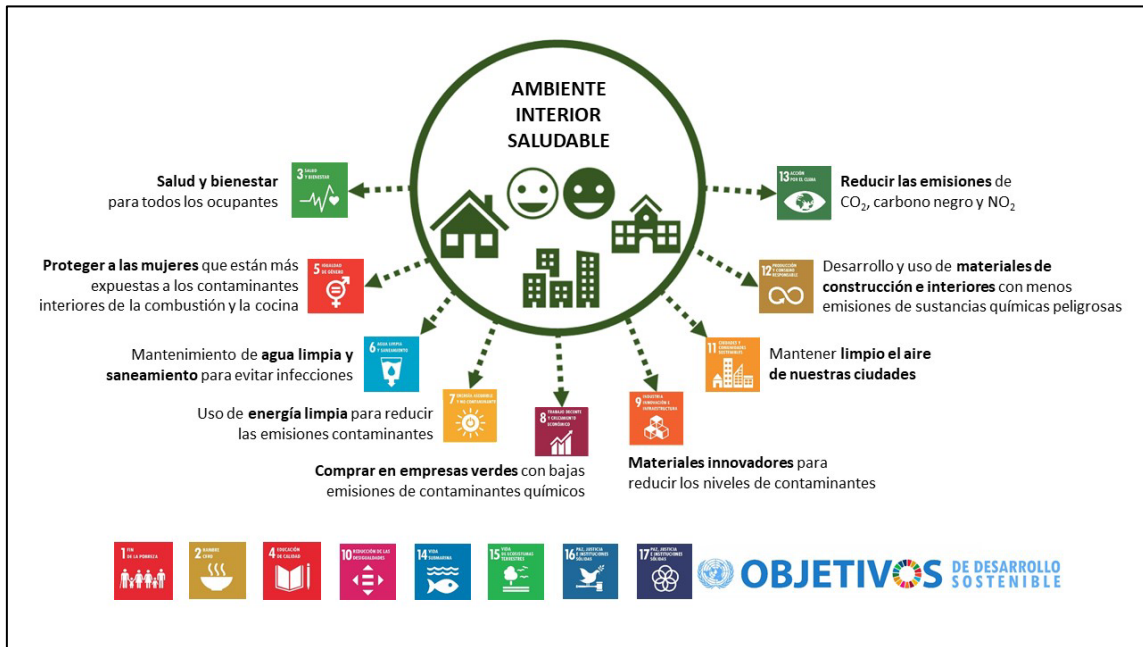
*Según la AFEC, la tecnología actual de regulación y control, aplicada a instalaciones de climatización y ventilación, permite ajustar el caudal de renovación en función de los contaminantes de interior. Existen equipos que recuperan la energía del aire de extracción, incorporan sistemas gratuitos de enfriamiento (free-cooling), y permiten mantener los espacios que interesen en presión positiva, evitando de esta manera la entrada de aire frío o caliente de la calle (y contaminado). Puesto que el aire exterior, especialmente en las ciudades, no es un aire limpio, cuando éste se introduce a través del sistema de renovación debe estar controlado, filtrado (filtros mecánicos y filtros de carbón activo), tratado (UVC, fotocátalisis, etc.) y mantenido, especialmente cuando se trata de locales a pie de calle. Además, el aire debe ser acondicionado térmicamente antes de ser introducido en los locales. La CAI y la eficiencia energética deben ir de la mano, siendo fundamentales la medición (para la corrección) y el mantenimiento.*

En la actualidad, especialmente en áreas urbanas, las personas pasan una parte importante de su tiempo (en promedio, entre el 85 y el 90%) en espacios cerrados (hogares, edificios de oficinas, escuelas, medios de transporte e instalaciones asociadas, etc.) expuestas a una mezcla compleja de contaminantes del aire en niveles de concentración a menudo varias veces superiores al aire exterior <sup>15</sup>. Los cambios en las tendencias arquitectónicas hacia una mayor hermeticidad de los edificios para evitar las pérdidas energéticas a través de la envolvente

pueden empeorar aún más las condiciones ambientales interiores, siempre que no vayan unidas a una elección de materiales con una baja emisión de contaminantes, una ventilación eficiente y la adecuada capacidad de regulación higrotérmica del espacio interior para evitar la acumulación de humedades y condensaciones. Desde los años ochenta se han llevado a cabo numerosos estudios, principalmente en Europa y Estados Unidos, para identificar y cuantificar las sustancias químicas de los espacios interiores, definir las fuentes y evaluar los posibles riesgos para la salud tras la exposición. El estudio de estas sustancias químicas abarca desde el análisis de los distintos materiales de construcción <sup>16-20</sup> y su puesta en obra <sup>21</sup> hasta la influencia de los hábitos de uso en los contaminantes <sup>22-24</sup> e incluso la presencia de contaminantes provenientes del aire exterior <sup>25, 26</sup>.

Para muchas sustancias químicas y sus combinaciones presentes en ambientes interiores, el riesgo para la salud humana es difícil de evaluar, debido a la escasez de información toxicológica, así como de las características dosis-respuesta en modelos humanos o animales <sup>15</sup>. Desde la perspectiva de la exposición a sustancias químicas del entorno, se estima que el ambiente interior del hogar contribuye con el 57%, seguido por los espacios públicos con el 12%, las emisiones industriales con el 9% y el aire exterior el 5%, sumando así una proporción significativamente mayor que las contribuciones de bebidas (8%) y alimentos (7%) <sup>27</sup>. Aunque se calcula que la contaminación del aire en interiores es responsable del 64% de las muertes prematuras asociadas con la exposición general a la contaminación del aire <sup>28</sup>, en comparación con la contaminación del aire ambiental, la contaminación del aire en interiores ha recibido menos atención, en parte debido a la falta de datos de medición <sup>29</sup>. En este sentido, los datos de alta resolución espaciotemporal provenientes de sensores en tiempo real son de gran utilidad para la evaluación del riesgo derivado de la exposición a la contaminación del aire en espacios interiores, permitiendo modelar la calidad del aire, analizar picos de contaminación e identificar las fuentes <sup>29</sup>. Los ambientes interiores saludables están relacionados con los ODS (Figura 3), entre los que se encuentran: contribuir al bienestar para todos los ocupantes, fomentar la protección de las personas que están más expuestas a los contaminantes interiores de combustión y cocción y productos de limpieza con contaminantes, el mantenimiento de agua potable y saneamiento para evitar infecciones, el uso de energía para reducir las emisiones de contaminantes, la compra de materiales de bajo impacto ambiental, con procesos de fabricación menos contaminantes y productos con bajos niveles de emisiones de contaminantes químicos, el empleo de materiales innovadores y tradicionales para reducir los niveles de contaminantes, mantener el aire de la ciudad limpio, el desarrollo y uso de materiales de construcción e interiores con menos emisiones de productos químicos peligrosos y de productos de consumo

de uso cotidiano sin tóxicos nocivos, y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>. En conclusión, crear un ambiente interior con un diseño de edificio más sostenible puede ayudar a reducir la carga de enfermedades relacionadas con la calidad del aire interior y proporcionar una mejor salud para las personas, a nivel local y global <sup>27</sup>.



**Figura 3.** Ejemplos de acciones para alcanzar los ODS en relación con ambientes interiores saludables (adaptado de <sup>27</sup>).

El PESMA <sup>30</sup> incluye la CAI como una de sus áreas temáticas, cuya misión es **la prevención y protección de la salud de la población frente a los efectos adversos para la salud derivados de una mala calidad ambiental interior.**



Esta guía pretende cumplir una de sus líneas de intervención sobre la Formación y Comunicación del riesgo, cuyo objetivo es mejorar la formación de los profesionales y la información y el conocimiento de la población sobre los efectos de la mala CAI, incluido el radón. En este marco, en el 2º Programa de Actuación del PESMA <sup>31</sup> se propone la iniciativa de la elaboración de una *Guía técnico-sanitaria de Calidad de Ambientes Interiores*.

# OBJETIVOS



El objetivo general de esta guía es proporcionar información técnico-sanitaria actualizada que sea de utilidad para reducir o evitar, en la medida de lo posible, los efectos adversos para la salud atribuibles a la baja CAI.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Aportar la información técnico-sanitaria actualizada sobre la CAI con el fin de establecer actuaciones encaminadas a reducir los riesgos para la salud, promover la calidad, seguridad, confort y el bienestar de los ambientes interiores.
- Facilitar el proceso de toma de decisiones en relación con la CAI.
- Recopilar la diversa legislación que afecta a la CAI para ayudar a la administración sanitaria a ejercer sus competencias.
- Identificar los principales riesgos y factores ambientales interiores que requieren una actuación prioritaria.
- Promover la anticipación, detección y adopción de medidas preventivas y reductoras de los riesgos, que mejoren las condiciones ambientales de la población expuesta.

Cabe señalar que, dado que la CAI es una materia en evolución, la presente guía constituye un documento vivo que se irá actualizando con base en la evidencia científica disponible. Dicha información podrá consultarse en los futuros PESMA.

## FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CAI



Entre los múltiples factores que caracterizan la CAI se encuentran: la calidad de aire interior, la ventilación, el confort térmico, la iluminación y las condiciones acústicas. Según la ASHRAE, la calidad de aire interior se considera aceptable cuando no se conocen contaminantes en concentraciones nocivas, según lo determinado por las autoridades competentes, y la gran mayoría (80 % o más) de los ocupantes no expresan insatisfacción<sup>32</sup>. Los contaminantes del aire interior pueden provenir de distintas fuentes, ubicadas dentro y fuera del edificio: materiales de construcción en especial los de acabado interior como pinturas, barnices, moquetas, materiales procesados como los derivados de la madera, tanto poliméricos naturales<sup>33-37</sup> como sintéticos<sup>38, 39</sup>, dispositivos electrónicos; mobiliario; humo del tabaco (incluido el humo de segunda mano y el de tercera mano)<sup>40-42</sup>; mantenimiento de los edificios; actividad de sus ocupantes, uso de productos de limpieza, ambientadores, productos de higiene personal, etc. que pueden constituir fuentes de contaminantes peligrosos como el O<sub>3</sub>, COV, aldehídos, partículas PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> y PUF<sup>1, 43</sup>. Esto pone de relieve la necesidad de comprender mejor estas emisiones y los procesos de formación secundaria de contaminantes en ambientes interiores<sup>43</sup>.

Por otro lado, la contaminación del aire exterior puede afectar a la calidad del aire interior, siendo aquella dependiente del régimen de vientos al promover su dispersión o concentración<sup>44</sup>, de la radiación solar<sup>45</sup>, de la altitud<sup>46</sup>, de la estructura urbana<sup>47</sup>, de la densidad del tráfico y la proximidad a dichas áreas<sup>48</sup>, la combinación de éstas con áreas verdes<sup>49</sup>, entre otros, así como su cercanía a zonas agrícolas, actividades energéticas, industriales y constructivas. Asimismo, la disposición en el espacio urbano de los edificios (por su relación exterior/interior)<sup>26, 50</sup>, el tipo arquitectónico y la distribución de espacios en el edificio para permitir la ventilación cruzada, también tiene notable influencia en la presencia de contaminantes, así como en su reducción/eliminación<sup>50, 51</sup>. Del mismo modo, el terreno sobre el que se asientan los edificios también puede contribuir a la calidad del aire interior según sea su contenido de radón<sup>52</sup>.

La contaminación del aire de los ambientes interiores es compleja debido a la diversidad de fuentes y factores que están implicados, por lo que es importante contar con conocimientos actualizados y herramientas útiles que contribuyan a proteger la salud de la población. En este sentido, los modelos a microescala, y en particular, los modelos CFD, permiten evaluar y planificar la calidad ambiental en interiores simulando procesos físicos relacionados con la calidad del aire y el confort térmico con alta resolución espaciotemporal. Estos procesos incluyen la dispersión de contaminantes (gases o partículas) dentro y fuera de los edificios, su infiltración, y su depósito sobre superficies. Los modelos CFD pueden proporcionar información sobre patrones de flujo, tasas de ventilación, mapas de concentración de contaminantes y

gradientes verticales de temperatura, lo que ayuda a mejorar los cálculos de exposición a la contaminación y el confort térmico en microambientes <sup>53-55</sup>.

El SCHEER (anteriormente SCHER) gestionado por la Dirección General de Salud y Protección del Consumidor de la CE, destaca la complejidad de los factores que intervienen en la calidad del ambiente interior, en concreto los contaminantes exteriores y las características climáticas, la configuración arquitectónica, los materiales de construcción y el tipo de mobiliario, la tasa de estanqueidad, los hábitos de uso (culturales y sociales), los productos de limpieza empleados, etc., así como la acción combinada de algunos de ellos, y demanda que se apliquen protocolos similares de evaluación de dichos contaminantes a los empleados por la UE en cuanto al riesgo asociado a ciertos productos químicos, esto es, con enfoques basados en evidencias <sup>52</sup>. En términos de toxicología y evaluación de riesgos para la salud, los datos son escasos y, a menudo, insuficientes, existiendo grandes diferencias entre países <sup>52</sup>. Otra limitación es la privacidad de determinados espacios interiores, como las viviendas, que dificulta la vigilancia y el control de la CAI. Por ello, es fundamental concienciar a la población sobre la importancia de la CAI mediante campañas de sensibilización. En esta línea, desde el Ministerio se prevé la futura publicación de materiales divulgativos para así concienciar a la población de los riesgos asociados a una mala CAI. Debido a la imposibilidad de regular todos los escenarios posibles, la mejor manera de prevenir los posibles efectos sobre la salud y proteger a grupos vulnerables es reduciendo la exposición, evaluando todas las fuentes relevantes <sup>52</sup> y conociendo los datos de calidad de aire reales en entornos ya construidos.

En España, el CTE y el RITE establecen tanto valores mínimos de ventilación como concentraciones de CO<sub>2</sub> máximas para los edificios según su uso. A continuación, se abordan los principales parámetros que influyen en la CAI, clasificándolos en agentes químicos, físicos y biológicos.

## Agentes químicos



En 2010, la OMS, tras una consulta exhaustiva de un grupo de expertos, publicó las Directrices sobre la calidad del aire interior para contaminantes seleccionados <sup>56</sup>: benceno, CO, HCHO, naftaleno, NO<sub>2</sub>, HAP (especialmente benzo(a)pireno), tricloroetileno, tetracloroetileno y radón. Estas sustancias químicas fueron priorizadas con base científica debido a sus conocidos efectos sobre la salud y a que a menudo se encuentran en ambientes interiores en concentraciones preocupantes. Estas directrices están dirigidas a profesionales de la salud pública y autoridades implicadas en el diseño y uso de edificios, materiales y productos en ambientes interiores.

Cabe señalar que existe un reglamento a nivel europeo, conocido como REACH, que limita las concentraciones de elementos químicos considerados peligrosos en la fabricación de productos. Esto permite, de manera indirecta, reducir la presencia de dichos compuestos en el aire de los espacios interiores en los que finalmente se disponen. Debido a la ausencia de normativas nacionales en este ámbito, un estudio realizado en Reino Unido llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura científica para identificar los COV más relevantes en entornos residenciales y oficinas y, tras evaluar sus fuentes, concentraciones y toxicidad, se propusieron valores guía basados en evaluaciones del riesgo para la salud partiendo de las directrices de organizaciones internacionales como la OMS y Health Canada <sup>57</sup>. Este estudio, concluye que es más adecuado establecer directrices individuales para cada COV en lugar de utilizar medidas generales como los COVT, ya que estas últimas no proporcionan información detallada sobre la naturaleza de los compuestos individuales, sus concentraciones y su toxicidad potencial.

Actualmente, se dispone de datos sobre niveles de exposición ambiental en interiores, exteriores y sobre exposición humana a COV y otras sustancias químicas como el CO, radón, NO<sub>2</sub> y HCHO en Europa <sup>15</sup>. Sin embargo, la estacionalidad y condiciones climáticas de las campañas de medición, así como la falta de un amplio consenso en cuanto a los procedimientos metodológicos armonizados para el muestreo y técnicas analíticas para estimar la exposición, dificultan la realización de una adecuada evaluación del riesgo para la salud <sup>15</sup>.

Por otro lado, si bien la mayor parte de la evidencia científica se centra en los efectos para la salud considerando los contaminantes de forma individual, en la vida cotidiana la población está expuesta a mezclas de contaminantes, cuyos efectos combinados pueden ser antagónicos, aditivos o sinérgicos. Por este motivo, sería necesario avanzar en el desarrollo de modelos integrales que cuantifiquen los efectos de múltiples exposiciones en la salud humana, con el fin de conocer los posibles efectos derivados de su combinación <sup>58</sup>.

Asimismo, es importante tener en cuenta la diferente susceptibilidad a la exposición de contaminantes debido al estado fisiológico, la edad, la presencia de enfermedades existentes y

factores genéticos, así como las diferencias toxicocinéticas de los distintos contaminantes. Entre los grupos vulnerables cabe destacar: la población infantil (especialmente durante los primeros años de vida), embarazadas, ancianos y personas inmunodeprimidas, así como aquellas que padecen asma y otras enfermedades respiratorias o cardiovasculares <sup>52</sup>.

La evaluación integral de la exposición a sustancias químicas en el ambiente interior requiere una combinación de enfoques y métodos multidisciplinarios, representando a menudo desafíos analíticos, ya que el espacio interior es un sistema multicomponente muy dinámico donde se producen gradientes de concentración que fluctúan temporalmente dependiendo no sólo de la naturaleza y la intensidad de las fuentes de emisión, sino también de los cambios en la tasa de intercambio e infiltración de aire, la temperatura <sup>59</sup>, la HR, la irradiación solar visible y el infrarrojo cercano <sup>60, 61</sup>. Esta circunstancia es previsible que se agrave con el cambio climático debido a las modificaciones de temperaturas, humedades relativas y movimiento de aire, entre otros factores <sup>62</sup>.

En ambientes interiores, las sustancias químicas se distribuyen entre la fase gaseosa, las partículas en suspensión, el polvo sedimentado y las superficies expuestas, llegando a generarse productos secundarios de las reacciones químicas en fase gaseosa y en superficies. Por ejemplo, sustancias como los terpenos, que se encuentran en productos de limpieza o ambientadores, pueden reaccionar con el ozono presente en interiores produciendo HCHO y PUF <sup>62-67</sup>. La exposición a mezclas complejas de sustancias químicas presentes en el aire y el polvo ocurre mediante la inhalación, ingestión y absorción dérmica de las mismas. En este sentido, la BMH es una herramienta complementaria de gran utilidad, ya que permite una valoración integrada de las sustancias y/o de sus metabolitos en muestras humanas, incluyendo todas las fuentes y vías de exposición y permitiendo una mejor evaluación de la exposición y caracterización del riesgo real. Por ejemplo, la recolección de muestras de orina para el análisis de sustancias no persistentes puede aportar información relevante y complementaria a la de los muestreadores de aire pasivos (limitados a gases y vapores, ya que las partículas no siguen los mismos principios de difusión) o al análisis de muestras de polvo. Cabe aclarar que los datos de BMH en sí mismos no pueden atribuir las cargas corporales cuantificadas a fuentes y vías específicas <sup>61</sup>, sin embargo, la información sobre absorción, distribución, metabolismo y excreción de las sustancias o sus metabolitos puede obtenerse a través de modelos farmacocinéticos con base fisiológica (PBPK). Si bien existen limitaciones para asociar los niveles de contaminantes en matrices humanas a las exposiciones en lugares concretos, estas herramientas en combinación con información recopilada, por ejemplo, a través de cuestionarios, pueden ser especialmente relevantes en espacios donde el tiempo de permanencia es mayor, tales como espacios

residenciales y centros educativos y sociosanitarios. Por lo tanto, la combinación de técnicas para determinar la exposición interna y externa a contaminantes pueden resultar de gran relevancia para afinar aún más la asociación entre exposiciones ambientales y efectos en salud <sup>68</sup>.

Si bien las directrices de la OMS se aplican a entornos tanto interiores como exteriores a nivel global, no cubren entornos ocupacionales debido a las características específicas de las exposiciones relevantes y las políticas de reducción de riesgos, así como a posibles diferencias en la susceptibilidad en comparación a la de la población general. Sobrepasar los niveles que figuran en las directrices de la OMS sobre la calidad del aire está asociado a riesgos importantes para la salud pública. Es importante señalar que, aunque no se trata de normas jurídicamente vinculantes, proporcionan a los Estados Miembros una herramienta basada en un riguroso proceso de revisión y evaluación de la evidencia científica, que pueden utilizar como guía para la elaboración de leyes y políticas orientadas a reducir los niveles de contaminantes atmosféricos, así como la enorme carga para la salud que supone la exposición a la contaminación atmosférica en todo el mundo <sup>58</sup>.

A continuación, se recogen los agentes químicos seleccionados por la OMS <sup>56</sup> que pueden encontrarse en ambientes interiores, sus características y fuentes de emisión, los riesgos para la salud, los valores guía y las posibles medidas de actuación dirigidas a reducir la exposición. Cabe mencionar que existen otras sustancias químicas presentes en ambientes interiores, tales como retardantes de llama, plaguicidas, ftalatos, entre otros, contemplados como contaminantes de potencial interés por la OMS, pero no incluidos entre los prioritarios al considerar necesaria más investigación que justificara su inclusión en las directrices <sup>56</sup>.

## *Compuestos químicos inorgánicos*



## COMPUESTOS INORGÁNICOS

### CO

Características y fuentes de emisión	Riesgos para la salud	Valores guía (OMS)	Medidas de actuación
<p>Gas incoloro e inodoro, no irritante, con densidad similar a la del aire o ligeramente inferior. Producto de la combustión incompleta de sustancias que contienen carbono en condiciones de escasez de oxígeno <sup>56, 58</sup>.</p> <p>La fuente de producción principal es la quema de combustibles, residuos y tabaco. En ambientes interiores puede originarse por el uso de calderas de gas defectuosas, estufas de carbón, braseros, hornos, sistemas de calefacción, consumo de tabaco y quema de incienso, así como por el funcionamiento de vehículos de combustión en el interior de aparcamientos y garajes y por infiltración del aire exterior en la proximidad de zonas con densidad de tráfico, centrales eléctricas e incineradoras de residuos <sup>69</sup>.</p>	<p>Se une a la hemoglobina de la sangre formando carboxihemoglobina y reduciendo la capacidad de aporte de oxígeno hasta los tejidos. Reducción de la tolerancia al ejercicio relacionada con la exposición aguda y aumento de los síntomas de la cardiopatía isquémica, así como morbilidad cardiovascular (infarto, insuficiencia cardíaca congestiva, cardiopatía isquémica) y problemas respiratorios <sup>56</sup>. La hipoxia inducida por concentraciones elevadas de CO provoca daños en el Sistema Nervioso Central, con síntomas progresivos que van desde los dolores de cabeza o náuseas, hasta la muerte si la exposición es grave <sup>70</sup>.</p>	<p>100 mg/m<sup>3</sup>, 15 min <sup>56, 58</sup>                      35 mg/m<sup>3</sup>, 1 h <sup>56, 58</sup>                      10 mg/m<sup>3</sup>, 8 h <sup>56, 58</sup>                      4 mg/m<sup>3</sup>, media de 24 h. <sup>58</sup></p>	<p>Mantenimiento periódico de los equipos de combustión <sup>71</sup> y garantizar una buena ventilación acorde con el CTE y el RITE. Evitar el consumo de tabaco y el uso de incienso.</p> <p>En lugares con mucha densidad de tráfico, o cercanía a centrales eléctricas o incineradoras, valorar la filtración del aire exterior.</p> <p>Para aparcamientos y garajes el Documento Básico "HS 3 Calidad del aire interior" del CTE establece un caudal mínimo de 120 l/s por plaza, así como las aberturas mínimas en caso de ventilación natural y la obligatoriedad de detectores de CO en aparcamientos de más de 5 plazas o 100 m<sup>2</sup>. En los aparcamientos con ventilación mecánica, a partir de un máximo de 50 ppm en aparcamientos con empleados y 100 ppm en aparcamientos sin empleados deben activarse automáticamente los aspiradores.</p>

### NO<sub>2</sub>

Características y fuentes de emisión	Riesgos para la salud	Valores guía (OMS)	Medidas de actuación
<p>Gas oxidante altamente reactivo y corrosivo. Su presencia en ambientes interiores se debe a los aparatos de combustión sin ventilación (como las estufas de gas), al humo del tabaco <sup>72</sup> y a la infiltración de aire exterior cuya presencia se debe al tráfico rodado.</p>	<p>Síntomas respiratorios, broncoconstricción, aumento de la reactividad bronquial, inflamación de las vías respiratorias y disminución de las defensas inmunitarias, aumentando la susceptibilidad a las infecciones respiratorias. <sup>56</sup></p>	<p>200 µg/m<sup>3</sup>, media de 1 h. <sup>56, 58</sup>                      10 µg/m<sup>3</sup>, media anual. <sup>58</sup>                      25 µg/m<sup>3</sup>, media de 24 h. <sup>58</sup></p>	<p>Mantenimiento periódico de los equipos de combustión y garantizar una buena ventilación acorde con el CTE y el RITE. En lugares con mucha densidad de tráfico valorar la filtración del aire exterior.</p>

## COMPUESTOS INORGÁNICOS

### SO<sub>2</sub>

Características y fuentes de emisión	Riesgos para la salud	Valores guía (OMS)	Medidas de actuación
Gas incoloro y fácilmente soluble en agua <sup>73</sup> cuya fuente de producción principal es la quema de combustibles fósiles que contienen azufre <sup>71</sup> . En ambientes interiores puede originarse por el uso de estufas de queroseno, calderas o chimeneas <sup>69</sup> .	Las exposiciones breves al SO <sub>2</sub> pueden dañar el sistema respiratorio y dificultar la respiración. Las personas con asma, especialmente población infantil, personas de edad avanzada y con enfermedades crónicas, son más sensibles a estos efectos del SO <sub>2</sub> <sup>69, 74</sup> .	500 µg/m <sup>3</sup> , 10 min. <sup>58</sup> 40 µg/m <sup>3</sup> , media de 24 h. <sup>58</sup>	Mantener las estufas, calderas y chimeneas en buen estado y equipadas con sistemas de ventilación adecuados para eliminar los gases de combustión de manera efectiva <sup>75</sup> .  Filtración del aire exterior <sup>71</sup> .

### O<sub>3</sub>

Características y fuentes de emisión	Riesgos para la salud	Valores guía (OMS)	Medidas de actuación
El O <sub>3</sub> troposférico es un gas incoloro de olor característico que se forma mediante reacciones que involucran ciertos COV, CO, NO <sub>x</sub> y CH <sub>4</sub> y la radiación solar (UV). Penetra en el interior en mayor o menor medida a través de la ventilación mecánica y ventilación natural <sup>76</sup> . En ambientes interiores, además, se produce principalmente por el uso de fotocopiadoras, impresoras láser o equipos electrostáticos para purificación del aire, así como por el uso de generadores de O <sub>3</sub> para labores de desinfección <sup>69</sup> . Puede reaccionar con los dobles enlaces de moléculas presentes en las superficies o con los terpenos (p. ej., limoneno) contenidos en los distintos productos de limpieza y de consumo, para dar lugar a otras sustancias como HCHO y aerosoles orgánicos secundarios que pueden ser más peligrosos que los compuestos iniciales. También tiene su origen en el exterior.	Problemas respiratorios, asma, reducción de la función y enfermedades pulmonares <sup>71</sup> .	100 µg/m <sup>3</sup> , media de 8 h. <sup>58</sup>	Evitar ventilar durante las horas de máxima radiación para reducir las concentraciones provenientes del aire exterior.

## *Compuestos químicos orgánicos*



## COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES

### COV

Los COV engloban cientos de gases que contienen carbono y se caracterizan por ser volátiles a temperatura ambiente, teniendo un origen tanto natural como antropogénico <sup>78</sup>. Este grupo engloba distintos tipos de hidrocarburos y sus derivados, hidrocarburos aromáticos (benceno, tolueno, xilenos...), compuestos clorados, terpenos (limoneno,  $\alpha$ -pineno...), pero también oxigenados como aldehídos y cetonas, entre otros <sup>71</sup>. El HCHO es de gran importancia debido a su prevalencia en el ambiente interior y sus conocidos efectos sobre la salud <sup>56</sup>. Entre las fuentes de emisión de COV se encuentran los materiales de construcción, interiorismo y decoración, y productos de consumo, destacando las pinturas, barnices, disolventes, mobiliario y elementos de decoración, detergentes, productos de limpieza, ambientadores, productos de higiene personal, dispositivos electrónicos como fotocopiadoras o impresoras, material de oficina, así como actividades como cocinar, fumar, encender velas o incienso. Además, se pueden formar contaminantes secundarios a partir de la química de terpenos y la degradación iniciada por el ozono. <sup>78, 79</sup>. Estos compuestos provocan irritación de ojos y del tracto respiratorio, alergias y asma, efectos en el sistema nervioso central, daño hepático y renal, así como riesgo de cáncer <sup>80</sup>.

Aunque se suelen cuantificar las concentraciones totales de COV (suma de concentraciones de COV identificados y no identificados según UNE-EN 16516:2018+A1:2021), en la actualidad no existe un valor límite global. Para llevar a cabo una adecuada evaluación de la exposición, es preciso identificar y evaluar las sustancias de forma individual <sup>80</sup>.

Entre las medidas de actuación para reducir la exposición a COV se encuentran: evitar la introducción de fuentes, seleccionar materiales de construcción y consumibles con bajas emisiones y garantizar una ventilación adecuada, especialmente durante y después de eventos emisores (por ejemplo, renovaciones de mobiliario o pintar una estancia). Asimismo, se recomienda que las impresoras 3D estén cerradas y equipadas con mecanismos de extracción o, al menos, que se encuentren alejadas de áreas de trabajo para minimizar la posible exposición <sup>81</sup>.

### Benceno

Características y fuentes de emisión	Riesgos para la salud	Valores guía (OMS)	Medidas de actuación
<p>Líquido transparente, incoloro, volátil, altamente inflamable y con olor característico. Generalmente las concentraciones son más altas en el aire interior debido a la infiltración de benceno presente en el aire exterior (principalmente por el tráfico rodado, gasolineras e industrias relacionadas con el carbón, petróleo, gas natural, productos químicos y acero).</p> <p>En interiores, una de las principales fuentes es el humo de tabaco, seguida del uso de disolventes, productos de limpieza o de materiales de construcción y decoración (PVC, vinilo, caucho, ...) y mobiliario que lo libera <sup>56</sup>.</p>	<p>Carcinógeno de Grupo 1 según la IARC <sup>82</sup>. El riesgo de leucemia estimado para la exposición de por vida a una concentración de <math>1 \mu\text{g}/\text{m}^3</math> es de <math>6 \times 10^{-6}</math> (6 casos por cada millón de personas) <sup>56</sup>.</p>	<p>Para la OMS no se pueden recomendar niveles seguros de exposición, siendo conveniente reducir los niveles de exposición en interiores al mínimo posible <sup>56</sup>.</p>	<p>Reducir o eliminar actividades humanas como fumar, utilizar disolventes o materiales de construcción, mobiliario, elementos decorativos, etc. que liberen benceno. En edificios situados cerca de tráfico intenso u otras fuentes importantes de benceno, las entradas de aire deben ubicarse en el lado menos contaminado del edificio <sup>56</sup>, y considerando las direcciones del viento que prevalezcan, así como las obstrucciones frente al mismo, por la creación de turbulencias. Cabe señalar que el REACH limita el contenido de benceno en juguetes, así como su contenido en las mezclas con otras sustancias y no permite su comercialización.</p>

<b>HCHO</b>			
<b>Características y fuentes de emisión</b>	<b>Riesgos para la salud</b>	<b>Valores guía (OMS) y REACH</b>	<b>Medidas de actuación</b>
<p>Gas incoloro, inflamable y altamente reactivo a temperatura ambiente. Se libera a través de procesos de combustión (biomasa, centrales eléctricas, incineración, ...). Cabe señalar la formación secundaria de HCHO mediante la oxidación de COV, como la reacción de O<sub>3</sub> con terpenos como el limoneno <sup>56</sup>.</p> <p>Entre las fuentes de emisión en interiores se encuentran: fumar, cocinar o quemar velas o incienso, presencia de muebles y productos derivados de la madera que contienen resinas a base de HCHO, textiles, pinturas, papeles pintados, colas, adhesivos, barnices, lacas, productos de limpieza como detergentes, desinfectantes, suavizantes, productos cosméticos, equipos electrónicos o insecticidas <sup>56</sup>. Sus concentraciones varían en función de la temperatura y HR, de la tasa de intercambio de aire, la época del año y de la edad del edificio y del mobiliario, ya que la emisión de HCHO disminuye con el tiempo <sup>56</sup>.</p>	<p>Carcinógeno de Grupo 1 según la IARC <sup>83</sup>. También se relaciona con procesos asmáticos, irritación de ojos y vías respiratorias superiores y de la piel <sup>56</sup>.</p>	<p style="text-align: center;"><u>OMS</u></p> <p>0,1 mg/m<sup>3</sup>, media de 30 minutos <sup>56</sup>. Este valor guía previene también efectos sobre la salud a largo plazo, incluido el cáncer nasofaríngeo y la leucemia mieloide <sup>56</sup>.</p> <p style="text-align: center;"><u>REACH</u></p> <p>No se comercializarán artículos, después del 6 de agosto de 2026, en los que la concentración de HCHO liberado supere:</p> <p>0,062 mg/m<sup>3</sup> para los muebles y los artículos de madera; 0,080 mg/m<sup>3</sup> para el resto.</p>	<p>Una adecuada ventilación, así como el uso de materiales y productos de construcción, mobiliario y elementos decorativos con bajas emisiones y la prevención de la exposición al humo de tabaco ambiental y otras emisiones de combustión <sup>56</sup>.</p> <p>Elegir productos de construcción y mobiliario libre de HCHO o con su concentración regulada.</p>
<b>Tricloroetileno</b>			
<b>Características y fuentes de emisión</b>	<b>Riesgos para la salud</b>	<b>Valores guía (OMS)</b>	<b>Medidas de actuación</b>
<p>Líquido volátil e incoloro, con un olor similar al cloroformo y ampliamente utilizado como disolvente industrial, así como en la limpieza en seco industrial, la impresión y producción de tinta de impresión, la producción de pintura y la impresión textil <sup>56</sup>. Los consumidores pueden estar expuestos al tricloroetileno a través del uso de tintes para madera, barnices, acabados, lubricantes, adhesivos, quitaesmaltes y ciertos limpiadores.</p>	<p>Carcinógeno de Grupo 1 según la IARC <sup>84</sup> (evidencia de que causa cáncer de riñón en humanos y evidencia limitada de asociación con cáncer de hígado y linfoma no Hodgkin).</p>	<p>Se propone como guía de calidad del aire interior la estimación de riesgo unitario de <math>4,3 \times 10^{-7}</math> por <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>, derivada del aumento de tumores de células de Leydig (tumores testiculares) en ratas. Las concentraciones de TCE en el aire asociadas con un exceso de riesgo de cáncer a lo largo de la vida de 1/10 000, 1/100 000 y 1/1 000 000 son respectivamente 230, 23 y 2,3 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>.<sup>56</sup></p>	<p>Sustituir los productos que contienen tricloroetileno por alternativas más seguras, siempre que sea posible. En caso contrario, asegurarse de que el espacio esté bien ventilado y usar equipos de protección individual especialmente en áreas donde no sea posible garantizar una ventilación adecuada. Almacenar, usar y desechar según las instrucciones de las etiquetas de los productos que contienen tricloroetileno.</p>

### Tetracloroetileno

Características y fuentes de emisión	Riesgos para la salud	Valores guía (OMS)	Medidas de actuación
<p>Líquido incoloro, fácilmente volátil y con olor a éter. Entre las principales aplicaciones industriales destaca su uso como materia prima sintética de hidroclorofluorocarbono, agente de limpieza en seco, desengrasante para piezas metálicas fabricadas y disolvente industrial. Otras aplicaciones incluyen el acabado y procesamiento de textiles, la producción de decapantes de pintura y la formulación de adhesivos y fluidos de limpieza especializados. Los productos de consumo que pueden contener tetracloroetileno incluyen adhesivos, fragancias, quitamanchas, repelentes de agua, limpiadores de madera, limpiadores de vehículos motorizados y telas lavadas en seco <sup>56</sup>.</p>	<p>Probablemente carcinogénico para los humanos (Grupo 2A, según la IARC <sup>84</sup>). Enfermedad renal temprana y deterioro del rendimiento neuroconductual <sup>56</sup>.</p>	<p>0,25 mg/m<sup>3</sup>, media anual <sup>56</sup>.</p>	<p>Eliminación / reducción de uso. Almacenamiento seguro, uso y desecho según las instrucciones de las etiquetas de los productos que contienen tetracloroetileno.</p> <p>Optar por tintorerías que utilicen métodos de limpieza ecológicos alternativos. En el caso contrario, al recoger las prendas, dejarlas en un área ventilada al aire libre durante unas horas antes de guardarlas.</p>

## COMPUESTOS ORGÁNICOS SEMIVOLÁTILES

### COSV

Los COSV, repartidos entre fracciones de gas, partículas y polvo, son un subgrupo de compuestos orgánicos de baja volatilidad que comprende retardantes de llama bromados, bifenilos policlorados, PFAS, HAP, pesticidas y ftalatos, etc., constituyendo un grupo de contaminantes que pueden afectar a la CAI <sup>85</sup>. Entre las principales fuentes de emisión se encuentran los materiales de construcción, suelos, alfombras, textiles, muebles y productos de limpieza <sup>1</sup>.

Algunos grupos de COSV, tales como los ftalatos y los HAP, se describen como disruptores endocrinos <sup>86</sup>. Efectos agudos asociados a la exposición a COSV: irritación de ojos, nariz, garganta y dolores de cabeza; mientras que la exposición prolongada a niveles altos se ha asociado con problemas reproductivos, respiratorios, cardiovasculares y reacciones alérgicas, entre otros <sup>85</sup>.

### HAP

Características y fuentes de emisión	Riesgos para la salud	Valores guía (OMS)	Medidas de actuación
<p>Son compuestos orgánicos con dos o más anillos aromáticos (benceno) fusionados. Se generan principalmente por la combustión incompleta de material orgánico, como en emisiones de vehículos, calefacción doméstica y quema de desechos agrícolas. La exposición a los HAP puede ocurrir por inhalación, contacto con la piel o ingestión de alimentos contaminados. En el aire, pueden estar en fase gaseosa o adsorbidos a la materia particulada atmosférica dependiendo de distintos factores. Por lo general, los HAP de hasta 4 anillos están presentes predominantemente en la fase gaseosa mientras que los de 5 o más anillos tienden a encontrarse en la fase particulada. Los HAP en fase gaseosa duran menos de un día, mientras que los HAP asociados a partículas pueden persistir durante semanas <sup>87</sup>.</p> <p>En ambientes interiores, cabe destacar el humo de tabaco como una de las fuentes principales. El uso de velas aromáticas e incienso también pueden ser fuentes emisoras de HAP. Los HAP se encuentran en el aire interior como mezclas complejas, cuya composición puede variar de un lugar a otro. En vista de las dificultades para elaborar directrices para las mezclas de HAP, se consideró que el <b>benzo[a]pireno</b> representaba el mejor compuesto como indicador individual <sup>56</sup>.</p>	<p>Mayor incidencia de cáncer, incluyendo cáncer de mama, infantil y de pulmón. También función pulmonar reducida, empeoramiento de asma, enfermedades pulmonares obstructivas y cardiovasculares <sup>87</sup>.</p> <p>El benzo[a]pireno es uno de los carcinógenos más potentes entre los HAP conocidos. Es necesario investigar más sobre la protección contra enfermedades no cancerígenas relacionada con los niveles actuales de exposición a los HAP según las directrices de la OMS para el benzo[a]pireno <sup>87</sup>.</p> <p>Las concentraciones correspondientes para a la exposición a benzo[a]pireno durante toda la vida que producen excesos de riesgo de cáncer de 1/10000, 1/100000 y 1/1000000 son aproximadamente 1,2, 0,12 y 0,012 ng/m<sup>3</sup> respectivamente <sup>56</sup>.</p>	<p>No se pueden recomendar niveles seguros de exposición, siendo conveniente reducir los niveles de exposición en interiores al mínimo posible.</p>	<p>Controlar la exposición al humo de tabaco, evitar el uso de velas aromáticas e incienso, mejorar la ventilación (o introducción de aire exterior filtrado, dependiendo de la contaminación del exterior) y utilizar sistemas de filtración de aire.</p> <p>Disponer de chimeneas cerradas, cocinas con rejillas de ventilación adecuadas, y parrillas en el exterior o en zonas muy ventiladas.</p>

<b>Naftaleno</b>			
<b>Características y fuentes de emisión</b>	<b>Riesgos para la salud</b>	<b>Valores guía (OMS)</b>	<b>Medidas de actuación</b>
<p>Es un polvo cristalino de color blanco y con olor característico a naftalina. Es utilizado como materia prima en la fabricación de plastificantes y resinas sintéticas, como componente de placas de yeso, dispersante en cauchos, como agente curtiente en la industria del cuero, en pinturas y en la producción del insecticida carbarilo.</p> <p>En exteriores, la fuente principal son los vehículos de motor, gasolineras y refinerías de petróleo, mientras en interiores cabe señalar su uso, antes de su prohibición o restricción por el reglamento REACH, como repelente de polillas y desinfectante <sup>56</sup>.</p>	<p>Lesiones en el tracto respiratorio que conducen a la inflamación y formación de tumores en estudios en animales <sup>56</sup>. Posiblemente carcinogénico para los humanos (Grupo 2B, IARC <sup>88</sup>).</p>	<p>0,01 mg/m<sup>3</sup> media anual <sup>56</sup>.</p>	<p>Leer las etiquetas de los productos para confirmar que no contienen naftaleno. En caso contrario y conforme al reglamento REACH, realizar una ventilación suficiente durante su manipulación y utilizar protección respiratoria adecuada en caso de formación de polvo. Además, se recomienda almacenar el producto en un lugar seco y bien ventilado, en su envase original bien cerrado, y mantenerlo alejado de fuentes de ignición. <sup>89</sup></p>

*Materia particulada*



## MATERIA PARTICULADA: PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PUF

### Características y fuentes de emisión

Partículas sólidas y/o líquidas en suspensión en el aire compuestas por una mezcla heterogénea y compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas de tamaño y composición química muy variable: metales, dioxinas, HAP, entre otros, de origen tanto natural como antropogénico. Entre sus fuentes de emisión se encuentran: tráfico rodado, cementeras, incineradoras de residuos, calderas de carbón, entre otras. Asimismo, se producen en la atmósfera como resultado de reacciones químicas a partir de gases precursores como el SO<sub>2</sub> y el NO<sub>x</sub> y COV <sup>71</sup>. En ambientes interiores pueden originarse al cocinar, fumar, encender velas e incienso, así como al usar fotocopiadoras, impresoras, ordenadores, entre otros, y pueden tener también origen biológico <sup>77</sup>. Cabe señalar la emisión de nanopartículas en los procesos de impresión 3D que pueden dispersarse en ausencia de un confinamiento y sistema de extracción eficaces, así como de una ventilación adecuada en el área de impresión <sup>90</sup>. También pueden encontrarse altos niveles de materia particulada en aparcamientos subterráneos, especialmente si no disponen de sistemas de monitorización de partículas finas o ultrafinas que active los sistemas de ventilación al superar los niveles de referencia <sup>91</sup>. Todo esto, unido a la compleja dinámica de las partículas, dificulta en gran medida contar con métodos estandarizados para medir de forma precisa los niveles de exposición, vincularlos a fuentes específicas, y tomar decisiones informadas sobre estrategias de mitigación <sup>1</sup>.

El subíndice indica el diámetro aerodinámico máximo de la partícula (PM<sub>10</sub>: menores o iguales a 10 micras, PM<sub>2,5</sub> inferiores o iguales a 2,5 micras y PUF: menores o iguales a 0,1 micras). El diámetro aerodinámico de las partículas está inversamente relacionado con su capacidad para penetrar en el aparato respiratorio, así como a la gravedad de sus efectos en la salud. Las PM<sub>2,5</sub> pueden llegar a los alveolos pulmonares, llevando sustancias nocivas a zonas muy sensibles y agravando patologías respiratorias y cardiovasculares. Las PUF pueden incluso entrar en el torrente sanguíneo y afectar a diversos órganos, así como al sistema nervioso central y al sistema reproductor, entre otros <sup>71</sup>. Es importante destacar que el diámetro aerodinámico es un concepto más amplio que simplemente la medida del diámetro de las partículas. Algunas partículas, a pesar de tener un tamaño determinado, pueden comportarse como si tuvieran un diámetro aerodinámico menor, lo que les confiere una mayor capacidad de penetración en el sistema respiratorio.

### Riesgos para la salud

Existe abundante evidencia científica de efectos perjudiciales en la salud respiratoria tales como asma y EPOC, creciente evidencia de efectos adversos en enfermedades cardiovasculares y emergente evidencia de efectos negativos sobre otros órganos y condiciones de salud <sup>92</sup>.

### Valores guía (OMS)

PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	PUF
15 µg/m <sup>3</sup> de media anual y 45 µg/m <sup>3</sup> de media diaria (percentil 99 (es decir, 3-4 días con valores superiores al límite por año) <sup>58</sup> .	5 µg/m <sup>3</sup> de media anual y 15 µg/m <sup>3</sup> de media diaria (percentil 99, es decir, 3-4 días con valores superiores al límite por año) <sup>58</sup> .	Niveles inferiores a 1.000 partículas/cm <sup>3</sup> (media de 24 h) se consideran niveles bajos y superiores a 10.000 partículas/cm <sup>3</sup> (media de 24 h) o 20.000 partículas/cm <sup>3</sup> (media de 1 h) se consideran altos <sup>58</sup> .

### **Medidas de actuación**

Control de fuentes interiores como ambientadores, fotocopiadoras e impresoras <sup>90</sup>, adecuada ventilación (teniendo en cuenta los niveles del exterior), filtración y limpieza del aire, y equipos de protección individual. También, deben considerarse factores conductuales, teniendo en cuenta los comportamientos de los usuarios relacionados con los purificadores de aire, sistemas de HVAC, campanas extractoras, uso de ventanas, frecuencia de uso de fuentes emisión de estos contaminantes y elección de electrodomésticos, entre otros <sup>92</sup>. Asimismo, se recomienda minimizar el tiempo de permanencia en los aparcamientos subterráneos para reducir la exposición a materia particulada <sup>91</sup>.

# Radón



RADÓN			
Características y fuentes de emisión	Riesgos para la salud	Valores guía (OMS) y niveles de referencia del CTE y del RPSI	Medidas de actuación
<p>Gas radiactivo, incoloro e inodoro, emitido de manera natural por ciertas rocas, principalmente graníticas, como consecuencia de la desintegración del uranio. Puede entrar en los edificios y viviendas a través de las grietas o poros presentes en la envolvente en contacto con el terreno, y en menor medida a través de los materiales de construcción y el agua corriente, y acumularse en el interior de los edificios especialmente en zonas poco ventiladas como sótanos y plantas bajas de edificios<sup>93</sup>.</p> <p>El radón es la fuente más importante de radiación ionizante natural a la que se encuentra expuesta la población general<sup>94</sup>.</p>	<p>Carcinógeno humano Grupo 1 según la IARC<sup>95</sup>.</p> <p>Principal causa de cáncer de pulmón en no fumadores y la segunda en fumadores y exfumadores. La OMS estima que entre un 3 y un 14% de los casos de cáncer de pulmón en el mundo están relacionados con el radón<sup>96</sup>. En España, se estima que el radón es causante de aproximadamente el 4% de todas las muertes por cáncer de pulmón<sup>97</sup>.</p> <p>La incidencia de los daños pulmonares aumenta a medida que se incrementa la exposición a radón y el consumo de tabaco<sup>69</sup>.</p>	<p>Si bien no hay límite de exposición por debajo del cual no exista riesgo para la salud, la OMS establece un promedio anual de referencia de 100 Bq/m<sup>3</sup> y, si se dan circunstancias concretas que impiden alcanzarlo, no superar los 300 Bq/m<sup>3</sup>.<sup>98</sup></p> <p>El CTE, aprobado por el Real Decreto 732/2019, en su Documento Básico “HS 6 Protección frente a la exposición al radón” establece, para los edificios afectados por su ámbito de aplicación, un promedio anual de referencia de 300 Bq/m<sup>3</sup> en el interior de sus locales habitables.</p> <p>De acuerdo con el Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el RPSI, el cual transpone parcialmente la Directiva 2013/59/Euratom del Consejo 5 de diciembre de 2013 por la que se establecen normas de seguridad básica para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes, en espacios cerrados, los niveles de referencia para el promedio anual de concentración de actividad en el aire no deben superar los 300 Bq/m<sup>3</sup> promedio anual.</p> <p>Cabe destacar que, aunque se establecen distintos valores de referencia, se deben adoptar todas las medidas técnicas y constructivas razonables para reducir la exposición al radón al nivel más bajo posible, conforme al principio de optimización, teniendo en cuenta las circunstancias sociales y económicas<sup>99</sup>.</p>	<p>La OMS establece una serie de estrategias de prevención (viviendas nuevas) y de mitigación (viviendas existentes)<sup>98</sup>.</p> <p>El <u>Plan Nacional contra el Radón</u> recoge las estrategias establecidas y las actividades a desarrollar por las diferentes Administraciones públicas con el objetivo de reducir el riesgo para la salud de la población por exposición al radón<sup>93</sup>.</p> <p>El CTE contiene en su web una serie de estrategias y medidas constructivas para reducir los niveles de radón en un edificio. El Documento Básico “HS 6 Protección frente a la exposición al radón”, establece las medidas constructivas que deben incorporar los edificios de nueva planta y los rehabilitados, para que las concentraciones de radón en el interior no superen el nivel de referencia de 300 Bq/m<sup>3</sup>. Recientemente, ha sido publicada la Instrucción IS-47 del CSN en la que se aprueba el <u>listado de términos municipales</u> en los que, en base a las medidas realizadas por el CSN, se considera que hay una probabilidad significativa de que los edificios allí construidos sin soluciones específicas de protección frente al radón presenten concentraciones de radón superiores al nivel de referencia. El cumplimiento obligatorio del Documento Básico HS 6 se limita a los municipios incluidos en dicho listado, lo que permite focalizar los esfuerzos en las zonas de mayor riesgo. Sin embargo, debe considerarse que cualquier edificio independientemente de su localización puede tener niveles elevados de gas radón.</p> <p>Por su parte, la Guía de Rehabilitación frente al radón<sup>100</sup> constituye una herramienta de apoyo para un diagnóstico adecuado de las vías de entrada del radón, ilustra el proceso de realización de mediciones y presenta soluciones de protección, proporcionando criterios para elegir la opción más adecuada en cada caso.</p>

## *Amianto*



### AMIANTO (O ASBESTO)

Características y fuentes de emisión	Riesgos para la salud	Valores guía (OMS)	Medidas de actuación
<p>Material fibroso formado por minerales (silicatos de hierro, aluminio, magnesio y calcio) con capacidad de soportar grandes tensiones y que posee reducida conductividad térmica, así como gran resistencia a ataques químicos. Existen dos variedades principales: las serpentinas, que corresponde al crisotilo o amianto blanco; y los anfíboles, que incluyen la crocidolita, la amosita, la antofilita, la tremolita y la actinolita <sup>101</sup>.</p> <p>La exposición al amianto se produce por inhalación de las fibras, principalmente presentes en el aire contaminado de determinados ambientes laborales, aunque también puede estar presente en hogares, particularmente en edificios antiguos, pudiendo encontrarse en materiales como aislamiento, tejados y tuberías <sup>102</sup>. Fue utilizado como material aislante y de acabado en cubiertas de edificios, mantas ignífugas, envases de medicamentos o aditivos en los compuestos plásticos hasta que se prohibió su uso y comercialización a través de la Orden ministerial del 7 de diciembre de 2001 por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, sobre limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos.</p> <p>Muchos edificios existentes aún albergan materiales fabricados con crisotilo y/o anfíboles friables en su estructura, por lo cual, siguen siendo una fuente de exposición a estas fibras durante las tareas de mantenimiento, modificación, eliminación y demolición <sup>101</sup>. Según se establece en el Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto, todas las empresas que vayan a realizar actividades u operaciones en las que los trabajadores estén expuestos o sean susceptibles de estar expuestos a fibras de amianto o de materiales que lo contengan, deben cumplir, entre otras obligaciones la de estar inscritas en el Registro de Empresas con Riesgo por Amianto (RERA).</p>	<p>El amianto es uno de los carcinógenos ocupacionales más importantes que causa aproximadamente la mitad de los casos de cáncer ocupacional <sup>101</sup>.</p> <p>Su exposición causa cáncer de pulmón, laringe y ovario, mesotelioma (cáncer de pleura o peritoneo) y asbestosis (fibrosis pulmonar) <sup>101</sup>.</p>	<p>No se ha establecido un umbral de riesgo carcinogénico para el amianto, incluido el crisotilo <sup>101</sup>.</p>	<p>Recientemente, se ha publicado una guía metodológica de Directrices para la retirada del amianto instalado, de carácter no vinculante, dirigida a los ayuntamientos para la elaboración de los censos municipales de amianto <sup>103</sup> según la obligación que deriva de la disposición adicional decimocuarta de la Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular. Esta guía es útil hasta que se apruebe la normativa que desarrolle la citada disposición.</p>

## Agentes físicos



Los agentes físicos que influyen en la CAI comprenden las condiciones termohigrométricas (temperatura, humedad, velocidad del aire), iluminación, ruido y ventilación, entre otros <sup>104</sup>.

## *Condiciones termohigrométricas*

Las condiciones termohigrométricas de un espacio interior están relacionadas con la sensación térmica de los ocupantes, cuya apreciación es subjetiva. Sin embargo, es importante conocer los parámetros que influyen en la percepción, tales como temperatura, humedad y velocidad del aire, los cuales variarán en función del espacio, el tiempo de permanencia en el mismo y el tipo de actividad que se desarrolle en él, los sistemas de calefacción, ventilación y climatización, las propiedades y comportamiento físico de los materiales de construcción <sup>105</sup>, así como el arropamiento, valores culturales, estilos de vida e incluso nivel socioeconómico (confort adaptativo) <sup>106</sup>, entre otros. Por ejemplo, niveles altos de humedad del aire pueden generar una sensación sofocante e, incluso, favorecer el crecimiento microbiano, mientras que una baja humedad puede provocar sequedad de las mucosas, dificultar la respiración y favorecer la aparición de enfermedades infecciosas <sup>104</sup>.

Existe numerosa evidencia científica que demuestra la influencia de los extremos térmicos sobre la morbi-mortalidad. Es por ello que desde el Ministerio de Sanidad se llevan a cabo dos **planes relacionados con las temperaturas extremas**: Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud (activo desde 2004) y Plan Nacional de actuaciones preventivas por bajas temperaturas (activo desde 2022). Estos planes establecen recomendaciones para reducir los efectos de las temperaturas extremas sobre la salud y para coordinar las instituciones de la Administración del Estado implicadas. Cuando las condiciones exteriores impiden que el cuerpo pierda calor adecuadamente, la temperatura interna puede aumentar y, para contrarrestarlo, el organismo dilata las venas superficiales y envía más sangre hacia ellas aumentando la superficie de intercambio térmico. Si la temperatura ambiental sigue subiendo, se produce fatiga debido a la pérdida continua de fluidos y, cuando la evaporación del sudor no es suficiente, la temperatura interna sube, causando incomodidad, malestar e incluso si supera los 41°C por un tiempo prolongado, puede llevar a la muerte. Por el contrario, cuando el cuerpo pierde calor y la temperatura ambiental disminuye, se detiene la producción de sudor, contrayendo las venas superficiales y reduciendo la temperatura de la piel para minimizar las pérdidas de calor. Si estas medidas no son suficientes y la temperatura corporal sigue descendiendo, el cuerpo responde involuntariamente generando calor a través de una actividad física involuntaria (tiritar) para mantener la temperatura interna y evitar descender por debajo de los 28 °C, lo que podría llevar a la muerte <sup>71</sup>. Cabe señalar que las temperaturas umbrales de

disparo de la mortalidad por altas o bajas temperaturas (temperaturas a partir de las cuales aumenta la mortalidad de manera estadísticamente significativa) dependen de la capacidad adaptativa a temperaturas extremas, pudiendo encontrarse diferencias entre regiones frías y cálidas <sup>71</sup>.

En cuanto a la adaptación al clima y la calidad del aire interior, el acondicionamiento pasivo de las edificaciones es uno de los aspectos clave para lograr edificios de energía nula o, al menos, que reduzcan significativamente la demanda energética para mantener las condiciones de confort. Las estrategias de adaptación bioclimática dependen específicamente del microclima del lugar, pudiendo estar orientadas al aprovechamiento del propio uso de la edificación o la captación y acumulación de energía solar pasiva y activa, entre otras, o, por el contrario, la protección solar o la acumulación de energía negativa por alta masa térmica, con o sin combinación con refrigeración nocturna, pudiéndose combinar con estrategias de ventilación natural o mecánica, evaporación o deshumidificación <sup>107-109</sup>.

En relación con la ergonomía del ambiente térmico la Norma UNE-EN ISO 8996:2021 describe cómo determinar la tasa metabólica en diferentes contextos para evaluar el confort y seguridad térmica en diversas actividades y así evitar el estrés térmico. Para identificar de manera más precisa el entorno térmico más apropiado, se pueden utilizar métodos como el índice PMV-PPD, recomendados en la Norma UNE EN-ISO 7730: 2025. Asimismo, la Norma UNE EN ISO 7726:2002 “Ergonomía de los ambientes térmicos. Instrumentos de medida de las magnitudes físicas” establece los requisitos que deben cumplir los equipos de medida de las magnitudes físicas de los ambientes térmicos.



## Iluminación

Una iluminación adecuada proporciona una sensación de confort, permitiendo que las actividades a desarrollar en un determinado espacio se realicen de manera cómoda, eficaz y segura. El confort visual se alcanza cuando existe una armonía o equilibrio entre diversas variables tales como la naturaleza, estabilidad y cantidad de luz, en relación con las exigencias visuales de las tareas y los factores personales.

Determinados espacios interiores a menudo carecen de suficiente luz natural y se basan excesivamente en luz artificial, lo que puede desajustar los ritmos circadianos y afectar negativamente a la salud de los ocupantes <sup>110, 111</sup>. Asimismo, cuando la iluminación no es la correcta, pueden surgir molestias visuales y oculares, aumentar la fatiga, incrementando el cansancio y reduciendo el rendimiento, pudiendo además aumentar el número de errores y accidentes <sup>104</sup>.

En el CTE, concretamente en la tabla 3.1 del DB HE3, se mencionan los diferentes valores límites de eficiencia energética de la instalación (VEEI) de las instalaciones de iluminación, los cuales no deberán superarse.



## Ruido y vibraciones

La OMS define el ruido como sonido no deseado cuyas consecuencias son molestas para la población, con riesgo para su salud física y mental. Asimismo, la Ley 37/2003 define la contaminación acústica como “la presencia en el ambiente de ruido o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que implique molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, incluso cuando su efecto sea perturbar el disfrute de los sonidos de origen natural, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente”.

La Oficina Regional de la OMS para Europa desarrolló nuevas directrices centradas en la exposición al ruido proveniente de diversas fuentes, el tráfico rodado, el ferroviario, el aéreo, las turbinas eólicas y el ruido de ocio (como discotecas, conciertos). Estas directrices incluyen ocho revisiones sistemáticas de la evidencia científica sobre los efectos del ruido en la salud, como problemas cardiovasculares, metabólicos, molestias, trastornos del sueño, deterioro cognitivo y auditivo, y efectos en la salud mental y la calidad de vida. A través de este proceso, se formularon recomendaciones sobre niveles de exposición y se estableció la eficacia de diversas intervenciones <sup>112, 113</sup>.



A continuación, se presenta una tabla resumen con la normativa estatal vigente en España relativa al control del ruido y las vibraciones:

NORMATIVA	OBJETO	AUTORIDADES Y PROFESIONALES COMPETENTES
CTE, Documento Básico HR Protección frente al ruido, Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre. Posteriormente modificado por varias disposiciones, siendo la última el Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre.	Tiene por objeto establecer las reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de protección frente al ruido. El objetivo es limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Administración competente</li> <li>2. Técnico competente / proyectista</li> </ol>
Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido	<p>En ésta, se traspuso la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.</p> <p>El objeto se desarrolla más específicamente en los Reales Decretos 1513/2005 y 1367/2007, mencionados a continuación.</p> <p>Esta ley tiene como objeto prevenir, vigilar y reducir la contaminación acústica, para evitar y reducir los daños que de ésta pueden derivarse para la salud humana, los bienes o medio ambiente.</p>	<p>Competencia del Estado:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Infraestructuras viarias, ferroviarias, aeroportuarias y portuarias de competencia estatal.</li> <li>2. Obras de interés público</li> </ol> <p>Competencia de ayuntamientos, en los restantes casos, a no ser que el ámbito territorial del mapa de ruido exceda el término municipal, en cuyo caso será competencia de la Comunidad Autónoma.</p>
Real Decreto 1513/2005	Se establecen una serie de medidas que tienen como objetivo la evaluación y gestión del ruido ambiental, con la finalidad de prevenir, reducir o evitar los efectos nocivos, incluyendo las molestias, derivadas de la exposición al ruido ambiental. Entre estas medidas se encuentran los mapas estratégicos de ruido, los planes de acción y la información a la población.	
Real Decreto 1367/2007	Tiene en cuenta los índices acústicos y su aplicación, la zonificación acústica y los objetivos de calidad acústica, los emisores acústicos y sus valores límite de emisión e inmisión, así como los procedimientos y métodos de evaluación de la contaminación acústica, ruido y vibraciones	
Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios	Establece que, las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se obtenga una calidad del aire interior aceptable para los usuarios del edificio cumpliendo, entre otros, el requisito de calidad de ambiente acústico.	Todos los agentes que participen en el diseño y dimensionado, ejecución, mantenimiento e inspección de las instalaciones, así como las entidades e instituciones que intervienen en el visado, supervisión o informe de los proyectos o memorias técnicas.

Además de la normativa presentada, cabe señalar que existen numerosas disposiciones normativas propias de las Comunidades Autónomas y Ordenanzas Municipales que pueden resultar de aplicación en función del ámbito territorial o sectorial correspondiente.

Los niveles de ruido registrados en ambientes interiores suelen ser considerablemente más bajos que los especificados en la legislación como causantes de pérdida auditiva. Sin embargo, a menudo, las personas están expuestas a ruidos y vibraciones que pueden ser molestos, afectar su rendimiento al disminuir la concentración e incluso, en algunas ocasiones, causar problemas de salud como alteraciones en los ritmos respiratorio y cardíaco, y cambios hormonales. Es esencial identificar las fuentes de estos ruidos molestos (tráfico exterior, eventos recreativos, tráfico aéreo, equipos cercanos, proveniente de las instalaciones o el interior de los edificios, etc.) e implementar las medidas adecuadas para cada situación desde la fase de diseño (aislantes acústicos, apantallamiento de fuentes sonoras, reubicación de los muebles o de los equipos, etc.)<sup>114</sup>.

## Agentes biológicos



La contaminación microbiana es un elemento clave en la contaminación del aire en interiores, muy ligada a la presencia de humedad <sup>115</sup>, temperatura, pero también tienen especial relevancia las características de la envolvente constructiva, ya sea por la carencia de aislamiento térmico o por su incremento y la estanqueidad de la envolvente <sup>116</sup>, o por la creación de puentes térmicos <sup>117</sup> que pueden acentuarse en el caso de sustitución de carpinterías, o incluso por aspectos como la pobreza energética <sup>118</sup>. De hecho, existen estudios que apuntan a un incremento de los síntomas de asma en edificios de elevada eficiencia energética con bajas tasas de ventilación <sup>119</sup>, <sup>120</sup>. Además, el tipo de sistema de ventilación y climatización es crucial en el riesgo de proliferación de microorganismos, su dispersión en el ambiente y su transmisión a las personas expuestas. Entre las principales fuentes de contaminación se encuentran: el aire exterior, que contiene granos de polen, bacterias, esporas de hongos, etc.; el escaso o deficiente mantenimiento y limpieza de: los sistemas de filtración y refrigeración, los humidificadores, los materiales (como conductos y aislantes acústicos); y el aire interior, principalmente aerosoles producidos por la expectoración o el contacto con secreciones contaminadas de los ocupantes <sup>69</sup>. Los materiales de acabado también pueden contribuir a la proliferación de bacterias u hongos según su composición y características específicas <sup>121</sup>. Es de gran interés el comportamiento de los acabados interiores frente a la humedad y el vapor de agua, de tal forma que éstos participen en la regulación higrotérmica del espacio interior <sup>122</sup>.

Los efectos en la salud más significativos derivados de la exposición a esta contaminación son el aumento de síntomas respiratorios, alergias, infecciones (microbianas, víricas y hongos), asma y alteraciones del sistema inmunológico <sup>123</sup>.

En general, las actuaciones de remediación deben orientarse a corregir las causas de la humedad, ventilación, suciedad, temperatura, materiales dañados... Además de las necesarias operaciones de limpieza y desinfección mediante biocidas específicos <sup>69</sup> que estén autorizados por la Dirección General de Salud Pública y estén inscritos en el Registro Oficial de Biocidas.

## *Alérgenos de origen biológico*

Un alérgeno es cualquier sustancia que el organismo percibe como una amenaza, provocando que el sistema inmunitario produzca inmunoglobulina E <sup>124</sup>. Se han identificado hasta 300 productos en ambientes interiores con un alto poder alergénico en personas susceptibles. Los más comunes son excrementos de ácaros del polvo, mohos, caspa animal y restos de cucarachas. El polvo, que incluye pequeñas partículas de polen, esporas, mohos, fibras de tejido y caspa, es una fuente frecuente de trastornos alérgicos <sup>69</sup>.

Los síntomas más comunes incluyen rinitis, conjuntivitis, tos, dolor de cabeza, fatiga y crisis asmáticas. El asma es una enfermedad inflamatoria de las vías respiratorias, caracterizada por episodios de dificultad para respirar (disnea), tos y respiración sibilante. Estos brotes son más frecuentes en niños/as y su origen es multifactorial, incluyendo factores genéticos (susceptibilidad individual) y ambientales, como alérgenos (ácaros, polen, esporas de hongos), infecciones respiratorias e irritantes respiratorios (humo del tabaco) <sup>69</sup>.

Entre los alérgenos más comunes se encuentran aquellos relacionados con los animales de compañía (principalmente, perros y gatos), con los ácaros del polvo (artrópodos microscópicos presentes principalmente en ropa de cama, sofás, sillones, alfombras y moquetas y que se alimentan de las escamas dérmicas de las personas), el polen atmosférico y las esporas de los hongos <sup>69</sup>.

## Hongos

Los mohos son hongos microscópicos que se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza. Se han contabilizado, al menos, 600 géneros que pueden colonizar una gran variedad de medios como madera, papel, tejidos y alimentos, siempre que haya condiciones favorables de temperatura, humedad y nutrientes. La inhalación de esporas, fragmentos, metabolitos (principalmente, micotoxinas) y COV puede provocar reacciones inmunológicas alérgicas, efectos tóxicos e infecciones. La fuente principal de contaminación es el ambiente exterior, que se introduce en el interior de los establecimientos a través de medios mecánicos como las personas y el polvo. La humedad favorece el crecimiento de la mayoría de las especies de mohos, por lo que instalaciones mal ventiladas, con aislamiento deficiente en paredes o con grietas, son lugares propicios para su desarrollo. Del mismo modo, la instalación de ventanas nuevas en edificios construidos aumenta la estanqueidad del recinto, generando un desequilibrio en el régimen de ventilación de la vivienda reduciendo drásticamente la permeabilidad y favoreciendo que la humedad producida en la vivienda se acumule <sup>125</sup>. Cabe aclarar que el crecimiento de mohos no se limita a la superficie interior; puede germinar y expandirse fácilmente dentro de las envolventes de los edificios, principalmente a través de la condensación dentro de la estructura, impidiendo su visibilidad y agravando el problema <sup>126</sup>. Por lo tanto, la disponibilidad de agua es el factor crítico para su crecimiento <sup>69</sup>. Entre las fuentes de generación de estos contaminantes cabe mencionar los humidificadores ambientales por ultrasonidos, en cuya agua estancada los hongos pueden proliferar, dispersarse en el aire y depositarse en los filtros y en otros elementos del sistema de acondicionamiento de aire que no se encuentren en un estado adecuado <sup>127</sup>.

La principal forma de contagio de hongos es a través de la inhalación de aerosoles que contienen esporas de hongos o sus componentes (conidios o filamentos), seguida de la vía cutánea y la ingestión. Los síntomas clínicos van desde leves e inespecíficos, como malestar, fatiga, náuseas y dolores de cabeza, hasta reacciones alérgicas como rinitis, asma, sinusitis y conjuntivitis y, en casos raros, enfermedades pulmonares graves como la neumonitis por hipersensibilidad <sup>69</sup>.

## *Bacterias y virus*

Los ambientes interiores albergan una gran variedad de microorganismos, algunos propios de la microbiota de sus ocupantes, como las bacterias Gram positivas *Aerococcus spp*, *Streptococcus spp*, *Micrococcus spp*. La mayoría de ellos no son patógenos y otros sólo representan un peligro para la población vulnerable o inmunocomprometida <sup>69</sup>. La OMS ha publicado recientemente la lista de patógenos bacterianos prioritarios, como herramienta para la investigación e intervenciones de salud pública <sup>128</sup>. Es necesario controlar la presencia de microorganismos para evitar los efectos en la salud.

El origen de las bacterias transportadas en el aire puede ser muy diverso: de la piel humana, del cabello, de la actividad respiratoria o de la boca <sup>129</sup>. Del mismo modo, tanto la ocupación como las estrategias de ventilación adoptadas en los espacios interiores pueden definir la dinámica de las comunidades microbianas <sup>130</sup>. Asimismo, las bacterias pueden penetrar en los espacios interiores a través de ventanas, puertas y sistemas de HVAC, consiguiendo desarrollarse y distribuirse a través de estos <sup>127</sup>.

La legislación española es escasa en cuanto a la valoración de la contaminación biológica en ambientes interiores, a excepción de algunas generalidades establecidas en el RITE u otras normativas laborales <sup>69</sup>.

El Real Decreto 487/2022, de 21 de junio, por el que se establecen los requisitos sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis, indica como ámbito de aplicación las instalaciones, fijas y móviles, que puedan ser susceptibles de convertirse en focos de exposición humana a la bacteria y, por lo tanto, de propagación de la enfermedad de la legionelosis durante su funcionamiento, pruebas de servicio o mantenimiento.

Entre los métodos más empleados para eliminar o limitar el crecimiento de la bacteria se encuentran: tratamientos físicos (principalmente por aumento de la temperatura), tratamientos químicos (biocidas, toxinas metálicas, etc.), radiación UV, catalizadores de óxido de titanio, así

como un buen diseño y mantenimiento de equipos como filtros, recuperadores, purgas, limpiezas mecánicas, materiales de relleno y juntas adecuadas <sup>127</sup>.

En cuanto a las acciones más destacadas en la prevención y el control de *Legionella* se encuentran el Plan Sanitario frente a *Legionella* (PSL), de carácter voluntario, y el Plan de Prevención y Control de *Legionella* (PPCL), de carácter obligatorio para todas las instalaciones. El real decreto también establece la formación necesaria para el personal que realiza el proceso de certificación y controles externos, y refuerza aspectos sobre el diseño o los materiales empleados en las instalaciones y equipos para evitar la dispersión de *Legionella*. El 2 de julio de 2024 fue aprobada la modificación del real decreto con el objetivo de mejorar la seguridad y claridad de la gestión de las instalaciones que supongan un riesgo de legionelosis para la población. Entre los cambios cabe señalar la redefinición del concepto de “titular de la instalación”, incluyendo tanto a propietarios como explotadores de las instalaciones, así como la exigencia de que la toma de muestras para la determinación de *Legionella* se lleve a cabo únicamente por entidades o empresas acreditadas según la Norma UNE-EN-ISO/IEC 17025:2017. Asimismo, en la Disposición transitoria sexta, sobre la “Acreditación de la toma de muestras”, se indica que se concederá un periodo transitorio hasta el 1 de enero de 2030 para la acreditación de la entidad o empresa para la toma de muestras establecida en el artículo 11.5. No obstante, durante dicho plazo, la toma de muestras se llevará a cabo según lo establecido en el anexo VI.

Los virus como el SARS-CoV-2, la gripe o el virus sincitial, pueden transmitirse a través del aire mediante partículas en forma de pequeñas gotas y aerosoles. A raíz de la pandemia mundial iniciada en 2020, la evidencia sobre la transmisión de virus respiratorios en ambientes interiores ha aumentado <sup>131</sup>, así como la conciencia sobre la importancia de la monitorización de las concentraciones de CO<sub>2</sub> como valor de referencia asociado a la tasa de ocupación para identificar la necesidad de ventilación, ya sea natural (apertura de ventanas y puertas) o mecánica controlada, y/o sistemas mejorados de filtración del aire con el fin de reducir la concentración de contaminantes y evitar la propagación de patógenos en espacios interiores. En este contexto, diversas Comunidades y Ciudades Autónomas intensificaron los protocolos de inspección de CAI en los establecimientos como parte de las medidas contra el SARS-CoV-2, basándose en normativas existentes y nuevas regulaciones. Las guías de buenas prácticas y recomendaciones elaboradas durante la emergencia sanitaria se dirigieron principalmente a centros educativos y establecimientos de hostelería y ocio, aunque también a otros espacios, como gimnasios, viviendas o espacios culturales. Los aspectos más estudiados para prevenir la transmisión y, por lo tanto, aquellos que fueron trasladados a las medidas de prevención e inspección, fueron

principalmente el aforo, la concentración de CO<sub>2</sub> y la frecuencia de renovación de aire mediante ventilación, así como los parámetros de temperatura y humedad. En general, mayor ventilación se asocia con un menor riesgo medio de transmisión, sin embargo, los riesgos de transmisión individuales dependen de los patrones de flujo de aire, siendo de utilidad el empleo de modelos como los CFD, para mejorar los microambientes como las terrazas de bar interiores y semi-interiores, haciendo uso de la ventilación natural y/o asesorando en su diseño <sup>54</sup>.

Cabe señalar la Norma UNE 171380:2024, que tiene como objetivo definir el sistema de medición en continuo con registro de datos e información pública de la concentración absoluta de CO<sub>2</sub> para espacios interiores, incluyendo unos valores guía o umbrales recomendados. Se aplica en edificios de uso colectivo, tanto de nueva construcción como existentes, y complementa a otras normas sobre calidad de aire interior y muestreo de CO<sub>2</sub> que puede consultarse en el capítulo 2 “normas para consulta”. Esta norma, de adscripción libre y complementaria a la legislación vigente en edificación (CTE y RITE), busca mantener, a nivel probabilístico, un nivel de riesgo relativo suficientemente bajo en interiores, en relación con la transmisión de enfermedades por vía respiratoria.



## Plan de Control de Calidad ambiental en interiores



La Norma **UNE 171330:2024** describe la metodología para llevar a cabo un **Plan de Control de Calidad ambiental en interiores**, aplicable a todo tipo de recintos, instalaciones y edificaciones, incluyendo áreas comunes de hospitales (hospitalización, consultas, zonas ambulatorias, etc.), pero no así a las salas de ambiente controlado (quirófanos, UCI, etc.) cuyos niveles de calidad del aire son más exigentes y quedan dentro del ámbito de aplicación de la UNE 171340. La Norma UNE 171330:2024 no aplica a espacios destinados “exclusivamente” a la actividad desarrollada en procesos industriales y/o agrícolas, mientras que la calidad ambiental en interiores de establecimientos hoteleros entra dentro del campo de aplicación de la Norma UNE 171350:2016.

Si bien la norma reconocida por el RITE es la UNE 171330-2:2014 (ver el apartado *Marco Normativo*), en esta guía se ha decidido tomar como referencia para la metodología del Plan de Control de la Calidad ambiental en interiores la Norma UNE 171330:2024, al ser más completa y actualizada.

Es importante destacar que las normas UNE tienen carácter voluntario, es decir, no son de obligado cumplimiento, salvo que sean mencionadas expresamente en una legislación o reglamento vigente, o exigidas contractualmente. No obstante, su aplicación es altamente recomendable, ya que representan el consenso técnico y las buenas prácticas reconocidas en cada sector.

En los anexos de esta guía puede consultarse una versión abreviada de la Norma UNE 171330:2024 en relación con: el listado de parámetros complementarios y valores de referencia (Anexo A), el de chequeo de evaluación higiénica de sistemas (Anexo B) y las fichas de ensayo de parámetros obligatorios (Anexo C).

El proceso del plan de control de CAI incluye las siguientes fases:

## *Identificación*

Se trata de un inventario de aspectos o elementos que pueden afectar a la CAI del edificio. Para ello, es necesario recopilar la información correspondiente (proyecto, planos, planes de mantenimiento, etc.), pudiendo realizar una visita de los espacios que son objeto de estudio y recoger datos sobre quejas de los ocupantes, informes de CAI previos o cualquier otra información que pueda resultar relevante.

- Ubicación: análisis de la categoría ODA: Aire que entra en el sistema procedente del exterior antes de cualquier tratamiento, de acuerdo con los requisitos de la Norma UNE 100718:2020.
- Usos, actividades, horarios y distribución del edificio, recopilando datos históricos y actuales.
- Materiales de construcción y decoración: composición, antigüedad, estado de conservación, etc., siendo recomendable tener en cuenta la Norma UNE 16798.
- Instalaciones de acondicionamiento de aire y ventilación, de agua, de salubridad, depósitos de combustibles, de transporte vertical y comunicación entre plantas, de electricidad y telecomunicación, zonas de aparcamiento y almacenes y salas de usos especiales.
- Mantenimiento: procedimientos en materia de control integrado de plagas (Norma UNE-EN 16636:2015), listado y registro de las Fichas de Datos de Seguridad de los productos químicos usados en elementos de decoración, limpieza, biocidas, procedimientos de limpieza y desinfección de unidades de climatización y redes de conductos, registros y documentación acreditativa de los tratamientos higiénico-sanitarios obligatorios en base a la normativa vigente que afecta a la CAI y la salud pública (legionelosis, potabilidad del agua, piscinas, ...), así como registros del resto de actuaciones y cualquier otra documentación que se considere relevante.
- Remodelación: procedimientos de remodelación para asegurar la CAI, listado y registro de las Fichas de Datos de Seguridad de los productos químicos cuando aplique (productos para decoración, limpieza, ...) y registro de las actuaciones.
- Usuarios: pueden constituir una fuente importante de contaminación química y biológica (transmisión aérea por gotas o aerosoles). Para las enfermedades infecciosas que se transmiten por el aire es recomendable valorar el tratamiento del aire, a través de la ventilación, la filtración y la purificación, como métodos de prevención.

## Decisión

Consiste en la evaluación del riesgo potencial sobre la CAI de los aspectos identificados anteriormente por parte del TSCAI mediante observación visual y/o revisión de datos

documentales. La decisión puede apoyarse en cualquier método aceptado de valoración del riesgo, o en la siguiente matriz de probabilidad/efectos:

PROBABILIDAD EFECTOS	BAJA (nunca ocurrió)	MEDIA (ocurrió alguna vez)	ALTA (ocurrió el último año)	MUY ALTA (ocurrió en los últimos 6 meses)
LIGEROS	NO SIGNIFICATIVO	RE-EVALUAR PERIÓDICAMENTE	RE-EVALUAR PERIÓDICAMENTE	VALORAR
CONSIDERABLE	RE-EVALUAR PERIÓDICAMENTE	RE-EVALUAR PERIÓDICAMENTE	VALORAR	VALORAR
GRAVES	VALORAR	VALORAR	VALORAR	VALORAR

La probabilidad de que algo ocurra se basará en experiencias y datos previos. Se considera *efecto ligero* cuando las alteraciones no supondrían daños graves ni grandes desequilibrios en la CAI, ni tendrían repercusión inmediata en los usuarios, requiriendo acciones correctoras a medio/largo plazo y siendo recomendable no superar el plazo de 3 años. Un *efecto considerable* supondría graves daños en la CAI y/o alteraría el confort de los usuarios, precisando acciones correctoras a corto plazo (uno o varios meses), siendo recomendable no superar un plazo superior a 6 meses. El *efecto grave* implicaría graves daños en la CAI y la probabilidad de alteración de salud de los usuarios, requiriendo la aplicación de acciones correctoras inmediatas y siendo recomendable no superar el plazo de un mes.

## Revisión

Cuando los aspectos ambientales han sido evaluados como significativos, se procede a *valorar* el riesgo real en base a ensayos, mediciones directas, reconocimientos visuales y/o revisiones documentales, con el objetivo de determinar si las situaciones potencialmente negativas están afectando a la CAI actualmente o no.

### Parámetros a analizar

A continuación, se incluyen unas listas de verificación con los parámetros mínimos obligatorios y complementarios que deben analizarse en el proceso de revisión de CAI. Los parámetros complementarios deben ser analizados en función del inventario de aspectos o elementos que pueden afectar a la CAI y su evaluación.

## Lista de chequeo de parámetros mínimos obligatorios

<b>PARÁMETROS MÍNIMOS OBLIGATORIOS*</b> (periodicidad anual)	<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>	<b>ANOTACIONES</b>
Evaluación higiénica de los sistemas de tratamiento del aire (equipos de climatización y/o ventilación y redes de conductos asociados)	Deben realizarse reconocimientos visuales y tomas de muestras. La lista de chequeo de la evaluación higiénica de los sistemas de climatización se encuentra en el <b>Anexo B</b> .	
Temperatura seca	Las fichas de ensayos de parámetros ambientales obligatorios se encuentran en el <b>Anexo C</b> .	
HR		
CO <sub>2</sub>		
CO		
Determinación de partículas PM <sub>2,5</sub>		
Conteo de partículas en suspensión (tamaños 0,5 y 5 µm)		
Flora aerobia mesófila en suspensión en ambiente (bacterias)		
Flora fúngica en suspensión en ambiente (hongos)		
COVT		

\*La justificación para la medición de estos parámetros se encuentra descrita en la Tabla 2, Norma UNE 171330:2024.

## Lista de chequeo de parámetros complementarios

<b>PARÁMETROS COMPLEMENTARIOS*</b> (periodicidad a criterio del TSCAI)	<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b> El listado de parámetros complementarios y valores de referencia se encuentra en el <b>Anexo A</b> .	<b>ANOTACIONES</b>
Iluminación ambiental		
Ruido ambiental		
Campos electromagnéticos		
Campo eléctrico		
Electricidad estática		
Alérgenos (ácaros, animales domésticos, etc.) y sensibilizantes	La presencia de moquetas, textiles o alta HR puede favorecer el desarrollo de ácaros y otros alérgenos. Algunos agentes químicos pueden desencadenar reacciones sensibilizantes o de tipo alérgico.	
Endotoxinas y micotoxinas	En caso de sospechas de sensibilización, conductos muy sucios, presencia de hongos visibles o humedades, olores a moho, etc.	
Gas radón	Debe analizarse en cualquier edificio usando como prioridad las zonas de categoría 1 y 2 según la clasificación del CTE.	
Olores		
HCHO	En edificios de reciente construcción o remodelación en aquellos en los que se empleen aromatizantes.	
O <sub>3</sub>	En entornos con elevados niveles exteriores y en edificios dotados de gran número de equipamiento ofimático de fotocopiado, reprografía, sistemas de ozonificación, equipos electrostáticos, etc.	
NO <sub>x</sub>	En entornos con elevados niveles en exteriores y siempre que se detecten concentraciones elevadas de CO.	
SO <sub>2</sub>	En entornos con elevados niveles exteriores y siempre que se detecten concentraciones elevadas de CO.	
Análisis del confort térmico	En caso de quejas generalizadas de confort térmico. Se debe analizar temperatura seca y radiante, HR, velocidad del aire y estimar el grado de vestimenta y la actividad metabólica. Norma UNE-EN ISO 7730:2006.	
Fibra de vidrio		
Hongos y bacterias en suspensión en el interior de los conductos	En el caso de que los resultados de microbiología ambiental sean no conformes.	

\*El TSCAI debe justificar la necesidad de medir estos parámetros en base a los criterios que figuran en la Tabla 3, Norma UNE 171330:2024.

## Métodos de ensayo y valores de referencia

PARÁMETRO	MÉTODO	VALORES DE REFERENCIA				
		Valor Aceptable			Valor Límite Máximo	
Evaluación higiénica de los sistemas de climatización	Reconocimiento visual de equipos con documentación gráfica según anexo A	IDA 1		IDA 2	IDA 3 y 4	
		Salas Limpias	Otros usos			
		Ensayo de adherencia (tira adhesiva) en conducto impulsión SUP. (mg/100 cm <sup>2</sup> )	<10	<12	<15	<35
	Ensayo de adherencia (tira adhesiva) en conducto de aire extraído ETA (retorno) (mg/100 cm <sup>2</sup> )	<20	<24	<30	<50	
	Ensayo de aspiración (casete) en conducto de impulsión SUP. (mg/100 cm <sup>2</sup> )	<6	<8	<10	<30	
	Ensayo de aspiración (casete) en conducto de aire extraído (retorno). (mg/100 cm <sup>2</sup> )	<12	<16	<20	<45	
	Ensayo microbiológico en superficie de bacterias y en la base de los conductos de impulsión SUP. (UFC/25 cm <sup>2</sup> )	Bacterias	<10	<25	<75	<100
		Hongos	<10	<25	<75	<100
	Ensayo microbiológico en la base de los conductos de extraído ETA (retorno). (UFC/25 cm <sup>2</sup> )	Bacterias	<15	<50	<100	<100
		Hongos	<15	<50	<100	<100
Temperatura seca y HR <sup>(1)</sup>	Lectura directa con: Sensor de temperatura: Termistor o similar  Sensor de HR: Capacitivo de película o similar (Temperatura: °C, HR: %)	Primavera-Verano: 22-27°C 40-70%  Otoño-Invierno: 19-25°C 30-60%			Temperatura seca (todo el año) 17°C/27°C (actividades sedentarias) 14°C-25°C (trabajos ligeros) HR 30%-70%	
CO <sub>2</sub> (Relación interior-exterior)	Lectura directa Equipo basado en Sensor de Infrarrojos No Dispersivos o equivalente. (ppm)	IDA 1 <sup>(2)</sup> – otros usos	IDA 2	IDA 3 y 4	2500 ppm (valor absoluto medido)	
		< 350 ppm	< 500 ppm	< 800 ppm		
CO	Determinación con Equipo basado en Sensor Electroquímico (ppm)	< 3 ppm			9 ppm	

PARÁMETRO	MÉTODO	VALORES DE REFERENCIA				
		Valor Aceptable			Valor Límite Máximo	
Masa de partículas en suspensión (PM <sub>2,5</sub> )		IDA 1 <sup>(2)</sup> – otros usos	IDA 2	IDA3 y 4	50 µg/m <sup>3</sup>	
		< 10 µg/m <sup>3</sup>	< 15 µg/m <sup>3</sup>	< 30 µg/m <sup>3</sup>		
Conteo de partículas (Relación interior/externo)	Medición directa. Lector óptico basado en láser. (Nº de partículas)	Partículas de 0,5 micras:			35.200.000 partículas de 0,5 micras/m <sup>3</sup>	
		IDA 1 <sup>(2)</sup> – otros usos	IDA 2	IDA3 y 4		
		≤ 1,3	≤ 1,5	≤ 2	293.000 partículas de 5 micras/m <sup>3</sup>	
		Partículas de 5 micras:				
IDA 1 <sup>(2)</sup> – otros usos	IDA 2	IDA3 y 4				
≤ 0,9	< 1,1	< 1,5				
Bacterias y hongos en suspensión	Determinación mediante: Muestreador por filtración y/o por impacto. (UFC/m <sup>3</sup> )		IDA 1 <sup>(2)</sup> – otros usos	IDA 2	IDA3 y 4	No definido
		Bacterias	< 200 UFC/m <sup>3</sup>	< 400 UFC/m <sup>3</sup>	< 600 UFC/m <sup>3</sup>	
		Hongos	< 100 UFC/m <sup>3</sup>	< 150 UFC/m <sup>3</sup>	< 200 UFC/m <sup>3</sup>	
		Cuando se superen estos valores se deben tener en cuenta los valores exteriores según la tabla 6 de la Norma UNE 171330:2024.				
COVT <sup>(3)</sup>	Determinación mediante: 1. Captación sobre tubo absorbente con bomba de bajo caudal y cromatografía de gases en laboratorio. 2. Detectores de gases FID-PID o método equivalente con resolución por debajo de 25 µg/m <sup>3</sup> . (µg/m <sup>3</sup> )	IDA 1 y 2		IDA 3 y 4		3.000 µg/m <sup>3</sup> Concentración en equivalentes de Tolueno
		< 200 µg/m <sup>3</sup> Concentración en equivalentes de Tolueno		< 600 µg/m <sup>3</sup> Concentración en equivalentes de Tolueno		

(1) Para entornos con tasa de actividad metabólica de 1,2 MET, grado de vestimenta de 0,5 clo en verano y 1 clo en invierno dando un PPD del 15%. Para entornos que no cumplan estas condiciones, es de aplicación la Norma UNE-EN ISO 7730:2006. El cumplimiento del aspecto energético establecido en el RITE en la IT 3.8 no es objeto de esta norma. La valoración de la HR puede variar cuando el edificio sea de construcción posterior a la entrada en vigor del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, y en función del criterio del técnico que realiza la revisión en edificios con riesgos especiales, por ejemplo, de lipoatrofia semicircular.

(2) Para entornos de salas limpias o de ambiente controlado los valores de referencia, siempre que sean aplicables, son los indicados en la Norma UNE 171340:2020.

(3) Cuando se supere el Valor Aceptable en cualquier punto, se recomienda realizar una identificación de COVT, mediante captación sobre tubo adsorbente y análisis en laboratorio (anexo C).

(4) En locales singulares como los supermercados (IDA 3), donde debido a su especial uso existen fuentes generadoras de esporas fúngicas, los valores de confort para hongos se deben incrementar en un factor de 1,5.

La relación interior/externo de bacterias y hongos se recoge en la Tabla 8, Norma UNE 171330:2024.

- Número de puntos de muestreo de parámetros mínimos obligatorios: A excepción de la evaluación higiénica de sistemas de aire acondicionado, se debe calcular en base a la fórmula:  $P=0,15 \times \sqrt{S}$ , siendo **P** el número de puntos mínimos obligatorios de muestreo ambiental en el interior y **S** la superficie útil en m<sup>2</sup>.
- Estrategia de muestreo: Se debe realizar al menos una medición en el exterior de todos los parámetros mínimos obligatorios, mientras que para los parámetros complementarios queda a criterio del TSCAI, siendo necesario muestrearse los puntos significativos donde pudieran darse focos de emisión o situaciones problemáticas. Si bien el tiempo idóneo de muestreo para todos los parámetros debería cubrir todo el periodo de uso del edificio para obtener un valor promedio diario, en determinadas circunstancias se considera que varias mediciones puntuales a lo largo del día podrían ser representativas de la exposición. La distancia de muestreo desde la superficie interior del elemento, así como otras especificaciones, se encuentran recogidas en la Tabla 4, Norma UNE 171330:2024.
- Descripción de sistemas de ventilación y acondicionamiento de aire (SVAA): Los sistemas de ventilación y aire acondicionado pueden clasificarse por diferentes métodos, si bien el más común se basa en el tipo de fluido caloportador (agua, aire o refrigerante) que se emplea en la distribución, desde la producción de frío/calor hasta la emisión de la energía al aire interior del edificio. Estas instalaciones se subdividen en: sistemas todo-aire, sistemas todo agua o sistemas agua-aire, los cuales se encuentran descritos en la Norma UNE-EN 16798-3.
- Determinación del número de puntos de muestreo para evaluación higiénica de sistemas: Los ensayos que deben llevarse a cabo por sistema para la evaluación higiénica, así como los ensayos a realizar por tipo de sistema en cada edificio se encuentran recogidos en las Tablas 5 y 6, Norma UNE 171330:2024, respectivamente.
- Métodos de ensayo y criterios de valoración: Los métodos de ensayo y sus criterios de valoración se muestran en la Tabla 6, Norma UNE 171330:2024.

La calidad ambiental en interiores sirve no solo para proteger la salud de los usuarios sino también su bienestar y confort, por ello la estructura del modo de valoración de resultados se basa en dos criterios:

- Valor aceptable: Es un valor cuyo objetivo es preservar el bienestar y la salud de los ocupantes.

- Valor Límite Máximo: Representa una concentración o valor absoluto que no debe sobrepasarse nunca y que en caso de superarse una sola vez y para un único parámetro supondría una No conformidad total del edificio o instalación estudiada.

Conforme a los requisitos del RITE, en base al uso del edificio o local, la categoría de calidad ambiental en interiores (IDA) que debe alcanzarse en aquellos parámetros en los que aplique es, como mínimo, la siguiente:

- IDA 1 (aire de óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
- IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables, y piscinas.
- IDA 3 (aire de calidad media): edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.
- IDA 4 (aire de calidad baja).

En el caso de contaminantes microbiológicos, cuando se supere el Valor Aceptable, se aplican los factores de la siguiente tabla considerando el punto conforme si no se superan estas ratios.

## Resultado

Para saber si es aceptable la CAI, se comparan los valores obtenidos en la revisión con los establecidos en esta norma, obteniendo un resultado del tipo *conforme* o *no conforme*.

La conformidad del edificio (o del área estudiada) depende del cumplimiento de los siguientes requisitos:

- ✓ Para los parámetros de determinación obligatoria, al menos, el 75% de los puntos analizados para cada uno se encuentra por debajo de los Valores Aceptables. El porcentaje se aplica para cada uno de los parámetros, no para el conjunto. Por ejemplo, si se han realizado 10 mediciones de dióxido de carbono y 3 de ellas han resultado por encima del Valor Aceptable, se tendría un 30% de superaciones y, por tanto, el edificio sería No conforme, independientemente de los resultados de todos los demás parámetros evaluados.

- ✓ En el caso de obtener no conformidad en algún parámetro, se ha identificado la causa de la desviación del Valor Aceptable y se han propuesto acciones correctoras.
- ✓ Ninguna de las mediciones de cualquiera de los parámetros evaluados sobrepasa su Valor Límite Máximo. Por ejemplo, si una de las 10 mediciones realizadas de dióxido de carbono fuese superior a 2500 ppm, el edificio sería No conforme, independientemente de los resultados de todos los demás parámetros.
- ✓ Otros factores ambientales de especial riesgo tales como la presencia de amianto o de instalaciones de riesgo de *Legionella pneumophila*, lipoatrofia semicircular u otros identificados por el TSCAI durante su revisión, se encuentran bajo control.
- ✓ El control de la CAI en salas de ambiente controlado de hospitales y centros sanitarios debe realizarse de forma obligatoria bajo la Norma UNE 171340.
- ✓ Teniendo en cuenta las características de los establecimientos hoteleros, se recomienda realizar una evaluación de acuerdo con la Norma UNE 171350. Sin embargo, el control de la CAI en este tipo de establecimientos se debe hacer como mínimo según la Norma UNE 171330.

El **informe de revisión** del edificio sobre el cual se pretende declarar conformidad en cuanto a la CAI debe incluir, al menos, la siguiente información:

- ✓ Titular del edificio que solicita la declaración de conformidad.
- ✓ Declaración Responsable de ausencia de conflicto de intereses (del TSCAI en relación con la separación jurídica y funcional de la entidad que realiza la revisión de la CAI con respecto a la ejecución de actividades que pudieran comprometer sus resultados).
- ✓ Dirección del edificio.
- ✓ Superficie útil del edificio. Determinación del número de puntos de muestreo.
- ✓ Superficie revisada.
- ✓ Nº de plantas.
- ✓ Descripción del edificio.
- ✓ Descripción del sistema de climatización del edificio.
- ✓ Descripción de la ventilación del edificio e identificación de todas las tomas de aire exterior.

- ✓ Resultados de los parámetros ambientales revisados especificando las localizaciones de medida.
- ✓ Identificación de los métodos de ensayo y límite inferior de detección de éstos.
- ✓ Resultados de los reconocimientos visuales sobre la higiene de los sistemas identificando las unidades revisadas (véase Anexo B, Norma UNE 171330:2024).
- ✓ Justificación de selección de parámetros.
- ✓ Identificación de causas posibles de puntos fuera de norma y acciones correctoras propuestas.
- ✓ Declaración de conformidad.
- ✓ Identificación de la formación del Técnico Superior y del Técnico Medio.
- ✓ Certificado de calibración de los equipos utilizados.
- ✓ Justificación de ausencia de otros problemas ambientales (amianto, *Legionella*, etc.).
- ✓ Fecha de realización de la revisión.
- ✓ Paginado nº de página/nº de páginas totales.
- ✓ Código de referencia único del informe.

## Acciones correctoras

Cuando el resultado de la revisión es *no conforme*, es necesario identificar las causas y definir las acciones correctoras precisas. Para cualquier desviación de las mediciones de los parámetros en relación con los Valores Aceptables, se debe detectar la causa y proponer acciones correctoras independientemente de la conformidad o no del edificio. Tras la implantación de las acciones correctoras, debe realizarse una nueva valoración hasta obtener un resultado *conforme*.

## Control periódico

Si bien la CAI debe ser supervisada anualmente como mínimo, es conveniente hacerlo semestralmente coincidiendo con los cambios de temporada (fría/cálida). En este sentido, es recomendable realizar las inspecciones de los sistemas de ventilación y aire acondicionado, tanto en modo refrigeración como en modo calefacción.

# MARCO NORMATIVO



Actualmente, no existe una legislación específica y unificada en España que regule de forma integral la calidad del ambiente en interiores, por tanto, en este apartado se enumera la normativa que se debe tener en cuenta para llevar a cabo acciones en materia de CAI. Alguna de esa normativa contempla aspectos generales y, en otros casos, contienen apartados más específicos, con actuaciones concretas que se deberán efectuar por las autoridades sanitarias competentes en dicho ámbito.

Es importante señalar que esta guía pretende resumir la legislación aplicable a la CAI para facilitar las actuaciones de las autoridades sanitarias competentes en el ámbito de inspección en CAI sin detallar de forma exhaustiva todas estas actuaciones, ya que, por la complejidad y extensión del ámbito de la CAI, el resultado final sería un documento demasiado extenso y poco práctico. Por ello, se aconseja consultar la legislación original que se menciona en esta guía.

Cabe aclarar que en este documento no se aborda la CAI en el ámbito laboral, ya que existe una extensa legislación que regula las medidas de prevención y control de los principales contaminantes. No obstante, en el apartado de legislación nacional se incluye un apartado específico que resume la legislación aplicable en materia de seguridad laboral.

## Legislación europea

### *Control de la CAI*

- [Directiva 2008/50/CE del Parlamento y del Consejo de 21 de mayo de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa](#)

Esta normativa establece medidas destinadas a:

- 1) definir y establecer objetivos de calidad del aire ambiente para evitar, prevenir o reducir los efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente en su conjunto;
- 2) evaluar la calidad del aire ambiente en los Estados miembros basándose en métodos y criterios comunes;
- 3) obtener información sobre la calidad del aire ambiente con el fin de ayudar a combatir la contaminación atmosférica y otros perjuicios y controlar la evolución a largo plazo y las mejoras resultantes de las medidas nacionales y comunitarias;
- 4) asegurar que esa información sobre calidad del aire ambiente se halla a disposición de los ciudadanos;
- 5) mantener la calidad del aire, cuando sea buena, y mejorarla en los demás casos;

- 6) fomentar el incremento de la cooperación entre los Estados miembros para reducir la contaminación atmosférica.
- [Directiva \(UE\) 2024/2881 del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2024 sobre la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.](#)

La presente Directiva establece disposiciones sobre la calidad del aire con el fin de alcanzar un objetivo de ausencia de contaminación, de modo que la calidad del aire en la Unión mejore progresivamente hasta alcanzar niveles que ya no se consideren nocivos para la salud humana, los ecosistemas naturales y la biodiversidad, tal como se definen en los mejores y más actualizados datos científicos disponibles, contribuyendo así a un entorno sin sustancias tóxicas a más tardar en 2050.

Asimismo, dispone valores límite, valores objetivo, obligaciones de reducción de la exposición media, objetivos en materia de concentración de la exposición media, niveles críticos, umbrales de alerta, umbrales de información y objetivos a largo plazo.

## *Ventilación y climatización*

- [Reglamento \(UE\) N.º 1253/2014 de la Comisión de 7 de julio de 2014 por el que se desarrolla la Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que se refiere a los requisitos de diseño ecológico aplicables a las unidades de ventilación](#)

El presente Reglamento se aplica a las unidades de ventilación y establece los requisitos de diseño ecológico para su introducción en el mercado o puesta en servicio.

## *Agentes físicos y químicos*

- [Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental](#)

Esta normativa tiene por objeto establecer un enfoque común destinado a evitar, prevenir o reducir con carácter prioritario los efectos nocivos, incluyendo las molestias, de la exposición al ruido ambiental. Con este fin, se aplicarán progresivamente las medidas siguientes:

- a) la determinación de la exposición al ruido ambiental, mediante la elaboración de mapas de ruidos según métodos de evaluación comunes a los Estados miembros;

- b) poner a disposición de la población la información sobre el ruido ambiental y sus efectos;
- c) la adopción de planes de acción por los Estados miembros, tomando como base los resultados de los mapas de ruidos, con vistas a prevenir y reducir el ruido ambiental siempre que sea necesario y, en particular, cuando los niveles de exposición puedan tener efectos nocivos en la salud humana, y a mantener la calidad del entorno acústico cuando ésta sea satisfactoria.

Asimismo, tiene por objeto sentar unas bases que permitan elaborar medidas comunitarias para reducir los ruidos emitidos por las principales fuentes, en particular vehículos e infraestructuras de ferrocarril y carretera, aeronaves, equipamiento industrial y de uso al aire libre y máquinas móviles.

- [Recomendación del Consejo de 30 de noviembre de 2009 sobre los entornos libres de humo](#)

Su finalidad es recomendar que los Estados Miembros protejan eficazmente contra la exposición al humo del tabaco en los lugares de trabajo interiores, los lugares públicos cerrados, los medios de transporte público y, según proceda, otros lugares públicos y elaboren y consoliden estrategias y medidas para reducir la exposición al humo del tabaco ajeno de niños y adolescentes, entre otras.

Asimismo, invita a la Comisión a informar sobre la aplicación, el funcionamiento y el impacto de las medidas propuestas, así como examinar todas aquellas medidas relacionadas con los productos del tabaco que ayuden a reducir la atracción que ejercen estos productos y sus efectos adversos.

- [Recomendación de la Comisión del 21 de febrero de 1990 relativa a la protección de la población contra los peligros de una exposición al radón en el interior de edificios](#)

Este documento recomienda que se establezca un sistema adecuado para limitar toda exposición a las concentraciones de radón en el interior de edificios.

- [Directiva 2004/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de abril de 2004 relativa a la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles \(COV\) debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas pinturas y barnices y en los productos de renovación del acabado de vehículos, por la que se modifica la Directiva 1999/13/CE](#)

El objetivo de la presente Directiva es limitar el contenido total de COV de determinadas pinturas, barnices y productos de renovación del acabado de vehículos con el fin de prevenir o reducir la contaminación atmosférica debida a la contribución de los COV a la formación de O<sub>3</sub> troposférico. Para alcanzar dicho objetivo, esta armoniza las especificaciones técnicas de determinadas pinturas, barnices y productos de renovación del acabado de vehículos.

- [Reglamento \(CE\) N.º 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de diciembre de 2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos \(REACH\), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos, se modifica la Directiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento \(CEE\) no 793/93 del Consejo y el Reglamento \(CE\) no 1488/94 de la Comisión, así como la Directiva 76/769/CEE del Consejo y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y 2000/21/CE de la Comisión](#)

Este tiene como finalidad garantizar un alto nivel de protección de la salud humana y del medio ambiente, incluido el fomento de métodos alternativos para evaluar los peligros que plantean las sustancias, así como la libre circulación de sustancias en el mercado interior, al tiempo que se potencia la competitividad y la innovación.

- [Reglamento \(CE\) N.º 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento \(CE\) N.º 1907/2006](#)

El objetivo del presente Reglamento es garantizar un nivel elevado de protección de la salud humana y del medio ambiente, así como la libre circulación de sustancias, mezclas y artículos a que se refiere en esta misma normativa. Asimismo, los fabricantes, importadores y usuarios intermedios deberán clasificar las sustancias o mezclas antes de comercializarlas, de conformidad con este mismo Reglamento.

El Anexo VI de este incluye clasificaciones armonizadas para numerosas sustancias químicas peligrosas. Entre ellas, se encuentran sustancias mencionadas en esta guía, como el monóxido de carbono, el dióxido de nitrógeno, el benceno, el formaldehído, el tricloroetileno y el tetracloroetileno. Estas clasificaciones establecen los peligros físicos, para la salud y para el medio ambiente asociados a cada sustancia, y son de obligado cumplimiento en toda la Unión Europea

- [Reglamento \(UE\) N.º 528/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo de 22 de mayo de 2012 relativo a la comercialización y el uso de biocidas](#)

La finalidad de esta normativa es mejorar el funcionamiento del mercado interior mediante la armonización de las normas sobre la comercialización y el uso de biocidas, garantizando al mismo tiempo un nivel de protección elevado de la salud humana y animal y del medio ambiente. Cabe destacar que las disposiciones de este se basan en el principio de cautela, cuyo objetivo es proteger la salud humana y animal y el medio ambiente.

- [Directiva 2013/59/EURATOM del Consejo de 5 de diciembre de 2013 por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes, y se derogan las Directivas 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom y 2003/122/Euratom](#)

Esta directiva establece normas básicas de seguridad uniformes aplicables a la protección de la salud de las personas sometidas a exposición ocupacional, médica y poblacional frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes.

- [Reglamento delegado \(UE\) N.º 1062/2014 de la Comisión de 4 de agosto de 2014 relativo al programa de trabajo para el examen sistemático de todas las sustancias activas existentes contenidas en los biocidas que se mencionan en el Reglamento \(UE\) N.º 528/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo](#)

En el artículo 6 de esta normativa se considera que, si la autoridad competente evaluadora considera que hay motivos de preocupación para la salud humana o animal o el medio ambiente como resultado de los efectos acumulativos derivados del uso de biocidas que contienen la misma sustancia activa o sustancias activas diferentes, documentará estos motivos e incluirá dicha información como parte de sus conclusiones.

Reglamento (UE) 2023/1464 de la Comisión de 14 de julio de 2023 por el que se modifica el anexo XVII del Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que respecta al formaldehído y a los liberadores de formaldehído.

El anexo XVII del Reglamento (CE) nº1907/2006 (anteriormente mencionado) queda modificado con arreglo a lo dispuesto en el anexo del presente Reglamento.

- [Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre “Erradicar el amianto en la UE” \(2015/C 251/03\)](#)

En este se establece que la completa eliminación de todo el amianto usado y de todos los productos que contengan amianto debe ser un objetivo prioritario de la UE. Este objetivo se fija para finales de 2032.

## Otras

- [Decisión \(UE\) 2016/1332 de la comisión de 28 de julio de 2016 por la que se establecen los criterios ecológicos para la concesión de la etiqueta ecológica de la UE al mobiliario](#)

Considera que, en virtud del Reglamento (CE) nº 66/2010, puede concederse la etiqueta ecológica de la UE a productos de impacto medioambiental reducido durante todo su ciclo de vida. Ésta sustituye a la anterior Decisión 2009/894/CE, la cual establecía los criterios ecológicos aplicables a los muebles de madera, así como los requisitos de evaluación y verificación correspondientes.

Los criterios ecológicos revisados pretenden el fomento de materiales producidos de forma más sostenible, que se limite la utilización de compuestos peligrosos, los niveles de residuos peligrosos y la contribución del mobiliario a la contaminación del aire interior, asimismo promueve un producto duradero y de alta calidad que resulte fácil de reparar y desmontar.

- [Directiva 2024/1275 del Parlamento Europeo y del Consejo de 24 de abril de 2024 relativa a la eficiencia energética de los edificios](#)

En esta directiva se menciona que los Estados miembros establecerán requisitos para la aplicación de normas adecuadas de calidad ambiental interior en los edificios, a fin de mantener un ambiente interior saludable.

- [Reglamento \(UE\) 2024/1781 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de junio de 2024, por el que se instaure un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos sostenibles, se modifican la Directiva \(UE\) 2020/1828 y el Reglamento \(UE\) 2023/1542 y se deroga la Directiva 2009/125/CE](#)

Establece un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico que deben cumplir los productos para su introducción en el mercado o su puesta en servicio, con el objetivo de mejorar la sostenibilidad medioambiental de los productos para hacer de los productos sostenibles la norma y reducir la huella de carbono y la huella medioambiental global de los productos a lo largo de su ciclo de vida, y de garantizar su libre circulación en el mercado interior. Establece además un pasaporte digital del producto, dispone el

establecimiento de requisitos obligatorios de contratación pública ecológica y crea un marco para prevenir la destrucción de productos de consumo no vendidos.

En su anexo I indica que, uno de los parámetros de los productos, según proceda y, en caso necesario, complementados con otros, que se utilizarán, de forma individual o combinados, como base para mejorar los aspectos del producto será “las emisiones a la atmósfera, el agua o el suelo en una o varias etapas del ciclo de vida del producto, expresadas mediante las cantidades y la naturaleza de las emisiones, incluido el ruido”.

## Legislación nacional

### *Control de la CAI*

- **Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera**

En el preámbulo de esta ley, se indica que “existen niveles de contaminación con efectos adversos muy significativos para la salud humana y el medio ambiente, particularmente, en las aglomeraciones urbanas. En concreto, en el caso de España, las evaluaciones de calidad del aire demuestran que nuestros principales problemas son similares a los de otros países europeos, aunque, en algunos casos, agravados por nuestras especiales condiciones meteorológicas y geográficas”. Asimismo, en el preámbulo se indica que esta ley “también pretende ser lo suficientemente flexible como para posibilitar los oportunos desarrollos reglamentarios que se precisen según se vayan registrando avances en la política de calidad del aire y de protección del ambiente atmosférico”.

El Capítulo I (Disposiciones generales) de esta ley, dispone en su Objeto, que el mismo es establecer las bases en materia de prevención, vigilancia y reducción de la contaminación atmosférica con el fin de evitar, y cuando esto no sea posible, aminorar los daños que de ésta puedan derivarse para las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza.

En este mismo capítulo se recoge el ámbito de aplicación, que son todas las fuentes de los contaminantes del Anexo I de esta ley, correspondientes a las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera enumeradas en el Anexo IV, ya sean de titularidad pública o privada. Asimismo, quedan excluidos del mismo y se regirán por su normativa específica: los ruidos y vibraciones, las radiaciones ionizantes y no ionizantes y los contaminantes biológicos. Tampoco aplica esta ley a las medidas de control de los riesgos inherentes a los

accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas y las actividades correspondientes de protección de personas y bienes (se registrarán por la normativa específica de protección civil).

▪ [Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire](#)

Esta normativa tiene por objeto:

- Definir y establecer objetivos de calidad del aire, de acuerdo con el anexo III de la Ley 34/2007, con respecto a las concentraciones de SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, partículas, plomo, benceno, CO, O<sub>3</sub>, arsénico, cadmio, níquel y benzo(a)pireno en el aire ambiente.
- Regular la evaluación, el mantenimiento y la mejora de la calidad del aire en relación con las sustancias enumeradas en el apartado anterior y los HAP distintos al benzo(a)pireno.
- Establecer métodos y criterios comunes de evaluación de las concentraciones de las sustancias reguladas en el apartado 1, el mercurio y los HAP y de los depósitos de arsénico, cadmio, mercurio, níquel y HAP.
- Determinar la información a la población y a la CE sobre las concentraciones y los depósitos de las sustancias mencionadas en los apartados anteriores, el cumplimiento de sus objetivos de calidad del aire, los planes de mejora y demás aspectos regulados en la presente norma.
- Establecer, para el NH<sub>3</sub>, de acuerdo con el anexo III de la Ley 34/2007, métodos y criterios de evaluación y establecer la información a facilitar a la población y a intercambiar entre las administraciones.

Todo ello con la finalidad de evitar, prevenir y reducir los efectos nocivos de las sustancias mencionadas sobre la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.

▪ [Instrucción IS-47, de 9 de abril de 2025, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se aprueba el listado de términos municipales de actuación prioritaria contra el radón y se establecen directrices para las mediciones de radón en el aire interior de los centros de trabajo ubicados en ellos.](#)

Identifica los municipios de actuación prioritaria frente al radón y define las directrices para realizar mediciones de radón en el aire interior de los centros de trabajo ubicados en ellos.

## Edificación e Instalación

- [Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación \(LOE\)](#)

El objeto de esta ley, según se establece en el Preámbulo de esta, es establecer los requisitos básicos que deben satisfacer los edificios en cuanto a funcionalidad, seguridad y habitabilidad. Asimismo, también se definen las obligaciones de los distintos agentes implicados en el proceso de la edificación, entendiendo por tal la acción y el resultado de construir un edificio de carácter permanente, público o privado, cuyo uso principal esté comprendido en los grupos que dicta la ley.

En su artículo 5 “Licencias y autorizaciones administrativas”: “La construcción de edificios, la realización de las obras en que ellos se ejecuten y su ocupación precisará las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes, de conformidad con la normativa aplicable”.

- [Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación y sus modificaciones](#)

Este es el marco normativo que establece las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE), mencionada anteriormente. En concreto, los requisitos básicos son “seguridad estructural”, “seguridad en caso de incendio”, “seguridad de utilización”, “higiene, salud y protección del medio ambiente”, “protección contra el ruido” y “ahorro de energía y aislamiento térmico”.

El CTE constituye igualmente un instrumento para la transposición de las directivas europeas, como es el caso de las directivas sobre eficiencia energética, diseño ecológico o protección frente a radiaciones ionizantes.

Una de las principales novedades del CTE respecto a la legislación anterior en materia de edificación en España fue el enfoque prestacional. Así, el CTE enuncia los criterios que deben cumplir los edificios, pero deja abierta la forma en que deben cumplirse estas reglas. Esta particularidad, que está presente en las regulaciones de la mayor parte de los países de nuestro entorno, permite la configuración de un entorno normativo más flexible. De esta forma, el CTE favorece el desarrollo de tareas de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), así como un aumento del uso de las nuevas tecnologías en el sector de la construcción, al integrar de forma más directa los avances logrados gracias a estas

actividades. Así, el enfoque prestacional permite la utilización de innovaciones técnicas sin perder de vista los elementos tradicionales del método de la construcción. No obstante, las verificaciones del cumplimiento de las exigencias básicas se realizarán por las autoridades administrativas correspondientes a través de sus correspondientes licencias, mencionadas en la LOE. En las licencias de obra se comprueba la justificación del cumplimiento del CTE en el proyecto y, a través de las correspondientes licencias de funcionamiento o de primera ocupación, en su caso, se confirma el cumplimiento de estas exigencias en la obra realmente ejecutada mediante la revisión de, tanto el edificio terminado como de su documentación de obra terminada.

Las administraciones que realizan estas verificaciones son, generalmente, los ayuntamientos, aunque existen diversas particularidades en todo el territorio nacional. Hay determinadas Comunidades Autónomas en que estas comprobaciones las lleva a cabo la propia administración autonómica para edificios de determinados usos, como, por ejemplo, los edificios de uso residencial o las viviendas, cuando es la administración autonómica quien gestiona las cédulas de habitabilidad.

El CTE es de aplicación a las edificaciones públicas y privadas (cuyos proyectos precisen disponer de la correspondiente licencia o autorización) en los términos y limitaciones establecidos en la LOE. Se aplicará a las obras de edificación de nueva construcción, excepto a aquellas construcciones de sencillez técnica y de escasa entidad constructiva, que no tengan carácter residencial o público, ya sea de forma eventual o permanente, que se desarrollen en una sola planta y no afecten a la seguridad de las personas. Asimismo, se aplicará también a intervenciones en los edificios existentes.

Se divide en dos partes: la primera recoge disposiciones de carácter general y las exigencias que deben cumplir los edificios para satisfacer los requisitos de seguridad y habitabilidad de la edificación. La segunda parte versa sobre los **Documentos Básicos (DB)**, los cuales contienen procedimientos, reglas técnicas y ejemplos de soluciones para determinar si el edificio alcanza los niveles de prestación exigidos. La adecuada utilización de dichos DB asegura el cumplimiento de las exigencias básicas, ya que estos tienen carácter reglamentario.

Como complemento a la aplicación del CTE, se crean los **Documentos Reconocidos**, los cuales son documentos técnicos externos e independientes del CTE, sin carácter reglamentario, cuya utilización facilita el cumplimiento de determinadas exigencias en materia de calidad de la edificación. Estos Documentos Reconocidos se inscribirán y harán

públicos en el Registro General del Código Técnico de la Edificación, en el cual también podrán inscribirse los distintivos de calidad u otras evaluaciones técnicas de carácter voluntario que complementen al CTE. Igualmente, podrán inscribirse a este Registro otras evaluaciones medioambientales que fomenten la mejora en la calidad de la edificación, así como otra información relacionada con esta materia.

Los Documentos Básicos más relevantes son: “DB SE Seguridad Estructural”, “DB-SE-AE Acciones en la edificación”, “DB-SE-C Cimientos”, “DB-SE-A Acero”, “DB-SE-F Fábrica”, “DB-SE-M Madera”, “DB-SI Seguridad en caso de incendio”, “DB-SUA Seguridad de utilización y accesibilidad”, “DB-HS Salubridad”, “DB HR Protección frente al Ruido” y “DB HE Ahorro de Energía”.

Concretamente, todo lo relativo a la calidad del ambiente en el interior de los edificios se desarrolla en las secciones “HS 3 Calidad del aire interior” del DB-HS. Estas exigencias de calidad del aire interior no abarcan a todos los edificios o locales de cualquier uso, sino en los edificios de viviendas, al interior de las viviendas, a los almacenes de residuos, los trasteros, los aparcamientos y garajes vinculados a las viviendas; y, en los edificios de cualquier otro uso, a los aparcamientos y los garajes. Para los locales de otros usos distintos, las exigencias básicas están reguladas en el RITE, mencionado a continuación.

Cabe señalar que la sección HS 6 “Protección frente al radón” fue incorporada posteriormente por la modificación del Real Decreto 732/2019.

- [Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios](#)

Esta normativa determina el ámbito de aplicación, las competencias, documentación y las condiciones técnicas y administrativas que debe cumplir una edificación para considerarla adecuada en términos de instalaciones térmicas, bienestar e higiene, eficiencia energética y seguridad.

Este Reglamento se aprueba dentro del marco regido por el Real Decreto 1027/2007 y sus modificaciones, el Real Decreto 238/2013, que traspone la Directiva 2010/31/UE, y el Real Decreto 178/2021, que traspone la Directiva 2012/277/UE. Ambas directivas actualizan las herramientas destinadas a la mejora de la eficiencia energética en los edificios. Esta norma es de carácter básico, por lo que las Comunidades Autónomas pueden ampliar las condiciones sobre las mismas materias en su territorio si lo creen necesario. Sirve de marco

para el establecimiento del régimen de inspección de las instalaciones tanto en la fase de construcción como en la fase de uso del edificio.

**Artículo 11. Bienestar e higiene.**

*Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se obtenga una calidad térmica del ambiente, una calidad del aire interior y una calidad de la dotación de agua caliente sanitaria que sean aceptables para los usuarios del edificio sin que se produzca menoscabo de la calidad acústica del ambiente, cumpliendo, sin perjuicio de los posibles requisitos adicionales establecidos en el Código Técnico de la Edificación, los requisitos siguientes:*

- 1. Calidad térmica del ambiente: las instalaciones térmicas permitirán mantener los parámetros que definen el ambiente térmico dentro de un intervalo de valores determinados con el fin de mantener unas condiciones ambientales confortables para los usuarios de los edificios.*
- 2. Calidad del aire interior: las instalaciones térmicas permitirán mantener una calidad del aire interior aceptable, en los locales ocupados por las personas, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los mismos, aportando un caudal suficiente de aire exterior y garantizando la extracción y expulsión del aire viciado.*
- 3. Higiene: las instalaciones térmicas permitirán proporcionar una dotación de agua caliente sanitaria, en condiciones adecuadas, para la higiene de las personas.*
- 4. Calidad del ambiente acústico: en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades producidas por el ruido y las vibraciones de las instalaciones térmicas, estará limitado.*

*IT 1.1.4.2 Exigencia de calidad del aire interior*

*IT 1.1.4.2.1 Generalidades*

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

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

*IT 1.2.4.3.3 Control de la calidad de aire interior en las instalaciones de climatización.*

1. Los sistemas de ventilación y climatización, centralizados o individuales, se diseñarán para controlar el ambiente interior, desde el punto de vista de la calidad de aire interior.
2. La calidad del aire interior será controlada por uno de los métodos enumerados en la tabla 2.4.3.2.

Asimismo, en la *IT 3. Mantenimiento y Uso* se establecen las exigencias que deben cumplir las instalaciones térmicas con el fin de asegurar que su funcionamiento, a lo largo de su vida útil, se realice con la máxima eficiencia energética, garantizando la seguridad, la durabilidad y la protección del medio ambiente y evitando las emisiones a la atmósfera, así como las exigencias establecidas en el proyecto o memoria técnica de la instalación final realizada. Es en esta Instrucción, concretamente en la *Tabla 3.3. Operaciones de mantenimiento preventivo y su periodicidad*, en la que se menciona que en lo relativo a la revisión de la calidad ambiental se seguirán los criterios definidos en la norma UNE 171330, siendo la última norma reconocida la norma UNE 171330:2014.

En el **Capítulo VII: Inspecciones** se establece que serán los órganos competentes de la Comunidad Autónoma los que adopten las medidas necesarias para la realización de las inspecciones periódicas previstas en este Reglamento. Dichas instalaciones se inspeccionarán por personal de los servicios de los órganos competentes de las Comunidades Autónomas o por organismos de control habilitados para este campo reglamentario, o bien por entidades o agentes cualificados o acreditados por los órganos competentes de las Comunidades Autónomas.

Estas inspecciones evalúan la integridad del sistema, la limpieza, la adecuación del diseño, la eficiencia operativa y diversos parámetros como el caudal del aire, la presión, la estanqueidad de los conductos, el consumo eléctrico, la calidad del aire interior, los niveles de ruido y los parámetros de confort térmico.

Los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado deben someterse a inspecciones cada cuatro años, con una revisión completa de la instalación térmica cada quince años. Por su parte, el mantenimiento debe ajustarse a los calendarios establecidos y a las especificaciones de los equipos. Parte del mantenimiento implica mediciones de la contaminación del aire interior según UNE 171330: 2014 y evaluaciones higiénicas de las redes de conductos según UNE 100012:2005.

- [Real Decreto 410/2010, por el que se desarrollan los requisitos exigibles a las entidades de control de calidad de la edificación y a los laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación, para el ejercicio de su actividad](#)

El presente real decreto tiene por objeto establecer los requisitos exigibles a las entidades de control de calidad de la edificación y a los laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación previstos en la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, para el ejercicio de su actividad en todo el territorio español. Estos requisitos no serán exigibles a las entidades de control de calidad de la edificación y a los laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación establecidos en otro Estado Miembro de la UE, cuya prestación de servicios se realizará de acuerdo con lo previsto en la Ley 17/2009.

- [Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones](#)

Este tiene como objeto garantizar el derecho de los ciudadanos a acceder a las diferentes ofertas de nuevos servicios de telecomunicaciones, eliminando los obstáculos que les impidan poder contratar libremente los servicios de telecomunicaciones que deseen, así como garantizar una competencia efectiva entre los operadores, asegurando que disponen de igualdad de oportunidades para hacer llegar sus servicios hasta sus clientes.

Asimismo, la utilización de procedimientos electrónicos para cumplir las exigencias de presentación de proyectos de infraestructuras comunes de telecomunicaciones, así como de boletines de instalación y certificaciones de fin de obra.

- [Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural](#)

La presente norma responde a la necesidad de actualizar la reglamentación vigente relativa a las estructuras de hormigón y a las estructuras de acero, de acuerdo con las novedades de carácter técnico y reglamentario que afectan al contenido de dicha reglamentación, así

como incluir una nueva reglamentación para las estructuras mixtas. Más concretamente, el artículo 5.2.3 versa sobre las Exigencias relativas al requisito de higiene, salud y medio ambiente.

- [Ley 9/2022, de 14 de junio, de Calidad de la Arquitectura](#)

Con esta ley se pretende complementar el marco legal estatal sobre la calidad en la edificación, ya que esta tiene por objeto proteger, fomentar y difundir la calidad de la arquitectura como bien de interés general.

En el Capítulo I se recoge el Principio de calidad en la arquitectura, que incluye una serie de criterios que se deben de cumplir en la arquitectura, algunos de los cuales se relacionan con CAI, como son:

- a) La adecuación al uso, así como la facilidad de adaptación a nuevos usos, necesidades y modos de habitar a lo largo de su ciclo de vida.
- d) La contribución a la sostenibilidad económica, medioambiental y social.
- e) La gestión óptima de los recursos (además, entre los fines de esta ley, se encuentra el de incrementar el número de edificios de consumo de energía casi nulo, tanto en la nueva edificación, como en la rehabilitación del parque edificado existente).
- f) La eficiencia energética, la reducción de la huella de carbono, la protección medioambiental y la capacidad de adaptación al cambio climático.
- g) La inclusión de todas las personas (accesibilidad universal).
- i) La higiene, la salubridad y el confort.

## *Agentes físicos y químicos*

- [Real Decreto 3349/1983, de 30 de noviembre, por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la fabricación, comercialización y utilización de plaguicidas](#)

La presente tiene por objeto definir lo que se entiende por plaguicidas y establecer las normas de su fabricación, almacenamiento, comercialización y utilización y, en general, la ordenación Técnico-Sanitaria de dichos productos, tanto de producción nacional, como importados, en cuanto concierne a la salud pública, así como establecer las bases para la

fijación de los límites máximos de residuos admitidos en o sobre productos destinados a la alimentación.

- [Real Decreto 192/1988, de 4 de marzo, sobre limitaciones en la venta y uso del tabaco para protección de la salud de la población](#)

En este se establece que existen datos científicos sobre los riesgos para la salud de los no fumadores vinculados a su presencia en ambientes donde se fuma. Por ello, parece adecuado que el derecho a la salud de estos ciudadanos sea respetado, arbitrando medios para que puedan desarrollar su actividad cotidiana sin riesgos no deseados y sin discriminación.

- [Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, sobre limitaciones a la comercialización y al uso de determinadas sustancias y preparados peligrosos](#)

Este establece limitaciones a la comercialización y al uso de determinadas sustancias y preparados peligrosos en todo el territorio nacional, con el fin de proteger la salud de la población y evitar riesgos derivados de sustancias tóxicas, corrosivas o ecotóxicas. Además, también fija requisitos de envasado y etiquetado para advertir adecuadamente de los peligros.

- [ORDEN de 7 de diciembre de 2001 por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos.](#)

Actualiza la lista de sustancias y preparados peligrosos sujetos a limitaciones en su comercialización y uso, reforzando la protección de la salud humana y del medio ambiente mediante condiciones específicas de manipulación, almacenamiento y control.

- [Real Decreto 108/1991, de 1 de febrero, sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto](#)

El objeto del presente real decreto es adoptar las medidas necesarias y completar las disposiciones existentes para reducir y evitar la contaminación producida por el amianto, en interés de la protección del medio ambiente y la salud humana.

Se menciona que deberá tomarse en consideración el marco de referencia en el que debe integrarse como son la regulación sobre protección del medio ambiente atmosférico o sobre la calidad de las aguas continentales o marítimas, estableciendo límites para las emisiones y vertidos de esta sustancia.

- [Real Decreto 1293/1999, de 23 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 192/1988, sobre limitaciones en la venta y uso del tabaco para protección de la salud de la población](#)

Debido a los problemas interpretativos surgidos en la aplicación del real decreto anterior, particularmente en lo que respecta a la determinación de los vuelos programados y la incidencia de las escalas intermedias o los factores climatológicos o la concienciación social del respeto debido a los no fumadores cuando no quepa la compartimentación estanca entre pasajeros, se llevó a cabo la modificación de ciertos artículos de este con el fin de mejorar la aplicación de estas normas por parte de los usuarios.

Cabe destacar que existirá prohibición absoluta de fumar en todos los vehículos o medios de transporte colectivo urbano e interurbano y no se permitirá fumar en los transportes ferroviarios y marítimos, excepto en cubierta al aire libre. No obstante, podrán reservarse vagones o camarotes completos para fumadores.

- [Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria frente a emisiones radioeléctricas](#)

En el Preámbulo de este real decreto, por el que se aprueba el Reglamento, se menciona que este tiene, entre otros objetivos, adoptar medidas de protección sanitaria de la población. Para ello, se establecen unos límites de exposición del público en general a campos electromagnéticos procedentes de emisiones radioeléctricas, acordes con las recomendaciones europeas.

Para garantizar esta protección se establecen unas restricciones básicas y unos niveles de referencia que deberán cumplir las instalaciones afectadas por este real decreto. Al mismo tiempo, se da respuesta a la preocupación expresada por algunas asociaciones, ciudadanos, corporaciones locales y Comunidades Autónomas.

Asimismo, el presente Reglamento tiene por objeto el desarrollo de la Ley 11/1998, de 24 de abril, General de Telecomunicaciones, en lo relativo al establecimiento de condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, a la autorización, planificación e inspección de instalaciones radioeléctricas en relación con los límites de exposición a las emisiones, el establecimiento de otras restricciones a las emisiones radioeléctricas, la evaluación de equipos y aparatos y el régimen sancionador aplicable.

Las disposiciones de este Reglamento se aplican a las emisiones de energía en forma de ondas electromagnéticas, que se propagan por el espacio sin guía artificial, y que sean producidas por estaciones radioeléctricas de radiocomunicaciones o recibidas por estaciones del servicio de radioastronomía.

A los efectos de lo dispuesto en el párrafo anterior, se considera estación radioeléctrica uno o más transmisores o receptores, o una combinación de ambos, incluyendo las instalaciones accesorias, o necesarias para asegurar un servicio de radiocomunicación o el servicio de radioastronomía.

- [Real Decreto 1054/2002, de 11 de octubre, por el que se regula el proceso de evaluación para el registro, autorización y comercialización de biocidas](#)

Este real decreto tiene por objeto regular:

- a) Los requisitos de autorización y la comercialización de biocidas en el territorio español.
- b) La evaluación de la peligrosidad y del riesgo de los biocidas.
- c) Las normas para el reconocimiento mutuo de autorizaciones y registros de biocidas en el territorio de la UE.
- d) Las reglas para la elaboración de la lista positiva de sustancias activas que puedan utilizarse en los biocidas.

Así pues, cabe resaltar que, para que un biocida reciba la concesión de autorización, este no debe tener efectos inaceptables, por sí mismo o como consecuencia de sus residuos, en la salud humana o animal, directa o indirectamente (por ejemplo, por el agua potable o los alimentos destinados al consumo humano o animal, el aire interior o consecuencias en el lugar de trabajo), o en las aguas superficiales y subterráneas.

- [Real Decreto 117/2003, de 31 de enero, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades](#)

Esta normativa tiene por objeto evitar o, cuando ello no sea posible, reducir los efectos directos o indirectos de las emisiones de COV sobre el medio ambiente y la salud de las personas.

- [Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido](#)

En la Exposición de motivos de la presente ley, se indica que la UE tomó conciencia, a partir del Libro Verde de la CE sobre “Política Futura de Lucha Contra el Ruido”, de la necesidad de homogeneizar y aclarar el entorno normativo del ruido, reconociendo que se le había concedido escasa prioridad con anterioridad.

En línea con lo expuesto en el párrafo anterior, se elaboró la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental (la “Directiva sobre Ruido Ambiental”), y dicha Directiva se transpone en esta ley. Sin embargo, el alcance y contenido de esta ley es más amplio que el de la Directiva, ya que la Ley 27/2003 considera el ruido en un sentido amplio, tanto en forma de sonido como de vibraciones. En este sentido, en dicha ley se define la “contaminación acústica” como la presencia de ruidos o vibraciones en el ambiente, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente.

Así pues, el objeto y finalidad de la ley, tal y como se detalla en el Capítulo I, es prevenir, vigilar y reducir la contaminación acústica, para evitar y reducir los daños que de ésta pueden derivarse para la salud humana, los bienes o el medio ambiente. En este mismo capítulo se detalla el ámbito de aplicación de esta, que son todos los emisores acústicos, ya sean de titularidad pública o privada, así como las edificaciones (en su calidad de receptores acústicos). No obstante, quedan excluidos del ámbito de aplicación de esta ley, los siguientes emisores acústicos:

- a) Las actividades domésticas o los comportamientos de los vecinos, cuando la contaminación acústica producida por ellos se mantenga dentro de los límites tolerables recogidos en las ordenanzas municipales y los usos locales.
  - b) Las actividades militares (se regirán por su legislación específica).
  - c) La actividad laboral (se regirá por su legislación específica)
- [Ley 28/2005, de 26 de diciembre, de medidas sanitarias frente al tabaquismo y reguladora de la venta, el suministro, el consumo y la publicidad de los productos del tabaco](#)

Entre los aspectos que se incluyen en el Preámbulo de esta ley, cabe destacar que la misma incorpora a nuestro ordenamiento jurídico la Directiva 2003/33/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de mayo de 2003, relativa a la aproximación de las disposiciones legales,

reglamentarias y administrativas de los Estados miembros en materia de publicidad y de patrocinio de los productos del tabaco.

También se indica el Preámbulo que “hay evidencias científicas de que el humo del tabaco en el ambiente (consumo pasivo o involuntario de tabaco) es causa de mortalidad, enfermedad y discapacidad” y que “la Agencia Internacional de Investigación del Cáncer de la OMS ha determinado que la exposición al aire contaminado con humo del tabaco es carcinogénica en los seres humanos. Además, la exposición de la mujer gestante como fumadora pasiva al humo del tabaco presente en el ambiente provoca nocividad sobre el feto”.

Por otro lado, en el Preámbulo también se expone que, en cuanto a las limitaciones sobre el consumo, la ley hace una distinción entre lugares donde existe la prohibición total de fumar y lugares donde se prohíbe fumar, pero se permite la habilitación de zonas para fumar (siempre que se cumplan determinados requisitos, tales como una señalización adecuada, la separación física del resto de las dependencias y la dotación de sistemas de ventilación independiente).

Asimismo, en el Capítulo I se define que el objeto de esta es, entre otros aspectos, establecer, con carácter básico, las limitaciones, siempre que se trate de operaciones al por menor, en la venta, suministro y consumo de los productos del tabaco, así como regular la publicidad, la promoción y el patrocinio de dichos productos, para proteger la salud de la población.

- [Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, el o referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental](#)

Este real decreto se aplicará al ruido ambiental al que estén expuestos los seres humanos, en particular, en zonas urbanizadas, en parques públicos u otras zonas tranquilas de una aglomeración, en zonas tranquilas en campo abierto, en las proximidades de centros escolares, en los alrededores de hospitales, y en otros edificios y lugares vulnerables al ruido. Sin embargo, no se aplicará al ruido producido por la propia persona expuesta, por las actividades domésticas, por los vecinos, en el lugar de trabajo ni en el interior de medios de transporte, así como tampoco a los ruidos debidos a las actividades militares en zonas militares, que se regirán por su legislación específica.

- [Real Decreto 227/2006, de 24 de febrero, por el que se complementa el régimen jurídico sobre la limitación de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles en determinadas pinturas y barnices y en productos de renovación del acabado de vehículos](#)

Este real decreto, que transpone la Directiva 2004/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, tiene por objeto limitar el contenido total de COV en las pinturas, barnices y productos de renovación del acabado de vehículos relacionados en el anexo I, con el fin de prevenir y reducir la contaminación atmosférica debida a la contribución de los COV a la formación de O<sub>3</sub> troposférico.

Quedan excluidos del ámbito de aplicación los productos que se vendan para uso exclusivo en las instalaciones, incluidas en el ámbito de aplicación del Real Decreto 117/2003, en las que las medidas de limitación de emisiones ofrezcan medios alternativos de conseguir reducciones al menos equivalentes en la emisión de COV. Asimismo, este se aplica sin perjuicio de las exigencias en materia de prevención de riesgos laborales y protección de la salud de los consumidores previstas en la legislación.

- [Orden SCO/3269/2006, de 13 de octubre, por la que se establecen las bases para la inscripción y el funcionamiento del Registro Oficial de Establecimientos y Servicios Biocidas](#)

Esta orden tiene por objeto establecer las condiciones y requisitos básicos para la inscripción, estructura y funcionamiento de los Registros Oficiales de Establecimientos y Servicios Biocidas de las Comunidades Autónomas, y que permitan su armonización, en desarrollo de lo dispuesto en el Real Decreto 1054/2002.

Se aplica a los establecimientos y servicios biocidas definidos en el artículo 2 y que trabajen, como mínimo, con alguno de los tipos de biocidas que figuran en el anexo.

- [Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas](#)

Esta normativa tiene como principal finalidad completar el desarrollo de la citada ley. Así, se definen índices de ruido y de vibraciones, sus aplicaciones, efectos y molestias sobre la población y su repercusión en el medio ambiente; se delimitan los distintos tipos de áreas y servidumbres acústicas definidas en el artículo 10 de la Ley 37/2003, de 17 de noviembre; se establecen los objetivos de calidad acústica para cada área, incluyéndose el espacio interior de determinadas edificaciones; se regulan los emisores acústicos fijándose valores

límite de emisión o de inmisión así como los procedimientos y los métodos de evaluación de ruidos y vibraciones.

- [Real Decreto 579/2017, de 9 de junio, por el que se regulan determinados aspectos relativos a la fabricación, presentación y comercialización de los productos del tabaco y los productos relacionados](#)

El presente real decreto tiene por objeto regular, entre otros, los ingredientes y las emisiones de los productos del tabaco, así como la trazabilidad y las medidas de seguridad de los productos del tabaco.

- [Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes y se transpone parcialmente la Directiva 2013/59/Euratom.](#)

Mediante el Artículo único de este real decreto, se aprueba dicho Reglamento. Por su parte, la Disposición derogatoria única de este real decreto, indica que quedan derogados el Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes y el Real Decreto 413/1997, de 21 de marzo, sobre protección operacional de los trabajadores externos con riesgo de exposición a radiaciones ionizantes por intervención en zona controlada (así como todas las normas de igual o inferior rango en lo que contradigan o se opongan a lo dispuesto en este real decreto y en su Reglamento).

El objeto de este Reglamento es “establecer las normas relativas a la protección de la salud de los trabajadores y de los miembros del público contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes”.

Con respecto al ámbito de aplicación, se establece que se aplica, entre otros aspectos, a las siguientes situaciones de exposición:

- La exposición a la contaminación residual procedente una emergencia nuclear o radiológica o de una actividad humana pasada.
- La exposición de los miembros de la tripulación de aeronaves y vehículos espaciales.
- La exposición de trabajadores o de miembros del público al radón en recintos cerrados.
- La exposición externa en recintos cerrados a la radiación gamma procedente de los materiales de construcción.

## Agentes biológicos

- [Real Decreto 487/2022, de 21 de junio, por el que se establecen los requisitos sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis](#)

En el Capítulo I se indica que el objeto de esta normativa es la protección de la salud de la población a través de la prevención y control de la legionelosis mediante la adopción de medidas sanitarias en aquellas instalaciones que utilicen agua en las que *Legionella* es capaz de proliferar y diseminarse a través de aerosoles y la exposición de las personas a los mismos.

Asimismo, el ámbito de aplicación de esta norma (también recogido en el Capítulo I) son las instalaciones que puedan ser susceptibles de convertirse en focos de exposición humana a la bacteria durante su funcionamiento, pruebas de servicio o mantenimiento, tales como las descritas en el anexo I de este real decreto.

Quedan excluidas de este ámbito de aplicación las instalaciones ubicadas en edificios dedicados al uso exclusivo de vivienda, siempre y cuando no afecten al ambiente exterior de estos edificios. No obstante, ante la sospecha de un riesgo para la salud de la población, la autoridad sanitaria podrá exigir que se adopten las medidas de control que se consideren oportunas.

- [Real Decreto 614/2024, de 2 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 487/2022, de 21 de junio, por el que se establecen los requisitos sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis](#)

## Otras

- [Artículos 43 y 45 de la Constitución Española](#)
- [Orden de 24 de noviembre de 1976 por la que se aprueban las Normas Técnicas de Diseño y Calidad de las viviendas sociales](#)

En esta normativa se aprueban las Normas Técnicas mencionadas y estas serán de aplicación para todas las promociones de construcción de viviendas sociales y a la construcción directa de viviendas por el Instituto Nacional de la Vivienda, con la excepción de los proyectos de unidades vecinales de absorción que se regirán por su normativa específica.

- [Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad](#)

Dicha ley tiene por objeto la regulación general de todas las acciones que permitan hacer efectivo el derecho a la protección de la salud reconocido en el artículo 43 de la CE.

- [Ley 16/2003, de 28 de mayo, de cohesión y calidad del Sistema Nacional de Salud](#)

El objeto de esta ley, según se establece en su Capítulo Preliminar, es establecer el marco legal para las acciones de coordinación y cooperación de las Administraciones públicas sanitarias, en el ejercicio de sus respectivas competencias, de modo que se garantice la equidad, la calidad y la participación social en el Sistema Nacional de Salud.

Esta ley complementa a las dos anteriores y contiene también aspectos del ámbito de la Salud Pública.

- [Ley 33/2011, de 4 de octubre, General de Salud Pública](#)

El objeto y ámbito de aplicación de esta, detallado en el Capítulo I del Título Preliminar, es establecer las bases para que la población alcance y mantenga el mayor nivel de salud posible a través de las políticas, programas, servicios y, en general, actuaciones de toda índole, desarrolladas por los poderes públicos, empresas y organizaciones ciudadanas, con la finalidad de actuar sobre los procesos y factores que más influyen en la salud, y así prevenir la enfermedad, tanto en la esfera individual como en la colectiva.

Asimismo, en este apartado de objeto de la ley se incluye la definición de Salud Pública como el conjunto de actividades organizadas por las Administraciones públicas, con la participación de la sociedad, para prevenir la enfermedad, así como para proteger, promover y recuperar la salud de las personas, tanto en el ámbito individual como en el colectivo y mediante acciones sanitarias, sectoriales y transversales.

- [Real Decreto 742/2013, de 27 de septiembre, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de las piscinas](#)

Este tiene por objeto establecer los criterios básicos técnico-sanitarios de la calidad del agua y del aire de las piscinas con la finalidad de proteger la salud de los usuarios de posibles riesgos físicos, químicos o microbiológicos derivador del uso de estas.

Este real decreto aplica a cualquier piscina de uso público instalada en el territorio español o bajo bandera española, las piscinas de uso privado de tipo 3A (es decir, tal y como se establece en el artículo 2, las piscinas de comunidades de propietarios, casas rurales o de agroturismo, colegios mayores o similares) y las piscinas de uso privado de tipo 3B (es decir,

piscinas unifamiliares, según las definiciones recogidas en este real decreto). Se excluyen del ámbito de aplicación las piscinas naturales y los vasos termales o mineromedicinales.

- [Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental](#)

Esta ley establece las bases que deben regir la evaluación ambiental de los planes, programas y proyectos que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente, garantizando en todo el territorio del Estado un elevado nivel de protección ambiental, con el fin de promover un desarrollo sostenible, mediante:

- a) La integración de los aspectos medioambientales en la elaboración y en la adopción, aprobación o autorización de los planes, programas y proyectos;
- b) el análisis y la selección de las alternativas que resulten ambientalmente viables;
- c) el establecimiento de las medidas que permitan prevenir, corregir y, en su caso, compensar los efectos adversos sobre el medio ambiente;
- d) el establecimiento de las medidas de vigilancia, seguimiento y sanción necesarias para cumplir con las finalidades de esta ley

Asimismo, establece los principios que informarán el procedimiento de evaluación ambiental de los planes, programas y proyectos que puedan tener efectos significativos sobre el medio ambiente, así como el régimen de cooperación entre la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas a través de la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente.

- [Orden PCM/735/2021, de 9 de julio, por la que se aprueba la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la conectividad y Restauración Ecológicas](#)

Con objeto de garantizar la conservación de la biodiversidad y asegurar la funcionalidad de los ecosistemas y sus servicios, la conectividad ecológica, la restauración del territorio español y la integración de la biodiversidad en la planificación territorial de otras políticas sectoriales, se aprueba la Estrategia Nacional de Infraestructura Verde y de la Conectividad y Restauración Ecológicas contenida en el anexo de esta orden; que tiene por objetivo marcar las directrices para la identificación y conservación de los elementos del territorio que componen la infraestructura verde del territorio español, terrestre y marino, y para que la planificación territorial y sectorial que realicen las Administraciones públicas permita y asegure la conectividad ecológica y la funcionalidad de los ecosistemas, la mitigación y

adaptación a los efectos del cambio climático, la desfragmentación de áreas estratégicas para la conectividad y la restauración de ecosistemas degradados.

- [Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular](#)

Esta tiene por objeto regular el régimen jurídico aplicable a la puesta en el mercado de productos en relación con el impacto en la gestión de sus residuos, así como el régimen jurídico de la prevención, producción y gestión de residuos, incluyendo el establecimiento de instrumentos económicos aplicables en este ámbito, y el régimen jurídico aplicable a los suelos contaminados.

Asimismo, tiene como finalidad la prevención y reducción de la generación de residuos y de los impactos adversos de su generación y gestión, la reducción del impacto global del uso de los recursos y la mejora de la eficiencia de dicho uso con el objeto de, en última instancia, proteger el medio ambiente y la salud humana y efectuar la transición a una economía circular y baja en carbono con modelos empresariales, productos y materiales innovadores y sostenibles para garantizar el funcionamiento eficiente del mercado interior y la competitividad de España.

- [Real Decreto 151/2022, de 22 de febrero, por el que se actualizan determinadas cualificaciones profesionales de las familias profesionales Hostelería y Turismo, Marítimo-Pesquera, Seguridad y Medio Ambiente, y Servicios Socioculturales y a la Comunidad, recogidas en el Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales](#)

En esta normativa se especifica la cualificación profesional que deberán poseer los expertos, así como sus competencias, ámbito profesional y formación asociada.

### *CAI en el entorno laboral*

La calidad del ambiente laboral influye directamente en la salud de los trabajadores. Es por eso por lo que en los lugares de trabajo es de aplicación la legislación laboral constituida por la [Ley 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales](#) (LPRL) y su normativa específica de desarrollo. Esta legislación, en general, es menos restrictiva – en cuanto a los valores de referencia y límites – que la legislación destinada a la población general dado que en la población trabajadora no se incluye a colectivos especialmente vulnerables.

Según la LPRL, es importante señalar que los riesgos que no puedan evitarse deben ser evaluados y controlados. Los artículos 18 y 19 de esta Ley obligan a las empresas a informar y

formar a su personal sobre los riesgos y las medidas preventivas. Asimismo, para apoyar esta labor, el INSST proporciona guías y NTP que facilitan la evaluación y gestión de dichos riesgos.

A continuación, se indica la normativa y documentos relevantes para conseguir una adecuada calidad ambiental en el ámbito laboral.

- El Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, regula:

- **Condiciones termohigrométricas.** En su anexo III, relativo a las condiciones ambientales en los lugares de trabajo, se especifican los valores siguientes:

Temperatura	Trabajos sedentarios: 17-27 °C	Trabajos ligeros: 14-25°C
Humedad relativa	Locales en general: 30 – 70 %	Locales con riesgo por electricidad estática: 50-70 %
Velocidad del aire	Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s	Trabajos en ambientes calurosos: Sedentarios: 0,5 m/s No sedentarios: 0,75 m/s

La guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo recomienda, para la valoración de los ambientes térmicos moderados, los índices PMV-PPD establecidos en la norma UNE EN-ISO 7730.

- **Ventilación.** En el anexo III se establece que sin perjuicio lo dispuesto en el RITE:

La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m<sup>3</sup> de aire limpio por hora y trabajador, en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humo de tabaco y de 50 m<sup>3</sup>, en los casos restantes, a fin de evitar el ambiente viciado y los olores desagradables.

El sistema de ventilación empleado y, en particular, la distribución de las entradas de aire limpio y salidas de aire viciado, deberán asegurar una efectiva renovación del aire del local de trabajo.

La guía técnica indica que los valores mínimos de ventilación establecidos son los valores necesarios para evitar el ambiente viciado y los olores desagradables debidos fundamentalmente a la ocupación y la actividad humana; en concreto, a los contaminantes generados por las personas (dióxido de carbono, vapor de agua, partículas, olores, etc.). De todos ellos, el dióxido de carbono es el compuesto más representativo y sobre el que se basa el cálculo del caudal de aire de renovación. Así

pues, este caudal es función de la tasa de generación de dióxido de carbono (conocida para las personas en reposo y directamente proporcional a la actividad metabólica) y de la concentración aceptable para conseguir los objetivos planteados. En el apéndice 5 de la guía, *Calidad del aire interior. Ventilación de los lugares de trabajo*, se amplía la información en cuanto a los principales agentes químicos y biológicos relacionados con la calidad de aire interior, la ventilación y su influencia en la calidad del aire interior y los métodos de medición de la ventilación.

Cabe destacar que, en los lugares de trabajo en los que se emplean o se generan agentes químicos será necesario llevar a cabo una evaluación específica conforme al Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo y el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

- **Iluminación en los lugares de trabajo.** En su anexo IV se establecen los valores mínimos de iluminación en función de las exigencias visuales de las actividades y el uso de las áreas.

Zonas donde se ejecutan tareas con:	Nivel mínimo de iluminación (lux)	Áreas o locales	Nivel mínimo de iluminación (lux)
1.º Bajas exigencias visuales	100	Uso ocasional	50
2.º Exigencias visuales moderadas	200	Uso habitual	100
3.º Exigencias visuales altas	500	Vías de circulación	Nivel mínimo de iluminación (lux)
4.º Exigencias visuales muy altas	1000	Uso ocasional	50
		Uso habitual	100

Estos niveles mínimos deberán duplicarse en las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes, así como en las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de estas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil. No obstante, lo señalado anteriormente, estos límites no serán aplicables en aquellas actividades cuya naturaleza lo impida.

Asimismo, se establecen en cuanto a su distribución y otras características, diferentes condiciones, entre otras, la uniformidad de la distribución de los niveles de iluminación, y los niveles y contrastes de luminancia que deben ser adecuados a las exigencias visuales de la tarea. En el apéndice 6 de la Guía técnica se aporta información relevante sobre dichas condiciones.

La norma “UNE-EN 12464-1 Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores” facilita una serie de niveles de iluminación mantenida, niveles de deslumbramiento, etc., para las distintas áreas, tareas y actividades de los espacios de trabajo interiores.

- La Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos con pantallas de visualización aborda los aspectos relativos al confort acústico. Para ello, se hace referencia a valores que aparecen en la “UNE-EN-ISO 11690-1:1997: Acústica. Práctica recomendada para el diseño de lugares de trabajo con bajo nivel de ruido que contienen maquinaria: trabajos de rutina de oficinas, de 45 dB a 55 dB y para salas de reuniones o tareas que implican concentración, de 35 dB a 45 dB. Para valorar la incidencia en la comunicación verbal, se dispone del método SIL, desarrollado en la NTP 794 Evaluación de la comunicación verbal: método SIL.
- El Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección para la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes, regula la presencia de radón y especifica que, en los lugares de trabajo donde es necesario llevar a cabo mediciones de la concentración, el valor de referencia del promedio anual será de 300 Bq/m<sup>3</sup>.

#### **Publicaciones:**

NTP 1064: Calidad del aire interior. Contaminantes biológicos (I): estrategia de muestreo.

NTP 1065: Calidad del aire interior. Contaminantes biológicos (II). Tipos de muestreo.

NTP 1085: Calidad del aire interior. Equipos y materiales de oficina: contaminantes químicos.

# Normas UNE e ISO

## *Control de la CAI*

- **UNE-EN ISO/IEC 17020:2012. Evaluación de la conformidad. Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan la inspección. (ISO/IEC 17020:2012)**
- **UNE-ISO 16000-40:2023, Aire de interiores. Parte 40: Sistema de gestión de la calidad del aire de interiores, y sus modificaciones vigentes.**
- **UNE 171330:2024. Revisión de la calidad ambiental en interiores.**

## *Ventilación y climatización*

- **UNE-EN 13180:2003. Ventilación de edificios. Conductos. Dimensiones y requisitos mecánicos para conductos flexibles.**
- **UNE-EN 13403:2003. Ventilación de edificios. Conductos no metálicos. Red de conductos de planchas de material aislante.**
- **UNE 100012:2005. Higienización de sistemas de climatización.** Mencionada en el RITE.
- **UNE-EN 12237:2003, Ventilación de edificios. Conductos. Resistencia y fugas de conductos circulares de chapa metálica, y sus modificaciones vigentes.**
- **UNE-EN 12097:2007. Ventilación de edificios. Conductos. Requisitos relativos a los componentes destinados a facilitar el mantenimiento de los sistemas de conductos.**
- **UNE-EN 13779:2008. Ventilación de los edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos.** Aunque esta norma esta anulada por la Norma UNE-EN 16798-3:2018 - Eficiencia energética de los edificios. Ventilación de los edificios. Parte 3: Para edificios no residenciales. Requisitos de eficiencia para los sistemas de ventilación y climatización (Módulos M5-1, M5-4), sigue estando vigente para la ampliación del RITE ya que aparece en su Apéndice 2. Normas de referencia.
- **UNE-CR 1752:2008 IN. Ventilación de edificios. Criterios de diseño para el ambiente interior.** Aunque esta norma esta anulada, sigue estando vigente como referencia

técnica para la ampliación del RITE ya que aparece en su Apéndice 2. Normas de referencia.

- **UNE-EN 12599:2014. Ventilación de edificios. Procedimientos de ensayo y métodos de medición para la recepción de los sistemas de ventilación y de climatización instalados.**
- **UNE-EN ISO 16890-1:2017. Filtros de aire utilizados en ventilación general. Parte 1: Especificaciones técnicas, requisitos y clasificación según eficiencia basado en la materia particulada (PM). (ISO 16890-1:2016)**
- **UNE-EN 16798-3:2018. Eficiencia energética de los edificios. Ventilación de los edificios. Parte 3: Para edificios no residenciales. Requisitos de eficiencia para los sistemas de ventilación y climatización (Módulos M5-1, M5-4)**
- **UNE-EN 16798-5-1:2018. Eficiencia energética de los edificios. Ventilación de los edificios. Parte 5-1: Métodos de cálculo de las demandas energéticas de los sistemas de ventilación y de acondicionamiento de aire (Módulos M5-6, M5-8, M6-5, M6-8, M7-5, M7-8). Método 1: Distribución y generación**
- **UNE-EN 16798-13:2018. Eficiencia energética de los edificios. Ventilación de los edificios. Parte 13: Cálculo de los sistemas de refrigeración (Módulo M4-8). Generación**
- **UNE-EN 16798-15:2018. Eficiencia energética de los edificios. Ventilación de los edificios. Parte 15: Cálculo de los sistemas de refrigeración. Módulos M4-7. Acumulación**
- **UNE-EN 16798-17:2018. Eficiencia energética de los edificios. Ventilación de los edificios. Parte 17: Directrices para la inspección de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de aire (Módulo M4-11, M5-11, M6-11, M7-11)**
- **UNE-EN 16798-7:2019. Eficiencia energética de los edificios. Ventilación de los edificios. Parte 7: Métodos de cálculo para determinar los caudales de aire en los edificios incluidas las infiltraciones (Módulo M5-5)**
- **UNE-EN 16798-1:2020. Eficiencia energética de los edificios. Ventilación de los edificios. Parte 1: Parámetros del ambiente interior a considerar para el diseño y la evaluación de la eficiencia energética de edificios incluyendo la calidad del aire interior, condiciones térmicas, iluminación y ruido. Módulo 1-6.**

- **UNE 100718:2020.** Procedimiento para la determinación de la categoría ODA para proyectos de climatización
- **UNE-EN 13053:2021** que anula la Norma **UNE-EN 13053:2007+A1:2012** - Ventilación de edificios. Unidades de tratamiento de aire. Clasificación y rendimientos de unidades, componentes y secciones.
- **UNE-EN 1751:2024.** Ventilación de edificios. Unidades terminales de aire. Ensayos aerodinámicos de compuertas y válvulas.

## *Agentes físicos y químicos*

- **UNE-EN ISO 11654:1998** Acústica. Absorbentes acústicos para su utilización en edificios. Evaluación de la absorción acústica.
- **UNE-EN ISO 16017-1:2001;** Corregida por **UNE-EN ISO 16017-1:2002 ERRATUM.** Aire de interiores, ambiente y ocupacional. Muestreo y análisis de compuestos orgánicos volátiles por tubo adsorbente/desorción térmica/cromatografía de gases capilar. Parte 1: Muestreo por aspiración. (ISO 16017-1:2000).
- **UNE-EN ISO 7726:2002.** Ergonomía de los ambientes térmicos. Instrumentos de medida de las magnitudes físicas. (ISO 7726:1998)
- **UNE-EN ISO 16017-2:2004.** Aire de interiores, ambiente y ocupacional. Muestreo y análisis de compuestos orgánicos volátiles por tubo adsorbente/desorción térmica/cromatografía de gases capilar. Parte 2: Muestreo por difusión. (ISO 16017-2:2003).
- **UNE-EN 14412:2005.** Calidad de aire en interiores. Captadores difusivos para la determinación de las concentraciones de gases y vapores. Guía para la selección, uso y mantenimiento.
- **UNE-EN ISO 7730:2025.** Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local (ISO 7730:2025).
- **UNE-EN ISO 16000-2:2006.** Aire de interiores. Parte 2: Estrategia de muestreo de formaldehído (ISO 16000-2:2004).

- **UNE-EN ISO 16000-9:2025 Aire de interiores. Parte 9: Determinación de la emisión de compuestos orgánicos volátiles de muestras de productos de la construcción y del mobiliario. Método del ensayo de emisión en cámara. (ISO 16000-9:2024).**
- **UNE-EN ISO 16000-10:2006. Aire de interiores. Parte 10: Determinación de la emisión de compuestos orgánicos volátiles de los productos de la construcción y del mobiliario. Método del ensayo de emisión en célula. (ISO 16000-10:2006).**
- **UNE-EN ISO 16000-11:2025 Aire de interiores. Parte 11: Determinación de la emisión de compuestos orgánicos volátiles de muestras de productos de la construcción y del mobiliario. Muestreo, almacenamiento de muestras y preparación de probetas. (ISO 16000-11:2024).**
- **UNE-EN ISO 11890-1:2024 Pinturas y barnices. Determinación del contenido en compuestos orgánicos volátiles (COV) y/o compuestos orgánicos semivolátiles (COSV). Parte 1: Método gravimétrico para la determinación de COV. (ISO 11890-1:2024).**
- **UNE-EN ISO 3382-2:2008 Acústica. Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios.**
- **UNE-ISO 2631-1:2008 Vibraciones y choques mecánicos. Evaluación de la exposición humana a las vibraciones de cuerpo entero. Parte 1 y 2.**
- **UNE-EN ISO 16000-5:2009. Aire de interiores. Parte 5: Estrategia de muestreo de los compuestos orgánicos volátiles (ISO 16000-5:2007)**
- **UNE-EN ISO 16000-7:2009. Aire de interiores. Parte 7: Estrategia de muestreo para la determinación de las concentraciones de fibra de asbesto en suspensión (ISO 16000-7:2007).**
- **UNE-EN ISO 16000-12:2009. Aire de interiores. Parte 12: Estrategia de muestreo para la determinación de las concentraciones de policlorobifenilos (PCBs), policlorodibenzo-p-dioxinas (PCDDs), policlorodibenzofuranos (PCDFs) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs). (ISO 16000-12:2008)**
- **UNE-EN ISO 16000-15:2010. Aire de interiores. Parte 15: Estrategia de muestreo para el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) (ISO 16000-15:2008)**
- **UNE-EN ISO 16000-26:2014. Aire de interiores. Parte 26: Estrategia de muestreo del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). (ISO 16000-26:2012).**

- **UNE-EN ISO 12999-1:2021 Acústica. Determinación y aplicación de las incertidumbres de medición en la acústica de edificios. Parte 1: Aislamiento acústico. (ISO 12999-1:2020).**
- **UNE 171370-1:2014 Amianto. Parte 1: Cualificación de empresas que trabajan con materiales con amianto.**
- **UNE-EN 61577-3:2014. Instrumentación de radioprotección. Instrumentación de medida del radón y de los productos de desintegración del radón. Parte 3: Requisitos específicos para la medición de los productos de desintegración del radón.**
- **UNE-EN ISO 16000-32:2015. Aire de interiores. Parte 32: Investigación de la presencia de contaminantes en los edificios. (ISO 16000-32:2014)**
- **UNE-EN ISO 16283-1:2015 Acústica. Medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo. (ISO 16283-1:2014) y sus modificaciones vigentes.**
- **UNE-EN ISO 10140-1:2022 Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 1: Reglas de aplicación para productos específicos. (ISO 10140-1:2021). UNE-EN ISO 12569:2017. Comportamiento térmico de los edificios y de los materiales. Determinación del caudal de aire específico en edificios. Método de dilución de gas trazador (ISO 12568:2017). (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en octubre de 2017).**
- **UNE-EN ISO 12354-1: 2018 Acústica de edificios. Estimación del rendimiento acústico de los edificios a partir del rendimiento de los elementos. Parte 1- 4. (ISO 12354-1:2017), Parte 5 y 6.**
- **UNE-ISO 16000-4:2019. Aire de interiores. Parte 4: Determinación de formaldehído. Método de muestreo difusivo.**
- **UNE-ISO 16000-6:2019. Aire de interiores. Parte 6: Determinación de compuestos orgánicos volátiles en aire de interiores y de cámaras de ensayo mediante muestreo activo con adsorbente Tenax TA, desorción térmica y cromatografía de gases, empleando MS o MS-FID.**
- **UNE-EN ISO 11665. Medición de la radiactividad en el ambiente. Aire: radón-222.**
- **UNE-ISO 1996-1:2020 Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1 y 2.**

- **UNE-EN ISO 8996:2021. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación de la tasa metabólica.** (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en febrero de 2022.)
- **UNE-EN ISO 11890-2:2021. Pinturas y barnices. Determinación del contenido en compuestos orgánicos volátiles (COV) y/o compuestos orgánicos semivolátiles (COSV). Parte 2: Método por cromatografía de gases (ISO 11890-2:2020).**
- **UNE 171370-2:2021 Amianto. Parte 2: Localización y diagnóstico de amianto.**
- **UNE-EN 16516:2018+A1:2021 (versión corregida en fecha 2023-09-13). Productos de construcción: Evaluación de la emisión de sustancias peligrosas.** Determinación de las emisiones al aire interior. Este método es aplicable a COV, COSV, aldehídos muy volátiles y NH<sub>3</sub>.
- **UNE-CEN/TS 17985:2023. Productos de construcción. Evaluación de la emisión de sustancias peligrosas. Métodos para determinar las N-nitrosaminas en muestras de aire obtenidas según la Norma EN 16516.** (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en marzo de 2024)
- **UNE 171380:2024. Medición en continuo de CO<sub>2</sub> en interiores para la prevención en salud y mejora del bienestar.**

## *Agentes biológicos*

- **UNE-EN ISO 16000-19:2015. Aire de interiores. Parte 19: Estrategia de muestreo para mohos. (ISO 16000-19:2012):** Los métodos y procedimientos presentados no permiten la evaluación cuantitativa de la exposición de los ocupantes de la estancia. La aplicación de esta parte de la Norma ISO 16000 presupone el conocimiento de la Norma ISO 16000-1
- **UNE-EN 16636:2015. Servicios de gestión de plagas. Requisitos y competencias.**
- **UNE 100030:2023. Prevención y control de la proliferación y diseminación de *Legionella* en instalaciones.**

## *Espacios específicos*

- **UNE 100713:2005. Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales.**

- **UNE 179006:2013. Sistema para la vigilancia, prevención y control de las infecciones relacionadas con la atención sanitaria en los hospitales. Requisitos.**
- **UNE 171350:2016. Calidad ambiental en interiores. Calidad ambiental en hostelería.**
- **UNE-EN ISO 14644-1:2016. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 1: Clasificación de la limpieza del aire mediante la concentración de partículas (ISO 14644-1:2015).**
- **UNE 100166: 2025. Climatización. Ventilación de aparcamientos.**
- **UNE 171340:2020. Validación y cualificación de salas de ambiente controlado en hospitales.**

## Otras

- **UNE 400201:1994. Generadores de ozono. Tratamiento de aire. Seguridad química.**
- **UNE-EN ISO 16000-1:2006. Aire de interiores. Parte 1: Aspectos generales de la estrategia de muestreo. (ISO 16000-1:2004)**
- **UNE 171212:2008. Calidad de aire interior. Buenas prácticas en las operaciones de limpieza.**
- **UNE 149101:2025. Equipo de acondicionamiento de agua en el interior de los edificios. Criterios básicos de aptitud de equipos y componentes utilizados en el tratamiento del agua de consumo humano en el interior de edificios. Siguiendo el Real Decreto 3/2023, de 10 de enero, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de la calidad del agua de consumo, su control y suministro, los aparatos de tratamiento domiciliario de agua de consumo (en el caso de que los haya) en edificios, deberán seguir esta norma u otra norma o estándar análogo que garantice un nivel de protección de la salud, al menos, equivalente, cuando dichos aparatos de tratamiento estén en los puntos de uso o grifos.**
- **UNE-EN ISO/IEC 17025:2017. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. (ISO/IEC 17025:2017).**
- **UNE-EN ISO 16890-1:2017. Filtros de aire utilizados en ventilación general. Parte 1: Especificaciones técnicas, requisitos y clasificación según eficiencia basado en la materia particulada (PM). (ISO 16890-1:2016).**

- **UNE-EN ISO 15858:2017. Dispositivos UV-C. Información sobre seguridad. Límites admisibles para la exposición humana. (ISO 15858:2016).**
- **UNE-CEN/TR 17113:2017. Productos de construcción. Evaluación de la liberación de sustancias peligrosas. Radiación emitida por los materiales de construcción. Evaluación de la dosis debida a la radiación gamma (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en enero de 2018) (Versión corregida en fecha 2019-12-18):** Esta norma deberá utilizarse (o revisión posterior, según se indica en el Real Decreto) por mandato del artículo 80 del **Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes.**
- **UNE 73302:2018. Distintivos para señalización de radiaciones ionizantes:** Obliga a ella el Anexo IV del **Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes.**
- **UNE-EN 16846-1:2019. Fotocatálisis. Medición de la eficiencia de los dispositivos fotocatalíticos utilizados para la eliminación en modo activo de VOC y olores en el aire interior. Parte 1: Método de ensayo por lotes en cámara cerrada.**
- **UNE-EN 13725:2022. Emisiones de fuentes estacionarias. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica y tasa de emisión de olor.**
- **UNE-EN 1822-1:2020. Filtros absolutos (EPA, HEPA y ULPA). Parte 1: Clasificación, principios generales del ensayo y marcado.**
- **UNE-EN ISO 29464:2025 Purificación del aire y otros gases. Terminología. (ISO 29464:2024). UNE-EN ISO 14644-3:2021. Salas limpias y locales anexos controlados. Parte 3: Métodos de ensayo. (ISO 14644-3:2019, Versión corregida 2020-06).**
- **Norma UNE-EN 60335-2-65:2005, Aparatos electrodomésticos y análogos. Seguridad. Parte 2-65: Requisitos particulares para purificadores de aire y sus modificaciones vigentes.**
- **UNE-EN IEC 63086-1:2020 Purificadores de aire electrodomésticos y análogos. Métodos de medida de la aptitud para la función. Parte 1: Requisitos generales.**

- **UNE-EN IEC 63086-1:2020/A1:2024. Purificadores de aire electrodomésticos y análogos. Métodos de medida de la aptitud para la función. Parte 1: Requisitos generales.**
- **UNE-EN IEC 63086-2-1:2024. Purificadores de aire electrodomésticos y análogos. Métodos de medida de la aptitud para la función. Parte 2-1: Requisitos particulares para la determinación de la reducción de partículas (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en abril de 2024).**

# RECURSOS



## Guías y recomendaciones internacionales

- **Care for Your Air: A Guide to Indoor Air Quality.** US EPA, 2008.
- **Indoor Air Quality Guidelines (IAQGs).** French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety (ANSES), 2018.
- **Indoor Air Quality Guidelines for selected Volatile Organic Compounds (VOCs) in the UK.** Public Health England. 2019.
- **Heating, ventilation and air-conditioning systems in the context of COVID-19: first update.** Technical report. ECDC, 2020.
- **Mitigating Exposure to Traffic Pollution in and Around Schools. Guidance for Children, Schools and Local Communities.** Prashant Kumar, Hamid Omidvarborna, Yendle Barwise, Arvind Tiwari. University of Surrey, 2020.
- **Scientific Brief: SARS-CoV-2 and Potential Airborne Transmission.** CDC, 2021.
- **German Committee on Indoor Air Guide Values.** German Federal Environment Agency, 2023.
- **Norma Técnica de Medición en Baubiologie Standard der Baubiologischen Messtechnik (SBM),** 2024 (actualización de la versión 2018).
- **Air quality and health.** Health Canada. Página web y guías específicas por contaminante dirigidas a población general y profesionales.
- **Calidad del aire interior.** (US EPA).

### *Informes técnicos o estudios de referencia*

- **Evaluation of VOC emissions from building materials - Solid flooring materials.** European Commission, 1997.
- **Harmonisation of indoor material emissions labelling systems in the EU - Inventory of existing schemes.** Joint Research Centre, 2005.
- **Opinion on risk assessment on indoor air quality.** EU Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER), 2007.
- **Harmonisation framework for indoor products labelling schemes in the EU.** Joint Research Centre, 2012.

- **Harmonisation framework for health-based evaluation of indoor emissions from construction products in the European Union using the EU-LCI concept.** Joint Research Centre, 2013.
- **Première étude en France sur l'estimation du coût de la pollution de l'air intérieur.** Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), 2014.
- **Endocrine Disruptors: from Scientific Evidence to Human Health Protection.** European Parliament, 2019.
- **First Global Assessment of Air Pollution Legislation.** United Nations Environment Programme, 2021.

## OMS

- **WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. Global update 2005. Summary of risk assessment.** World Health Organization, 2005
- **WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould.** World Health Organization, 2009.
- **WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants.** WHO Regional Office for Europe, 2010.
- **WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide.** World Health Organization, 2021.
- **State of the science of endocrine disrupting chemicals – 2012.** World Health Organization, 2012.
- **WHO Guidelines for indoor air quality: Household fuel combustion,** World Health Organization, 2014.
- **Environmental Noise Guidelines for the European Region.** WHO Regional Office for Europe, 1<sup>st</sup> ed., 2018

- **A screening tool for assessment of health risks from combined exposure to multiple chemicals in indoor air in public settings for children: methodological approach.** World Health Organization. Regional Office for Europe, 2021.

## Guías y recomendaciones nacionales

- **Lipoatropía Semicircular: Protocolo de Actuación.** Generalitat de Catalunya.
- **Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios.** Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2009.
- **Guía de Calidad del Aire Interior.** Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (FENERCOM), 2016.
- **Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido.** Ministerio de Fomento e Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc-CSIC), 2016.
- **Guía para la cumplimentación de la parte IV del IEE. Condiciones básicas de protección frente al ruido.** Ministerio de Fomento e Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc-CSIC), 2016.
- **Calidad del Ambiente Interior en edificios de uso público,** Comunidad de Madrid, 2018.
- **Guía de uso de las magnitudes de aislamiento acústico en relación con las exigencias.** Ministerio de Fomento. 2019.
- **Calidad del aire interior.** OSMAN, 2020.
- **Emisión y exposición a SARS-CoV-2 y opciones de filtración.** IDAEA-CSIC, 2020.
- **Guía para ventilación en aulas.** IDAEA-CSIC. Mesura, 2020.
- **Guía de recomendaciones preventivas en calidad de aire interior, para edificios de pública concurrencia frente al coronavirus (SARS-CoV-2).** FEDECAI, 2020.
- **Guía de recomendaciones de operación y mantenimiento de los sistemas de climatización y ventilación para edificios de uso no sanitario para la prevención del contagio por COVID-19.** ATECYR, 2020.

- **Recomendaciones de operación y mantenimiento de los sistemas de climatización y ventilación de edificios y locales para la prevención de la propagación del SARS-CoV-2.** MSAN, MITERD, 2020.
- **Documento técnico Evaluación del riesgo de la transmisión de SARS-CoV-2 mediante aerosoles. Medidas de prevención y recomendaciones.** MSAN, 2020.
- **Nota informativa sobre dispositivos purificadores de aire y otros dispositivos para la desinfección de superficies.** MSAN, 2020.
- **Nota informativa sobre el uso del ozono.** MSAN, 2020.
- **Requisitos de seguridad para aparatos UV-C utilizados para la desinfección de aire de locales y superficies.** UNE, 2020.
- **Instrucción de la Viceconsejería de Organización Educativa de la Comunidad de Madrid para la correcta ventilación de los centros educativos.** Comunidad de Madrid, 2020.
- **Contaminantes químicos ambientales presentes en el día a día. Guía de recomendaciones a mujeres embarazadas y lactantes.** Universitat de Barcelona, 2020.
- **Guía de buenas prácticas para la ventilación de espacios interiores de establecimiento de hostelería y ocio,** Andalucía, 2021.
- **Guía de buenas prácticas de ventilación en el sector de la hostelería,** Comunidad de Madrid, 2021.
- **Díptico Buenas prácticas de ventilación en el sector de hostelería.** Comunidad de Madrid.
- **Ventilación como medida preventiva frente al coronavirus SARS-CoV-2.** INSST, 2021.
- **Vivienda, hogar y salud. Recomendaciones para una vivienda saludable. Guía de actuación.** Ayuntamiento de Madrid, 2022.
- **La vivienda saludable. Criterios y recomendaciones para mejorar las condiciones de habitabilidad de nuestros hogares.** OSMAN, 2022.
- **La vivienda saludable. Guía para profesionales.** OSMAN, 2022.
- **Calidad del Ambiente Interior en el trabajo.** INSST, 2022.

- **Medidas de Prevención, Higiene y Promoción de la salud frente a covid-19 para centros educativos en el curso 2020-2021.** MSAN. MEFP, 2022.
- **Guia pràctica de biohabitabilitat.** Institut Català del Sòl (INCASÒL). Generalitat de Catalunya, 2022.
- **Edificios y salud.** Green Building Council España (GBCe), 2022.
- **El impacto de la contaminación en la salud de las personas.** Grupo Aire Limpio, 2022.
- **Ventila por tu salud: Criterios y recomendaciones para evaluar y mejorar la ventilación de tu hogar.** ISGlobal, 2023.
- **Informa't sobre l'amiant.** Agència de Salut Pública de Barcelona, 2023.
- **Plan nacional para la erradicación del amianto en Cataluña.** Generalitat de Catalunya, 2023.
- **Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España.** INSST, 2024.
- **Guía Técnica de Ventilación de Espacios no Residenciales.** Confederación Nacional de Instaladores, 2025.
- **NTP del INSST:** Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias a menos que estén en una disposición normativa vigente. Para valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta, es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

## Otros

Este apartado recopila una serie de recursos que complementan la información de secciones anteriores. Aquí se incluyen algunas plataformas y redes europeas de vigilancia y monitorización de la CAI, normas relevantes de la ASHRAE, consideradas referencias fundamentales para el diseño y operación de sistemas de climatización, y se destacan proyectos innovadores sobre CAI desarrollados en Europa, Estados Unidos y Canadá. Asimismo, se ofrece una selección de softwares y herramientas que facilitan la evaluación y el control de los parámetros ambientales, junto con una recopilación de publicaciones científicas recomendadas por el Grupo de Trabajo de CAI, que contribuyen a crear una base sólida para la investigación y la implementación de mejoras en este campo.

## Plataformas y redes europeas de vigilancia y monitorización de la CAI

En este apartado se incluyen diversas iniciativas orientadas a la recopilación, análisis y armonización de datos sobre la exposición a contaminantes en ambientes interiores.

- **IPCHEM (Information Platform for Chemical Monitoring)**: Plataforma de datos desarrollada por la Comisión Europea con el objetivo de recopilar, armonizar y poner en disposición pública datos de vigilancia química generada por las autoridades europeas, los Estados miembros y diversos organismos científicos. La información se organiza en cuatro módulos principales:
  - Datos de BMH
  - Datos medioambientales
  - Datos sobre productos y ambientes interiores
  - Datos sobre alimentos y piensos
- **NORMAN (Network of reference laboratories, research centres and related organisations for monitoring of emerging environmental substances)**: Red europea de laboratorios, centros de investigación y organismos relacionados dedicada al monitoreo de sustancias químicas emergentes en el medio ambiente. Si bien NORMAN originalmente se centraba en medioambiente exterior (agua, suelos, aire), en los últimos años ha ampliado su atención a sustancias presentes en ambientes interiores.

## Normas de la ASHRAE

- Estándar ANSI/ASHRAE 55-2013: “Condiciones ambientales térmicas para la ocupación humana”
- Estándar ANSI/ASHRAE 62.1-2022 - “Ventilación y Aceptable Calidad del Aire Interior”
- Estándar ANSI/ASHRAE 62.2-2022 - “Ventilación para una Aceptable Calidad del Aire Interior, edificios residenciales”
- Estándar ANSI/ASHRAE/IES 90.1 - 2022 – “Requisitos Energéticos para Edificios excepto los Residenciales de Baja Altura”
- Estándar ASHRAE 241-2023 – “Control de Aerosoles Infecciosos”

## Proyectos sobre CAI en Europa

- **HITEA (Health effects of indoor pollutants: integrating microbial, Toxicological and Epidemiological Approaches)**: El objetivo es aclarar los impactos de la exposición en interiores en la salud de niños/as y adultos proporcionando datos exhaustivos sobre la exposición a factores biológicos y químicos en ambientes interiores europeos y combinando esta información con amplios datos de salud obtenidos de un estudio de campo y de datos obtenidos en cohortes de población.
- **SINPHONIE (Schools Indoor Pollution and Health Observatory Network in Europe database on chemical and biological pollutants)**: Calidad del aire en las escuelas europeas.
- **InAirQ (Transnational Adaption Actions for Integrated Indoor Air Quality Management)**: Iniciativa europea del programa Interreg Central Europe con el objetivo de evaluar y mejorar la calidad del aire interior de edificios escolares de cinco países ( Hungría, Italia, Polonia, República Checa y Eslovenia.
- **ICHEAR (Indoor Chemical Human Emissions and Reactivity)**: Tiene como objetivo conocer las emisiones respiratorias y cutáneas producidas por los ocupantes de los espacios interiores y cómo afectan los cambios de temperatura y humedad a las emisiones humanas y la posterior química del aire interior. Asimismo, estudia cómo afecta la exposición al O<sub>3</sub> a la química del aire interior.
- **Clean Air programme**: Su objetivo es apoyar la investigación y la innovación de alta calidad que ayuden a desarrollar soluciones prácticas para los problemas de calidad del aire y equipar al Reino Unido para abordar de manera proactiva los desafíos futuros de la calidad del aire con el fin de proteger la salud y apoyar el crecimiento limpio.
- **OFFICAIR (Indoor air pollution in modern office buildings)**: Este proyecto colaborativo europeo (España, Francia, Grecia, Hungría, Italia, Países Bajos y Portugal) pretende establecer un marco que proporcione nuevos conocimientos en términos de bases de datos, herramientas de modelado y métodos de evaluación hacia un enfoque integrado en la evaluación del riesgo para la salud derivado de la contaminación del aire interior, centrándose en los edificios de oficinas modernos. Asimismo, tiene como objetivo apoyar las políticas actuales de la UE, como la "Estrategia temática sobre la contaminación del aire" y la "Estrategia y plan de acción europeos en materia de medio ambiente y salud".

- **SAMHE (Schools' Air quality Monitoring for Health and Education)**: Es un proyecto reúne a científicos, alumnos y profesores. SAMHE está estableciendo una red de monitores de la calidad del aire en escuelas de todo el Reino Unido para generar un conjunto de datos incomparable que ayudará a los investigadores a comprender mejor la calidad del aire interior de las escuelas.
- **AIRTEC-CM (Evaluación integral de la calidad del aire urbano y cambio climático S2018/EMT-4329, 2019-2022)**: Proyecto desarrollado en la Comunidad de Madrid que investiga las interacciones entre calidad del aire biótico (hongos, bacterias, polen), abiótico (contaminantes gaseosos y partículas), meteorología y clima para avanzar en la evaluación integral de la exposición e impactos en la contaminación atmosférica en las ciudades.
- **AIRTEC-CM2 (Evaluación integral de la calidad del aire urbano y cambio climático – 2, 2024-2027)**: Tiene como objetivo mejorar la comprensión de la relación entre cambio climático y calidad del aire en la Comunidad de Madrid. Sus objetivos incluyen analizar la movilidad poblacional y su impacto en la contaminación del aire, tanto en exteriores como interiores, para evaluar la exposición total. Además, promueve una visión holística de la calidad del aire, incorporando agentes bióticos como el polen y contaminantes emergentes como las partículas ultrafinas.
- **HESE (Health Effects of School Environment). Final Scientific Report. 2006**: En este estudio se analizaron escuelas de distintos entornos (urbanos, rurales, nuevos, antiguos) mediante mediciones ambientales y cuestionarios a niños y padres. Se detectaron problemas comunes como polvo excesivo, humedad, moho y humo de tabaco ambiental. El estudio subrayó la necesidad de mejorar las condiciones ambientales escolares para proteger la salud respiratoria infantil.
- **AIRMEX (European Indoor Air Monitoring and Exposure Assessment)**: Este proyecto investigó la calidad del aire en interiores en diferentes ciudades europeas, centrándose en espacios públicos como escuelas, oficinas y hogares. Se identificó la presencia de diversos compuestos químicos relacionados con actividades cotidianas y fuentes externas, como el tráfico. Así pues, los resultados destacaron la importancia de mejorar la ventilación y el diseño de los edificios para reducir la exposición a contaminantes en espacios cerrados.
- **RADONORM: Towards effective radiation protection based on improved scientific evidence and social considerations – focus on Radon and NORM**: Proyecto financiado por el programa EURATOM Horizonte 2020, centrado en la gestión de los riesgos derivados de

la exposición al radón y a materiales radiactivos naturales (NORM) en espacios interiores, para garantizar una protección radiológica eficaz basada en la mejora de la evidencia científica y consideraciones sociales. En el marco de RADONORM se ha llevado a cabo el **proyecto RADOHOW: Ciencia ciudadana para conocer las dosis de radón en el hogar y el centro de trabajo**, en Galicia, Cantabria, Salamanca, Zaragoza y Madrid y su objetivo es medir y comparar los niveles de exposición a radón en los hogares y lugares de trabajo de 50 familias con el fin de sensibilizar sobre los riesgos para la salud asociados a este gas.

- **IDEAL Cluster**, es una iniciativa de la UE que reúne siete proyectos financiados por la UE en el marco del Horizonte Europa que abordan la calidad del aire interior y la salud:
- **K-HEALTHinAIR (Knowledge for improving indoor AIR quality and HEALTH)**: Iniciativa de investigación interdisciplinaria cuyo objetivo es evaluar los efectos de la calidad del aire interior en la salud humana mediante una campaña de monitoreo exhaustivo de contaminantes químicos y biológicos en espacios interiores. El proyecto se desarrolla a través de cinco estudios piloto en diversos entornos, como hospitales, estaciones de metro, escuelas, residencias y viviendas en Barcelona, Rotterdam, Noruega, Alemania, Polonia y Austria.
- **LEARN project: Indoor air quality at schools and children's health**: El objetivo de este proyecto es controlar y evaluar la calidad del aire interior en las escuelas y su impacto en la salud infantil.
- **InChildHealth project: Improving indoor air quality to bring about a healthier future for our children**: Su objetivo de mejorar la calidad del aire interior en entornos frecuentados por niños, como escuelas, hogares, gimnasios y medios de transporte. Su propósito es identificar los factores determinantes de la calidad del aire interior y evaluar su impacto en la salud infantil. Se lleva a cabo un estudio epidemiológico ambiental y se realizan intervenciones controladas en escuelas de Helsinki, Barcelona y Copenhague.
- **INQUIRE project: Improving indoor air quality for a healthier home and Europe**: El objetivo de este proyecto es mejorar la calidad del aire interior en los hogares europeos y se centra en la salud de los niños menores de 5 años.
- **EDIAQ (Evidence driven indoor air quality improvement)**: Estudia la contaminación del aire interior en ciudades europeas con el objetivo de conocer las fuentes, rutas de exposición y efectos sobre la salud para mejorar las directrices y la concienciación sobre la importancia de la CAI. El proyecto EDIAQ reúne a 18 organizaciones de 11 países europeos, entre los

que se encuentra la Universidad de Sevilla, que brindan una combinación de habilidades y experiencia interdisciplinarias en diferentes campos como la ciencia y la tecnología ambientales, la medicina y la toxicología, así como el diseño de políticas y la participación pública. La Campaña de Sevilla se centra en la caracterización fisicoquímica de los contaminantes del aire interior, así como en el estudio de diferencias de comportamiento y hábitos de ventilación en escenarios clave para poblaciones vulnerables en escuelas, hospitales, zonas residenciales y transporte público.

- **SynAir-G. Disrupting Noxious Synergies of Indoor Air Pollutants and their Impact in Childhood Health and Wellbeing, using Advanced Intelligent Multisensing and Green Interventions. IDEAL Indoor Air Quality Health European Cluster:** Este estudio cómo la combinación de contaminantes químicos y biológicos del aire interior afecta la salud y el bienestar infantil. Su objetivo es identificar sinergias nocivas entre estos contaminantes y desarrollar sensores inteligentes avanzados para monitorizarlos en tiempo real. Las pruebas se realizan en escuelas de varios países europeos. Además, el proyecto promueve intervenciones ecológicas y soluciones personalizadas para mejorar la calidad del aire interior, contribuyendo a políticas más efectivas en salud ambiental.
- **TwinAIR:** Emplea sensores químicos y ambientales, análisis y visualización de datos, edificios inteligentes e información sobre el comportamiento. Se implementa en seis sitios piloto diversos en Europa (España, Irlanda, Reino Unido, Suecia, Alemania y Grecia) con demostraciones que cubren viviendas residenciales, edificios de la administración pública, hospitales y escuelas, junto con determinados tipos de vehículos. En España (Valencia y Madrid), se centra en lugares de trabajo y autobuses interurbanos, y se utiliza la Estación Sur de Autobuses de Madrid como banco de pruebas del edificio para monitorizar los parámetros de CAI.

## *Proyectos sobre CAI en Estados Unidos y Canadá*

- **HOMEChem (House Observations of Microbial and Environmental Chemistry):** Este proyecto persigue determinar las fuentes de oxidantes químicos en el ambiente interior y cómo se ven afectados por los cambios en las condiciones de luz y las actividades humanas. Otro objetivo es averiguar cuáles son las principales fuentes de compuestos orgánicos en el ambiente interior y cómo las actividades humanas producen cambios físicos y químicos en los compuestos orgánicos, así como en otros compuestos presentes en cantidades mínimas.

Asimismo, pretende conocer cuáles son las fuentes de especies reactivas de nitrógeno en interiores y en qué medida su presencia está influenciada por la contaminación exterior.

- **CASA (Chemical Assessment of Surface and Air)**: Influencia de la contaminación del aire exterior en las sustancias químicas presentes en interiores, tipos de equilibrios y reacciones químicas se dan en el aire y las superficies.
- **Occurrence and Chemical Transformation of PFAS in Indoor Facilities**: Estudia la exposición a PFAS, de interés por su persistencia y efectos negativos sobre la salud, a través del aire y del polvo de los ambientes interiores.
- **SURFace consortium for Chemistry of the Indoor Environment (SURF-CIE) Program**: Se centra en los procesos moleculares que ocurren en superficies interiores y el papel de variables importantes, incluida la HR, la naturaleza molecular de la superficie y la luz.
- **Surface Chemistry of Indoor Molecular, Nano-, and Microlayers**: Este proyecto pretende cuantificar mejor las fuentes y sumideros de contaminantes del aire interior, mejorar la predicción de cambios dinámicos en la química del aire interior y abrir la puerta al diseño de revestimientos o pinturas que controlen, prevengan o mitiguen la acumulación de capas moleculares, nano y microcapas de interiores cuando sea necesario.
- **MOCCIE (MOdelling Consortium for Chemistry of Indoor Environments)**: Desarrollo de modelos fisicoquímicos completos e integrados que incluyan una representación realista de la fase gaseosa y la química de la superficie en ambientes interiores y la influencia de los ocupantes, las actividades interiores y las condiciones del edificio.
- **MOCCIE2 (MOdelling Consortium for Chemistry of Indoor Environments 2)**: Explora cuestiones como el impacto de las reacciones de los oxidantes de los ambientes interiores con la piel y la ropa, las emisiones de COV relacionadas con la limpieza y las interacciones con las superficies.
- **Chemistry of Indoor Surfaces: Roles of Relative Humidity and Light**: El objetivo general de es determinar cómo la naturaleza de la superficie juega un papel en la química de las superficies interiores midiendo la química superficial de los gases interiores con diferentes superficies relevantes, así como la influencia de la HR y la luz.
- **CHEMM (Chemistry of Homes – Environmental Microbes and Moisture)**: El proyecto pretende conocer si las emisiones químicas de las superficies en interiores están mediadas

por microorganismos biológicamente activos en el ambiente interior o si las emisiones son el resultado de transformaciones físicas y químicas.

- **Quantitative Chemical Analysis of Low Volatility Organics in Indoor Surface Films:** El proyecto se centra en el análisis químico de compuestos de baja volatilidad presentes en las películas que se crean en las superficies de los espacios interiores.
- **Acidity of Indoor Surfaces and Implications for Indoor Chemistry:** Este proyecto tiene como objetivo determinar las propiedades fundamentales de las capas de agua y su acidez o basicidad a través de sistemas de modelado para materiales de interiores.
- **Measurements of Radical Chemistry and Aerosol Production in Indoor Environments:** En este proyecto se llevan a cabo mediciones en ambientes interiores de concentraciones de radicales hidroxilos (capaces de reaccionar con COV) y radicales peroxi (producto de dicha reacción). Estos últimos, en presencia de ( $\text{NO}_x$ ), pueden dar lugar a la producción de  $\text{O}_3$  y de los aerosoles orgánicos secundarios en la atmósfera, compuestos potencialmente más tóxicos, siendo los principales componentes del smog fotoquímico.
- **Analytical Platforms for the Detection of Reactive Nitrogen Indoors:** Se centra en detectar e identificar la naturaleza química de especies nitrogenadas presentes en los ambientes interiores.
- **Improved Chemical Characterization of Indoor Organics by Isomer-resolved Spectrometry:** El objetivo principal de este proyecto es combinar la cromatografía de gases y la espectrometría de masas de ionización química para separar los isómeros por su estructura molecular junto con la cuantificación de compuestos conocidos.
- **COMODIAC (A New Community Model for Indoor Air Chemistry):** Este proyecto tiene como objetivo proporcionar un modelo de código abierto que permita explorar en detalle los procesos químicos del aire interior.
- **Development, Characterization, and Deployment of a Low-Cost Monitor for Distributed Measurements of VOCs in the Indoor Environment:** El proyecto implica el diseño y construcción del monitor de COV multisensor, mejorando la comprensión de los vínculos entre las actividades humanas, la composición del aire interior y la salud y el bienestar humanos.
- **Customization and Application of a Novel Chemically-Resolved Volatility and Polarity Separator for Improved Understanding of Indoor Air Chemistry:** Este proyecto tiene como

objetivo desarrollar un nuevo dispositivo automatizado para la medición simultánea de la composición química de gases orgánicos y partículas.

- **Indoor Sources and Sinks of Gas-Phase Oxidants**: El proyecto combina estudios de campo, laboratorio y cámara para determinar qué controla los niveles de oxidantes en el interior de espacios residenciales.
- **Hydrolysis Reactions on Indoor Surfaces: Impact on Indoor Air Chemistry**: En este estudio, mediante los principios de la química y la física, se desarrolla un modelo numérico que permite predecir cuándo y dónde los ftalatos y compuestos organofosforados pueden degradarse en interiores, generando efectos negativos para la salud.
- **Impacts of Water-Soluble Organic Gases and Surface Chemistry on Air Composition in Damp Homes**: Su objetivo principal es mejorar la caracterización de los gases orgánicos solubles en agua, su química y destino en interiores y proporcionar información clave necesaria para predecir el grado en que el agua en hogares húmedos altera la composición del aire interior.
- **Abundance, Sources, and Fates of Organic Chemicals in Residential Environments**: Tiene como objetivo caracterizar y cuantificar COV y COSV en interiores y comprender los procesos dinámicos que influyen en sus concentraciones.
- **Lab and Field Studies of Sources, Sinks, and Chemical Transformations Indoors**: En este proyecto se llevan a cabo estudios piloto en una variedad de lugares para investigar las fuentes y procesos que influyen en la composición de sustancias químicas orgánicas en ambientes interiores como aulas, comedores e instalaciones deportivas, museos, oficinas y laboratorios de una universidad.

## *Aplicaciones y herramientas*

- **Indoor Air Quality (IAQ) RiskCalculator** (OMS) calcula el riesgo de la exposición simultánea a múltiples sustancias químicas.
- **AirQ+** cuantifica los efectos en la salud de la exposición a contaminantes atmosféricos y proporciona estimaciones aproximadas de los impactos de la contaminación del aire en interiores sobre la salud.
- **COVID Risk airborne**: Estimador de transmisión aérea de Covid-19 mediante aerosoles. Calcula el riesgo de contagio en función de una serie de parámetros como los niveles de CO<sub>2</sub>.

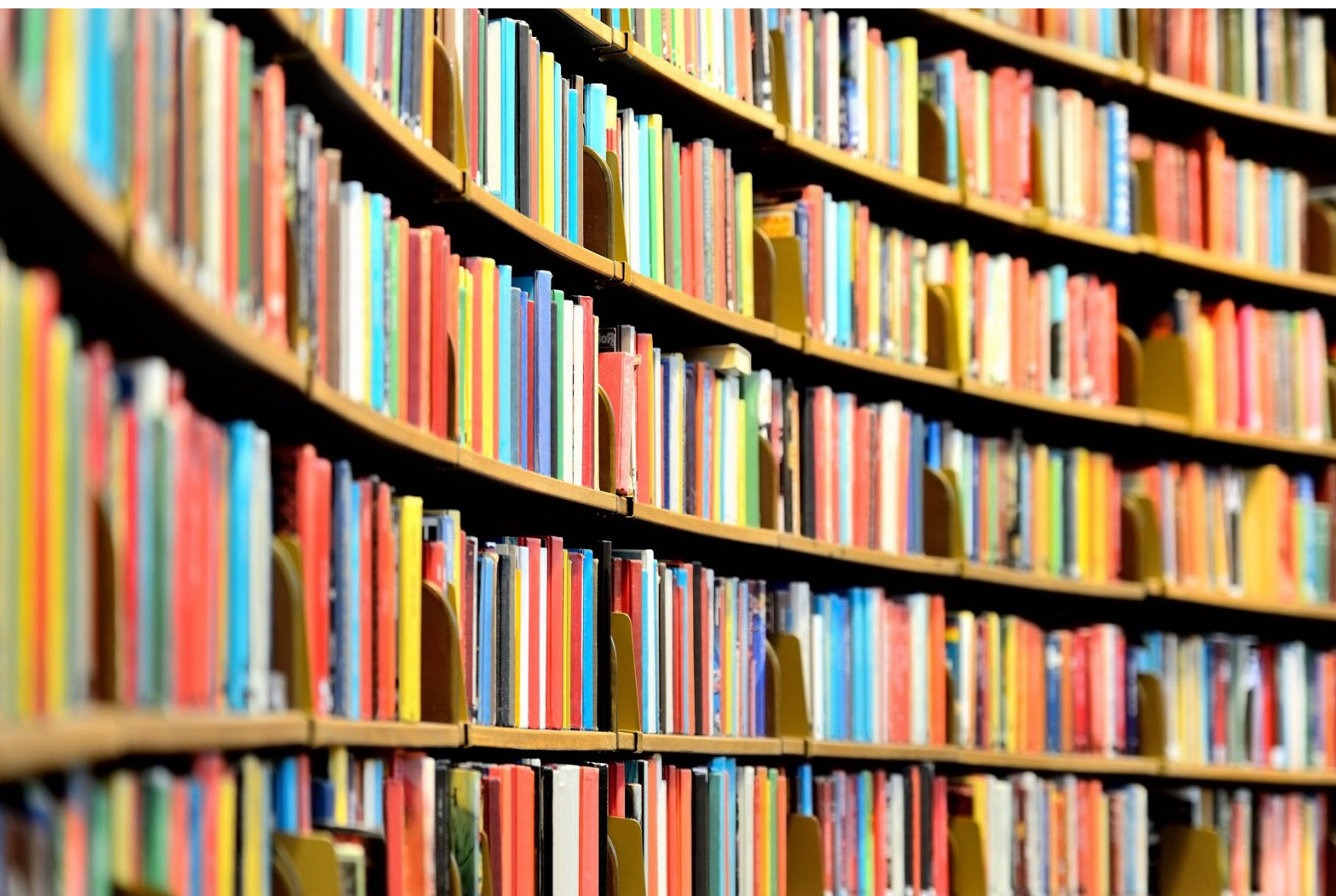
- **Indoor Air Quality Design Tools for Schools** (EPA).
- **CoSchools – Tools for Healthy Schools**: parte del proyecto CO-TRACE, financiado por el Engineering & Physical Sciences Research Council, en el que participan investigadores de la Universidad de Cambridge, la Universidad de Surrey y el Imperial College de Londres. Su objetivo es proporcionar ayuda con la implementación de monitores de CO<sub>2</sub> en las escuelas por parte del gobierno del Reino Unido.
- **Recorrido interactivo de la casa de demostración de calidad del aire interior** (US EPA).
- **Calidad del aire interior**. NIEHS.
- **IAQ Resource**. CCAIQ.
- **Herramienta de cálculo del Documento Básico de protección frente al ruido**.

## Publicaciones

- De Oliveira Fernandes E, Madureira J, Barrero J, Geiss O, Kephelopoulos S. Monitoring and auditing of indoor air quality in European buildings: status and perspectives. In: Healthy Buildings 2015 Europe Conference. Eindhoven (The Netherlands): Eindhoven University of Technology; 2015. p. ID426. Report No.: JRC95473. Disponible en: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC95473>
- Deng Z, Dong B, Guo X, Zhang J. Impact of indoor air quality and multi-domain factors on human productivity and physiological responses: a comprehensive review. Indoor Air. 2024;2024:1–25. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2024/5584960>
- Ghaffarianhoseini A, AlWaer H, Omrany H, Ghaffarianhoseini A, Alalouch C, Clements-Croome D, Tookey J. Sick building syndrome: are we doing enough? Archit Sci Rev. 2018;61(3):99–121. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00038628.2018.1461060>
- Hodshire AL, Carter E, Mattila JM, Ilacqua V, Zambrana J, Abbatt JPD, Abeleira A, Arata C, DeCarlo PF, Goldstein AH, Ruiz LH, Vance ME, Wang C, Farmer DK. Detailed investigation of the contribution of gas-phase air contaminants to exposure risk during indoor activities. Environ Sci Technol. 2022;56(17):12148–57. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c01381>

- Lee YK, Kim YI, Kim GH. Indoor air quality diagnosis program for school multi-purpose activity and office spaces. *Energies* 2022;15(21):8134. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/en15218134>
- Mata TM, Martins AA, Calheiros CSC, Villanueva F, Alonso-Cuevilla NP, Gabriel MF, Silva GV. Indoor air quality: a review of cleaning technologies. *Environments*. 2022;9(9):118. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/environments9090118>
- Mohammadyan M, Alizadeh-Larimi A, Etemadinejad S, Latif MT, Heibati B, Yetilmezsoy K, Abdul-Wahab SA, Dadvand P. Particulate air pollution at schools: indoor-outdoor relationship and determinants of indoor concentrations. *Aerosol Air Qual Res*. 2017;17:857–64. Disponible en: <https://doi.org/10.4209/aaqr.2016.03.0128>
- Rawat N, Kumar P. Interventions for improving indoor and outdoor air quality in and around schools. *Sci Total Environ*. 2023;858:159813. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159813>
- Rivas E, Martilli A, Santiago JL, Meier F, Sanchez B, Martin F. Impact of cool roofs on thermal comfort and air quality at street level during a heat wave episode in Madrid. *EMS Annual Meeting 2024, Barcelona, Spain, 1–6 Sep 2024, EMS2024-764*. Disponible en: <https://doi.org/10.5194/ems2024-764>
- Shetty SS, Deepthi D, Harshitha S, Sonkusare S, Naik PB, Kumari S, Madhyastha H. Environmental pollutants and their effects on human health. *Heliyon*. 2023 Aug 25;9(9):e19496. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19496>
- van Drooge BL, Rivas I, Querol X, Sunyer J, Grimalt JO. Organic air quality markers of indoor and outdoor PM2.5 aerosols in primary schools from Barcelona. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(10):3685. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph17103685>

# BIBLIOGRAFÍA



1. Felgueiras F, Mourão Z, Moreira A, Fonseca MF. Indoor environmental quality in offices and risk of health and productivity complaints at work: a literature review. *J Hazard Mater Adv.* 2023;10:100314. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2023.100314>
2. Chirico F, Settimo G, Magnavita N. Indoor air quality and indoor environmental quality: the role of occupational health surveillance and the cooperation between public and occupational health stakeholders. *J Health Soc Sci.* 2023;8(4):262–9. Disponible en: <https://doi.org/10.19204/2023/NDOO1>
3. Goshua A, Sampath V, Efobi JA, Nadeau K. The role of climate change in asthma. *Adv Exp Med Biol.* 2023;1426:25–41. Disponible en: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-32259-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-031-32259-4_2)
4. Xu Q, Zhou Q, Chen J, Li T, Ma J, Du R, Su M, Li J, Xu M, Sun S, Ma J, Ramanathan, MJr, Zhang Z. The incidence of asthma attributable to temperature variability: an ecological study based on 1990–2019 GBD data. *Sci Total Environ.* 2023;904:166726. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166726>
5. Nanda A, Mustafa SS, Castillo M, Bernstein JA. Air pollution effects in allergies and asthma. *Immunol Allergy Clin North Am.* 2022;42(4):801–15. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.iac.2022.06.004>
6. Pinho-Gomes AC, Roaf E, Fuller G, Fowler D, Lewis A, ApSimon H, Noakes C, Johnstone P, Holgate S. Air pollution and climate change. *Lancet Planet Health.* 2023;7(9):e727–8. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(23\)00189-4](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(23)00189-4)
7. Areal AT, Zhao Q, Wigmann C, Schneider A, Schikowski T. The effect of air pollution when modified by temperature on respiratory health outcomes: a systematic review and meta-analysis. *Sci Total Environ.* 2022;811:152336. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152336>
8. World Meteorological Organization. Vicious circle of climate change, wildfires and air pollution has major impacts. 2023. Disponible en: <https://wmo.int/media/news/vicious-circle-of-climate-change-wildfires-and-air-pollution-has-major-impacts>
9. Climate and Clean Air Coalition. UN declares healthy environment – including clean air – a human right. 2022. Disponible en: <https://www.ccacoalition.org/news/un-declares-healthy-environment-including-clean-air-human-right>
10. World Health Organization. Ambient (outdoor) air quality and health. Disponible en: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

11. Royal College of Physicians. Every breath we take: the lifelong impact of air pollution. London: RCP; 2016. Disponible en: <https://rcp.ac.uk/media/jzul5jgn/every-breath-we-take-the-lifelong-impact-of-air-pollution-full-report.pdf>
12. Chojer H, Branco PTBS, Martins FG, Sousa SIV. A novel low-cost sensors system for real-time multipollutant indoor air quality monitoring: development and performance. *Build Environ.* 2024;266:112055. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112055>
13. Ródenas García M, Spinazzé A, Branco PTBS, Borghi F, Villena G, Cattaneo A, Di Gilio A, Mihucz VG, Gómez Álvarez E, Lopes SI, Bergmans B, Orłowski C, Karatzas K, Marques G, Saffell J, Sousa SIV. Review of low-cost sensors for indoor air quality: features and applications. *Appl Spectrosc Rev.* 2022;57(9–10):747–79. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/05704928.2022.2085734>
14. US Environmental Protection Agency. The total exposure assessment methodology (TEAM) study: summary and analysis: Volume I. Washington (DC): US Environmental Protection Agency; 1987. Report No.: EPA/600/6-87/002a. Disponible en: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/2000UC5T.PDF?Dockey=2000UC5T.PDF>
15. Kotzias D. Exposure to volatile organic compounds in indoor/outdoor environments and methodological approaches for exposure estimates—the European paradigm. *J Hazard Mater Adv.* 2022;8:100197. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100197>
16. Wanner HU, Kuhn M. Indoor air pollution by building materials. *Environ Int.* 1986;12(1–4):311–5. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0160-4120\(86\)90044-9](https://doi.org/10.1016/0160-4120(86)90044-9)
17. Levin H. Building materials and indoor air quality. *Occup Med.* 1989;4(4):667–93. PMID: 2690380
18. Ruiz-Jiménez J, Heiskanen I, Tanskanen V, Hartonen K, Riekkola ML. Analysis of indoor air emissions: from building materials to biogenic and anthropogenic activities. *J Chromatogr Open.* 2022;2:100041. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jcoa.2022.100041>
19. Pekdogan T. Evaluating the impact of building materials on indoor air quality: a critical analysis. *Sakarya Univ J Sci.* 2024;28(4):824–43. Disponible en: <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.1457545>
20. Girman JR, Hodgson AT, Newton AS, Winkes AW. Emissions of volatile organic compounds from adhesives with indoor applications. *Environ Int.* 1986;12(1–4):317–21. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0160-4120\(86\)90045-0](https://doi.org/10.1016/0160-4120(86)90045-0)

21. Agence Qualité Construction (AQC). Penser qualité de l'air intérieur en phase chantier. Guide méthodologique. ICHAQAI; 2019. Disponible en: <https://ichaqai.qualiteconstruction.com/le-projet-ichaqai/>
22. Lin B, Huangfu Y, Lima N, Jobson B, Kirk M, O'Keeffe P, Pressley SN, Walden V, Lamb B, Cook DJ. Analyzing the relationship between human behavior and indoor air quality. *J Sens Actuator Netw.* 2017;6(3):13. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/jsan6030013>
23. Montuori P, Gioia M, Sorrentino M, Di Duca F, Pennino F, Messineo G, Maccauro ML, Riello S, Trama U, Triassi M, Nardone A. Determinants analysis regarding household chemical indoor pollution. *Toxics.* 2023;11(3):264. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/toxics11030264>
24. Bhoonah, R.; Mendez, M.; Maury-Micolier, A. Human health impacts and indoor chemical reactions of VOCs from cleaning products and occupants. *Atmospheric Environment.* 2024;338:120846. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2024.120846>
25. Vu TV, Stewart GB, Kitwiroon N, Lim S, Barratt B, Kelly FJ, Thompson R, Smith RB, Toledano MB, Beevers SD. Assessing the contributions of outdoor and indoor sources to air quality in London homes of the SCAMP cohort. *Build Environ.* 2022;222:109359. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109359>
26. Martins V, Faria T, Diapouli E, Manousakas MI, Eleftheriadis K, Viana M, Almeida SM. Relationship between indoor and outdoor size-fractionated particulate matter in urban microenvironments: levels, chemical composition and sources. *Environ Res.* 2020;183:109203. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109203>
27. Kishi R, Norbäck D, Araki A, eds. Indoor environmental quality and health risk toward healthier environment for all. Singapore: Springer; 2020. Disponible en: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-32-9182-9>
28. IQAir. 2020 World Air Quality Report – Region & City PM<sub>2.5</sub> Ranking [Internet]. 2020. Disponible en: <https://www.iqair.com/dl/pdf-reports/world-air-quality-report-2020-en.pdf>
29. Wang J, Du W, Lei Y, Chen Y, Wang Z, Mao K, Tao S, Pan B. Quantifying the dynamic characteristics of indoor air pollution using real-time sensors: Current status and future implication. *Environ Int.* 2023;175:107934. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2023.107934>

30. Ministerio de Sanidad; Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Plan Estratégico de Salud y Medioambiente 2022-2026. 2022. Disponible en: [https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/pesma/docs/241121\\_PESMA.pdf](https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/pesma/docs/241121_PESMA.pdf)
31. Ministerio de Sanidad; Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Plan Estratégico de Salud y Medioambiente 2022–2026. 2º Programa de Actuación (2024–2025). 2024. Disponible en: [https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/pesma/programasActuacion/docs/2do\\_PA\\_PESMA.pdf](https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/pesma/programasActuacion/docs/2do_PA_PESMA.pdf)
32. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Standard 62.1-2019: Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Atlanta: ASHRAE; 2019. Disponible en: [https://webstore.ansi.org/preview-pages/ASHRAE/preview\\_ANSI+ASHRAE+62.1-2019.pdf](https://webstore.ansi.org/preview-pages/ASHRAE/preview_ANSI+ASHRAE+62.1-2019.pdf)
33. Branco, P.T.B.S.; Sousa, S.I.V.; Dudzinska, M.R.; Ruzgar, D.G.; Mutlu, M.; Panaras, G.; Papadopoulos, G.; Saffell, J.; Scutaru, A.M.; Struck, C.; Weersink, A. A review of relevant parameters for assessing indoor air quality in educational facilities. *Environmental Research* 2024;261: 119713. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2024.119713>
34. Jung, C. Qassimi, N.A.; Arar, M.; Award, J. The analysis of indoor air pollutants from finishing material of new apartments at Business Bay, Dubai. *Frontiers in Built Environment*. 2021;7: 765689. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.765689>
35. Costa, N.A.; Ohlmeyer, M., Ferra, J.; Magalhães, F.D.; Mendes, A.; Carvalho, L. The influence of scavengers on VOC emissions in particleboards made from pine and poplar. *European Journal of Wood and Wood products* 2014;72:117-121. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00107-013-0761-9>
36. Athanassiadou E, Ohlmeyer M. Chapter 11: Emissions of formaldehyde and VOC from wood-based panels. In: Fan M, et al., editors. *Performance in use and new products of wood based composites*. London: Brunel University Press; 2009. Disponible en: <https://chimarhellas.com/wp-content/uploads/2021/06/Emissions-of-Formaldehyde-and-VOC-from-Wood-based-Panels-in-Performance-in-Use-and-New-Products-of-Wood-Based-Composites.pdf>
37. Tichenor, B.A.; Guo, Z. (1991). The effect of ventilation on emission rates of wood finishing materials. *Environment International*. 1991;17(4):317-323. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0160-4120\(91\)90018-L](https://doi.org/10.1016/0160-4120(91)90018-L)

38. Eberhard, T.; Casillas, G.; Zarus, G.M.; Barr, D.B. Systematic review of microplastics and nanoplastics in indoor and outdoor air: identifying a framework and data needs for quantifying human inhalation exposures. *Journal of exposure science and environmental epidemiology*. 2024;34: 186-196. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41370-023-00634-x>
39. Kek HY, Tan H, Othman MHD, Nyakuma BB, Ho WS, Sheng DDCV, Kang HS, Chan YT, Lim NHAS, Leng PC, Wahab NHA, Wong KY. Critical review on airborne microplastics: an indoor air contaminant of emerging concern. *Environ Res*. 2023;245(15):118055. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.118055>
40. Arfaenia H, Ghaemi M, Jahantigh A, Soleimani F, Hashemi H. Secondhand and thirdhand smoke: a review on chemical contents, exposure routes, and protective strategies. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2023;30(32):78017–78029. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-28128-1>
41. Jacob P 3rd, Benowitz NL, Destailats H, Gundel L, Hang B, Martins-Green M, Matt GE, Quintana PJE, Samet JM, Schick SF, Talbot P, Aquilina NJ, Hovell MF, Mao JH, Whitehead TP. Thirdhand smoke: new evidence, challenges, and future directions. *Chem Res Toxicol*. 2017;30(1):270–294. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.chemrestox.6b00343>
42. Lidón-Moyano C, Díez-Izquierdo A, Martínez-Sánchez JM. Humo de tercera mano y otros retos del control del tabaquismo en población pediátrica. *Anales de Pediatría*. 2020;93(5):279-281. ISSN 1695-4033. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1016/j.anpedi.2020.05.005>
43. Wu T, Müller T, Wang N, Byron J, Langer S, Williams J, Licina D. Indoor emission, oxidation, and new particle formation of personal care product related volatile organic compounds. *Environ Sci Technol Lett*. 2024; 11:1053–1061. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.4c00353>
44. Jin MY, Zhang LY, Peng ZR, He HD, Kumar P, Gallagher J. The impact of dynamic traffic and wind conditions on green infrastructure performance to improve local air quality. *Sci Total Environ*. 2024;917:170211. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170211>
45. Gómez I, Molina S, Galiana-Merino JJ. Evaluating the influence of air pollution on solar radiation observations over the coastal region of Alicante (Southeastern Spain). *J Environ Sci*. 2023;126:633–643. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.05.004>

46. U.S. Environmental Protection Agency. Altitude as a factor in air pollution. Washington, D.C.: EPA; 1978. Report No.: EPA/600/9-78/015. Disponible en: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/2000TAGZ.PDF?Dockey=2000TAGZ.PDF>
47. Cárdenas Rodríguez M, Dupont-Courtade L, Oueslati W. Air pollution and urban structure linkages: evidence from European cities. OECD Environment Working Papers. 2015;(96). Disponible en: <https://doi.org/10.1787/5jrp6w9xlbg6-en>
48. Fischer PH, Hoek G, Van Reeuwijk H, Briggs DJ, Lebret E, Van Wijnen JH, Kingham S, Elliott PE. Traffic-related differences in outdoor and indoor concentrations of particles and volatile organic compounds in Amsterdam. Atmos Environ. 2000;34(22):3713–3722. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(00\)00067-4](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(00)00067-4)
49. Aerts R, Bruffaerts N, Somers B, Demoury C, Plusquin M, Nawrot TS, Hendrickx M. Tree pollen allergy risks and changes across scenarios in urban green spaces in Brussels, Belgium. Landsc Urban Plan. 2021;207:104001. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.104001>
50. Liu X, Lv X, Peng Z, Shi C. Experimental study of airflow and pollutant dispersion in cross-ventilated multi-room buildings: effects of source location and ventilation path. Sustain Cities Soc. 2020;52:101822. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101822>
51. Jiang Z, Kobayashi T, Yamanaka T, Sandberg M. A literature review of cross ventilation in buildings. Energy Build. 2023;291:113143. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113143>
52. Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER). Preliminary report on risk assessment on indoor air quality. Brussels: European Commission; 2007. Disponible en: [https://ec.europa.eu/health/ph\\_risk/committees/04\\_scher/docs/scher\\_o\\_048.pdf](https://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scher/docs/scher_o_048.pdf)
53. Santiago JL, Rivas E, Buccolieri R, Martilli A, Vivanco MG, Borge R, Carlo OS, Martín F. Indoor–outdoor pollutant concentration modelling: a comprehensive urban air quality and exposure assessment. Air Qual Atmos Health. 2022;15(9):1583–1608. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11869-022-01204-0>
54. Rivas E, Santiago JL, Martín F, Martilli A. Impact of natural ventilation on exposure to SARS-CoV-2 in indoor/semi-indoor terraces using CO<sub>2</sub> concentrations as a proxy. J Build Eng. 2022;46:103725. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.103725>

55. Rivas E, Santiago JL, Martín F, Martilli A, Díaz E, Gómez-Moreno FJ, Artiñano B, Román-Cascón C, Yagüe C, De la Paz D, Borge R. Indoor-outdoor NO<sub>x</sub> modelling in a single-side naturally ventilated room in a real building in Madrid. *J Build Eng.* 2024;108403. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.108403>
56. WHO Regional Office for Europe. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Copenhagen: World Health Organization; 2010. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789289002134>
57. Shrubsole C, Dimitroulopoulou S, Foxall K, Gadeberg B, Doutsis A. IAQ guidelines for selected volatile organic compounds (VOCs) in the UK. *Build Environ.* 2019;165:106382. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106382>
58. World Health Organization. WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Geneva: World Health Organization; 2021. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228>
59. Cheng X, Zhang H, Pan W, Liu S, Zhang M, Long Z, Zhang T, Chen Q. Field study of infiltration rate and its influence on indoor air quality in an apartment. *Procedia Eng.* 2017;205:3954–3961. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.09.853>
60. Rósch C, Kohajda T, Róder S, Von Bergen M, Schlink U. Relationship between sources and patterns of VOCs in indoor air. *Atmos Pollut Res.* 2014;5(1):129–137. Disponible en: <https://doi.org/10.5094/APR.2014.016>
61. Salthammer T, Zhang Y, Mo J, Koch HM, Weschler CJ. Assessing human exposure to organic pollutants in the indoor environment. *Angew Chem Int Ed Engl.* 2018;57(38):12228–12263. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/anie.201711023>
62. Wolkoff P. Indoor air chemistry: Terpene reaction products and airway effects. *Int J Hyg Environ Health.* 2020;225:113439. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.113439>
63. Carslaw N, Shaw D. Modification of cleaning product formulations could improve indoor air quality. *Indoor Air.* 2022;32(3):e13021. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ina.13021>
64. Arata C, Misztal PK, Tian Y, Lunderberg DM, Kristensen K, Novoselac A, Vance ME, Farmer DK, Nazaroff WW, Goldstein AH. Volatile organic compound emissions during HOMEChem. *Indoor Air.* 2021;31(6):2099–2117. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ina.12906>
65. Mattila JM, Arata C, Wang C, Katz EF, Abeleira A, Zhou Y, Zhou S, Goldstein AH, Abbatt JPD, DeCarlo PF, Farmer DK. Dark chemistry during bleach cleaning enhances oxidation of organics

and secondary organic aerosol production indoors. *Environ Sci Technol Lett.* 2020;7(9):715–720. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.0c00573>

66. Abbatt JP, Wang C. The atmospheric chemistry of indoor environments. *Environ Sci Process Impacts.* 2020;22:25–48. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/C9EM00386J>

67. Young CJ, Zhou S, Siegel JA, Kahan TF. Illuminating the dark side of indoor oxidants. *Environ Sci Process Impacts.* 2019;21(8):1229–1239. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/C9EM00111E>

68. Gängler S, Makris K, Bouhamra W, Dockery DW. Coupling external with internal exposure metrics of trihalomethanes in young females from Kuwait and Cyprus. *J Expo Sci Environ Epidemiol.* 2018;28:140–146. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/jes.2017.27>

69. García Nieto A, Marta Morales I. Calidad del aire interior en edificios de uso público. Dirección General de Salud Pública. Madrid: Consejería de Sanidad de la Comunidad de Madrid; 2019. Disponible en: <https://www.madrid.org/bvirtual/BVCM020191.pdf>

70. UK Health Security Agency. Carbon monoxide: toxicological overview. 2022. Disponible en: <https://www.gov.uk/government/publications/carbon-monoxide-properties-incident-management-and-toxicology/carbon-monoxide-toxicological-overview>

71. Higuera E, Neila J, Acha C, Barbero M. Edificios saludables. Criterios y recomendaciones para mejorar las condiciones de habitabilidad de nuestros hogares. Guía para profesionales. Granada: Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía OSMAN, Escuela Andaluza de Salud Pública, Dirección General de Salud Pública y Ordenación Farmacéutica, Consejería de Salud y Consumo; 2022. Disponible en: <https://www.osman.es/download/la-vivienda-saludable-profesionales/>

72. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). El impacto del dióxido de nitrógeno en la calidad del aire interior. Disponible en: <https://espanol.epa.gov/cai/el-impacto-del-dioxido-de-nitrogeno-en-la-calidad-del-aire-interior>

73. World Health Organization. Health impacts of air quality: Types of pollutants. World Health Organization. Disponible en: <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/air-quality-and-health/health-impacts/types-of-pollutants>

74. Environmental Protection Agency. Fundamentos del dióxido de azufre. U.S. Environmental Protection Agency. Disponible en: <https://www.epa.gov/so2-pollution/sulfur-dioxide-basics>

75. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios. 2009. Disponible en: <https://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-instalaciones-de-biomasa-termica-en-edificios>
76. Lai D, Karava P, Chen Q. Study of outdoor ozone penetration into buildings through ventilation and infiltration. *Build Environ.* 2015;93:112–118. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132315300299>
77. US EPA. Introduction to indoor air quality. Disponible en: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/introduction-indoor-air-quality>
78. Nazaroff WW, Weschler CJ. Cleaning products and air fresheners: Exposure to primary and secondary air pollutants. *Atmos Environ.* 2004;38(18):2841–2865. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.02.040>
79. Nørgaard AW, Kudal JD, Kofoed-Sørensen V, Koponen IK, Wolkoff P. Ozone initiated VOC and particle emissions from a cleaning agent and an air freshener: Risk assessment of acute airway effects. *Environ Int.* 2014;68:209–218. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.03.029>
80. Fromme H, Debiak M, Sagunski H, Röhl C, Kraft M, Kolossa-Gehring M. The German approach to regulate indoor air contaminants. *Int J Hyg Environ Health.* 2019;222:347–354. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2018.12.012>
81. García-González H, López-Pola T, Fernández-Rubio P, Fernández-Rodríguez P. Analysis of volatile organic compound emissions in 3D printing: Implications for indoor air quality. *Buildings.* 2024;14(11):3343. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2075-5309/14/11/3343>
82. IARC. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Overall evaluations of carcinogenicity: an updating of IARC monographs volumes 1 to 42. Suppl. 7. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 1987:38–74. Disponible en: <https://publications.iarc.who.int/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-Supplements/Overall-Evaluations-Of-Carcinogenicity-An-Updating-Of-IARC-Monographs-Volumes-1%E2%80%9342-1987>
83. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Formaldehyde, 2-butoxyethanol and 1-tert-butoxy-2-propanol. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 88. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2006. Disponible en: <https://publications.iarc.who.int/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On->

[The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Formaldehyde-2-Butoxyethanol-And-1--Em-Tert-Em--Butoxypropan-2-ol-2006](#)

84. IARC. Trichloroethylene, Tetrachloroethylene, and Some Other Chlorinated Agents. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 106. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 2014. Disponible en: <https://publications.iarc.who.int/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Trichloroethylene-Tetrachloroethylene-And-Some-Other-Chlorinated-Agents-2014>
85. Sonne C, Xia C, Dadvand P, Targino AC, Lam SS. Indoor volatile and semi-volatile organic toxic compounds: need for global action. J Build Eng. 2022;62:105344. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105344>
86. Ataei Y, Sun Y, Liu W, Ellie AS, Dong H, Ahmad UM. Health effects of exposure to indoor semi-volatile organic compounds in Chinese building environment: a systematic review. Int J Environ Res Public Health. 2022;20(1):678. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph20010678>
87. World Health Organization. Human health effects of polycyclic aromatic hydrocarbons as ambient air pollutants: report of the Working Group on Polycyclic Aromatic Hydrocarbons of the Joint Task Force on the Health Aspects of Air Pollution. Geneva: WHO; 2021. Disponible en: <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289056533>
88. International Agency for Research on Cancer (IARC). Naphthalene. In: Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum. Vol. 82. Lyon (FR): IARC; 2002. Disponible en: <https://www.inchem.org/documents/iarc/vol82/82-06.html>
89. Carl Roth GmbH + Co. KG. Ficha de datos de seguridad: Naftaleno ≥99% para síntesis. Nº de artículo: 6714. Versión 3.0 es. Revisión: 13 de mayo de 2022. Karlsruhe: Carl Roth GmbH + Co. KG; 2017. Disponible en: [https://www.carlroth.com/downloads/sdb/es/6/SDB\\_6714\\_ES\\_ES.pdf](https://www.carlroth.com/downloads/sdb/es/6/SDB_6714_ES_ES.pdf)
90. García-González H, López-Pola MT. Unlocking the nanoparticle emission potential: a study of varied filaments in 3D printing. Environ Sci Pollut Res. 2024;31(11):3343. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-024-33257-2>
91. García-González H, Domat M, López-Pola T, Fernández-Rubio P, Fernández-Rodríguez P. Particulate matter characterization in a hospital's underground car park. J Hazardous Materials Risk. 2024;1(4):13. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2674-0516/1/4/13>

92. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Health Risks of Indoor Exposure to Fine Particulate Matter and Practical Mitigation Solutions. Washington, DC: The National Academies Press; 2024. Disponible en: <https://doi.org/10.17226/27341>
93. Ministerio de Sanidad (España). Plan Nacional contra el radón. Madrid: Secretaría General Técnica, Centro de Publicaciones; 2024. Disponible en: [https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/riesgosAmbientales/radon/publicaciones/docs/Plan\\_Nacional\\_contra\\_el\\_Radon.pdf](https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/riesgosAmbientales/radon/publicaciones/docs/Plan_Nacional_contra_el_Radon.pdf)
94. Ruano-Raviña A, Barros-Dios JM. Radón y cáncer de pulmón. Implicaciones para profesionales sanitarios, ciudadanos y administraciones públicas. Med Clin (Barc). 2007;128(4):545-9. Disponible en: <https://doi.org/10.1157/13101166>
95. IARC. Man-made Mineral Fibres and Radon. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 43. Lyon: International Agency for Research on Cancer; 1988. Disponible en: <https://publications.iarc.who.int/publications/media/download/1592/bddb727065b1d7fdd48a42fa4e9e9cf758ce65e.pdf>
96. Organización Mundial de la Salud. El radón y sus efectos en la salud. 2021. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health>
97. Ruano-Ravina A, Varela Lema L, García Talavera M, García Gómez M, González Muñoz S, Santiago-Pérez MI, Rey-Brandariz J, Barros-Dios J, Pérez-Ríos M. Lung cancer mortality attributable to residential radon exposure in Spain and its regions. Environ Res. 2021;199:111372. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111372>
98. Organización Mundial de la Salud. Manual de la OMS sobre el radón en interiores: una perspectiva de salud pública. 2015. Disponible en: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/161913/1/9789243547671\\_spa.pdf?ua=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/161913/1/9789243547671_spa.pdf?ua=1)
99. International Commission on Radiological Protection. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann ICRP. 2007;37(2-4):1-332. Oxford (UK): Elsevier. Disponible en: [https://www.icrp.org/docs/icrp\\_publication\\_103-annals\\_of\\_the\\_icrp\\_37\(2-4\)-free\\_extract.pdf](https://www.icrp.org/docs/icrp_publication_103-annals_of_the_icrp_37(2-4)-free_extract.pdf)
100. Linares Alemparte P, García Ortega S. Guía de rehabilitación frente al radón. 2020. Disponible en:

[https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/GuiaRadon/Guia\\_de\\_rehabilitacion\\_frente\\_a\\_l\\_radon+Fichas.pdf](https://www.codigotecnico.org/pdf/GuiasyOtros/GuiaRadon/Guia_de_rehabilitacion_frente_a_l_radon+Fichas.pdf)

101. World Health Organization. Elimination of asbestos-related diseases. Geneva: WHO; 2006. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-SDE-OEH-06.03>

102. Calvo Cerrada B, Martí-Amengual G, Sanz-Gallen P. Presencia del amianto en la vida cotidiana: riesgos para la salud. FMC. 2020;27(1):1-3. Disponible en: <https://www.fmc.es/es-presencia-del-amianto-vida-cotidiana-articulo-S1134207219302130>

103. Ministerio de Sanidad. Directrices para la retirada del amianto instalado. Elaboración de un censo de instalaciones y emplazamientos con amianto y criterios de priorización para su retirada. Gestión de los residuos con amianto. 2024. Disponible en: [https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/riesgosAmbientales/sueloHabitat/residuos/docs/DIRECTRICES\\_DA\\_Ley\\_Residuos\\_JUNIO\\_2024.pdf](https://www.sanidad.gob.es/areas/sanidadAmbiental/riesgosAmbientales/sueloHabitat/residuos/docs/DIRECTRICES_DA_Ley_Residuos_JUNIO_2024.pdf)

104. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Calidad del Ambiente Interior en el trabajo. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo; 2022. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/2927460/Calidad+del+Ambiente+Interior+en+el+trabajo.pdf>

105. Green Building Council España. Edificios y salud: reinventar el hábitat pensando en la salud de las personas. Madrid: GBCE; 2021. Disponible en: <https://gbce.es/recursos/edificios-y-salud-reinventar-el-habitat-pensando-en-la-salud-de-las-personas/>

106. Caro R, Redondas Marrero MD, Martínez A, Cuerda E, Barbero-Barrera MM, Neila J, Aguilón-Robles J, Ramos-Palacios, CR. Data-driven research into the inaccuracy of traditional models of thermal comfort in offices. Build Environ. 2024;248:111104. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.111104>

107. De Luxán García de Diego M, Sánchez-Guevara Sánchez C, Román López E, Barbero-Barrera MM, Gómez Muñoz G. Re-habilitación energética exprés para hogares vulnerables. Soluciones de bajo coste. Fundación Naturgy; 2022. Disponible en: <https://www.fundacionnaturgy.org/publicacion/re-habilitacion-energetica-expres-para-hogares-vulnerables-soluciones-de-bajo-coste-actualizacion-2022/>

108. De Luxán M, Vázquez M, Gómez G, Román E, Barbero M. Actuaciones con criterios de sostenibilidad en la rehabilitación de viviendas en el centro de Madrid. EMVS; 2009. Disponible

en:<https://www.nasuvinsa.es/es/fondo-documental/actuaciones-con-criterios-de-sostenibilidad-en-la-rehabilitacion-de-viviendas-en>

109. Neila González FJ, Bedoya Frutos C. Técnicas arquitectónicas y constructivas de acondicionamiento ambiental. Madrid: Ediciones Munilla-Lería; 1997. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=74877>

110. Aguilar-Carrasco MT, Domínguez-Amarillo S, Acosta I, Sendra JJ. Indoor lighting design for healthier workplaces: natural and electric light assessment for suitable circadian stimulus. Opt Express. 2021;29(19):29899–29917. Disponible en: <https://doi.org/10.1364/OE.430747>

111. Moore-Ede M, Blask DE, Cain SW, Heitmann A, Nelson RJ. Lights should support circadian rhythms: evidence-based scientific consensus. Front Photonics. 2023; 4:1272934. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fphot.2023.1272934>

112. World Health Organization. Environmental noise guidelines for the European Region. 1st ed. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2018. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789289053563>

113. Recio A, Linares C, Banegas JR, Díaz J. Road traffic noise effects on cardiovascular, respiratory, and metabolic health: an integrative model of biological mechanisms. Environ Res. 2016;146:359–70. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.12.036>

114. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Calidad de ambiente interior en oficinas; identificación, análisis y priorización de actuación frente al riesgo. Madrid: INSHT; 2015. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/96076/CAI+en+oficinas.pdf/cf678a1a-ac21-40a7-9c31-a22efe5428d3?t=1526555136853>

115. Zhang H, Zhang H, Arens E, Jin L, He Y, Zhou E, Zhou L, Hu J. A study of the inhibitory effect and mechanism of airflow regarding mould on building surfaces. Front Archit Res. 2024;13(5):1067-1078. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foar.2024.03.007>

116. Du C, Li B, Yu W. Indoor mould exposure: Characteristics, influences and corresponding associations with built environment - a review. J Build Eng. 2021;35:101983. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101983>

117. Altamirano-Medina, H.; Marincioni, V. Assessing the Impact on Heat Loss and Mould Growth of Thermal Bridges Resulting from Internal Wall Insulation. In Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Building

(IAQVEC), Seoul, Republic of Korea, 22–26 October 2016. [Google Scholar] Disponible en: [https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1522573/1/Assessing%20the%20Impact%20on%20Heat%20Loss%20and%20Mould%20Growth%20of%20Thermal%20Bridges%20Resulting%20from%20Internal%20Wall%20Insulation\\_Altamirano%2C%20Marincioni.pdf](https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1522573/1/Assessing%20the%20Impact%20on%20Heat%20Loss%20and%20Mould%20Growth%20of%20Thermal%20Bridges%20Resulting%20from%20Internal%20Wall%20Insulation_Altamirano%2C%20Marincioni.pdf)

118. Sharpe RA, Thornton CR, Nikolaou V, Osborne NJ. Higher energy efficient homes are associated with increased risk of doctor diagnosed asthma in a UK subpopulation. *Environ Int.* 2014;75:234-244. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.11.017>

119. Sun Y, Hou J, Sheng Y, Kong XM, Weschler LB, Sundell J. Modern life makes children allergic. A cross-sectional study: associations of home environment and lifestyles with asthma and allergy among children in Tianjin region, China. *Int Arch Occup Environ Health.* 2019;92:587-598. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00420-018-1395-3>

120. Sun Y, Sundell J. Life style and home environment are associated with racial disparities of asthma and allergy in Northeast Texas children. *Sci Total Environ.* 2011; 409:4229-4234. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.07.011>

121. Vacher S, Hernández C, Bártxhi C, Poussereau N. Impact of paint and wall-paper on mould growth on plasterboards and aluminum. *Build Environ.* 2010;45(4):916-921. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.09.011>

122. Kaczorek D, Basinska M, Koczyk H. Hygrothermal behaviour of a room with different occupancy scenarios. *J Build Eng.* 2023; 66:105928. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.105928>

123. Afshari A, Anderson HR, Cohen A, de Oliveira Fernandes E, Douwes J, Górný R, et al. WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. World Health Organization; 2009. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789289041683>

124. Méndez de Inocencio JI, Huerta López JG, Bellanti JA, Ovilla Martínez R, Gutiérrez Escobar A. *Alergia: Enfermedad multisistémica. Fundamentos básicos y clínicos.* Buenos Aires: Ed Panamericana; 2008.

125. García-Morales S. Condensación en carpinterías de ventanas y miradores: diagnóstico. *Re Rev Edificación.* 2019;25:36-41. Disponible en: <https://doi.org/10.15581/020.25.34886>

126. Brambilla A, Sangiorgio A. Mould growth in energy efficient buildings: Causes, health implications and strategies to mitigate the risk. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 2020;132:110093. ISSN 1364-0321. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110093>

127. Rey Martínez FJ, Velasco Gómez E. Calidad de ambientes interiores. Ediciones Paraninfo; 2007. Disponible en: [https://books.google.es/books?id=tOwwYn49KQC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?id=tOwwYn49KQC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
128. World Health Organization. WHO bacterial priority pathogens list, 2024: Bacterial pathogens of public health importance to guide research, development and strategies to prevent and control antimicrobial resistance. Geneva: WHO; 2024. Disponible en: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240093461>
129. Hospodsky D, Qian J, Nazaroff WW, Yamamoto N, Bibby K, Rismani-Yazdi H, Peccia J. Human occupancy as a source of indoor airborne bacteria. PLoS One. 2012;7(4):e34867. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034867>
130. Meadow JF, Altrichter AE, Kembel SW, Kline J, Mhuireach G, Moriyama M, Northcutt D, O'Connor TK, Womack AM, Brown GZ, Green JL. Indoor airborne bacterial communities are influenced by ventilation, occupancy, and outdoor air source. Indoor Air. 2013. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/ina.12047>
131. Ministerio de Sanidad, Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias. Información científica-técnica: Transmisión de SARS-CoV-2. Actualización. Madrid: Gobierno de España; 2021. Disponible en: [https://www.sanidad.gob.es/areas/alertasEmergenciasSanitarias/alertasActuales/nCov/documentos/20210507\\_TRANSMISION.pdf](https://www.sanidad.gob.es/areas/alertasEmergenciasSanitarias/alertasActuales/nCov/documentos/20210507_TRANSMISION.pdf)
132. NTP 567. Protección frente a cargas electrostáticas. INSHT; 2000. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/16-serie-ntp-numeros-541-a-575-ano-2001/ntp-567-proteccion-frente-a-cargas-electrostaticas>.
133. NTP 422: Endotoxinas en ambientes laborales. INSHT; 1997. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/12-serie-ntp-numeros-401-a-435-ano-1997/ntp-422-endotoxinas-en-ambientes-laborales>
134. NTP 607. Guías de calidad de aire interior: contaminantes químicos. INSHT; 2003. Disponible en: <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/17-serie-ntp-numeros-576-a-610-ano-2003/ntp-607-guias-de-calidad-de-aire-interior-contaminantes-quimicos>.

# ANEXOS



## Anexo A: Listado de parámetros complementarios y valores de referencia

PARÁMETRO	MÉTODO DE ENSAYO*		JUSTIFICACIÓN
	Criterio Valor Aceptable	Criterio Valor Límite	Referencia
Iluminación ambiental	Según exigencia de tarea: Bajas: >100 lux Moderadas: >200 lux Altas: >500 lux	No aplica	Real Decreto 486/1997 de disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Estos valores son indicativos, el análisis de la iluminación es complejo y debe valorarse en base a los requisitos del CTE.
Ruido Ambiental	<65 dBA	No aplica	Estos valores son indicativos, deben valorarse de acuerdo con los requisitos del DB HR del CTE.
Campo electromagnético	<40 $\mu$ T a 50 Hz	Campo magnético en edificios: <100 $\mu$ T a 50 Hz, o <83 $\mu$ T a 60 Hz	Recomendaciones de la OMS. 1/10 de 400 $\mu$ T valor límite para trabajadores.
Campo eléctrico	Exposición inferior a 100 V/m	No aplica	Recomendaciones de la OMS.
Electricidad estática	<0,5 kV	<2 kV	NTP 567 de protección frente a cargas electrostáticas <sup>132</sup> .
Alérgenos (ácaros, animales domésticos, etc.)	<0,4 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	<2 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	Recomendaciones OMS.
Endotoxinas	<25 UE/m <sup>3</sup>	<200 UE/m <sup>3</sup>	NTP 422: Endotoxinas en ambientes laborales <sup>133</sup> .
Fibras en suspensión	Fibras vítreas artificiales (fibra de vidrio, lana mineral, etc.): <0,1 fib/cc Amianto <0,05 fib/cc	Fibras vítreas artificiales (fibra de vidrio, lana mineral, etc.): 1 fib/cc Amianto <0,1 fib/cc	Recomendación 1/10 VLA del INSST. Amianto ½ VLA del INSST.
Gas radón (medición promedio 3 meses)	<100 Bq/m <sup>3</sup>	<300 Bq/m <sup>3</sup>	DB HS6 del CTE y el Real Decreto 1029/22 "Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes".
Olores	Ausencia de olores molestos	Quejas de olores generalizadas	Guías de buenas prácticas.
HCHO	<50 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	No aplica	Producto cancerígeno. Debe minimizarse la presencia tanto como sea técnicamente posible. Dictamen del Comité de evaluación del riesgo de la ECHA.
O <sub>3</sub>	<100 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	<240 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	NTP 607. Guías de calidad de aire interior: contaminantes químicos <sup>134</sup> .
NO <sub>2</sub>	<40 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	<200 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	NTP 607. Guías de calidad de aire interior: contaminantes químicos <sup>134</sup> .
SO <sub>2</sub>	<40 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	<350 $\mu$ g/m <sup>3</sup>	Recomendaciones OMS.

\*El método de ensayo para cada parámetro puede consultarse en la Norma UNE 171330:2024.

Al no ser obligatorio para el proceso de valoración de la CAI, el número de puntos de muestreo de cada uno de estos parámetros queda a criterio del TSCAI.

## Anexo B: Lista de chequeo de la evaluación higiénica de sistemas de climatización

Para cada unidad de tratamiento de aire inspeccionada, además de incluir fotografías de los elementos, se debe recoger la siguiente información:

Elementos inspeccionados	Nº de puntos	Estado mecánico	Nivel suciedad y ajuste	Presencia limo	Presencia agua	Presencia óxido
Toma de aire exterior. Grado de abertura.						
Filtros						
Batería frío						
Batería calor						
Bandeja de condensados						
Humidificador						
Ventiladores						
Cámaras y plenums						
Conductos						
Recuperador de energía						
Silenciador						
Compuertas y sección de <i>freecooling</i> -recuperador						
Otros						

## Anexo C: Fichas de ensayos de parámetros ambientales obligatorios

En la Norma UNE 171330:2024 puede consultarse la información adicional relacionada con los aparatos a emplear, la información de la estabilización y la descripción del ensayo: preparación del objeto de ensayo, marcado de la muestra y transporte, controles previos, ajustes y verificaciones de los equipos, operaciones del ensayo, método de registro, cálculo y presentación de resultados, así como los criterios de valoración, entre otros.

<b>TEMPERATURA Y HR</b>	
<b>Documentos de referencia</b>	RITE
<b>Campo de aplicación</b>	Ambientes térmicos en interiores
<b>Parámetros a determinar</b>	Temperatura: Intervalo de trabajo 5°C-40°C
	HR: Intervalo de trabajo 20%-80%
<b>CO<sub>2</sub></b>	
<b>Documentos de referencia</b>	RITE
<b>Campo de aplicación</b>	Ambientes interiores destinados a ocupación humana en los que la respiración es la fuente principal
<b>Parámetros a determinar</b>	CO <sub>2</sub> . Intervalo de trabajo 250-5000 ppm
<b>CO</b>	
<b>Documentos de referencia</b>	No aplica
<b>Campo de aplicación</b>	Ambientes interiores destinados a ocupación humana
<b>Parámetros a determinar</b>	CO. Intervalo de trabajo: 2-50 ppm
<b>DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS PM<sub>2,5</sub></b>	
<b>Documentos de referencia</b>	No aplica
<b>Campo de aplicación</b>	Ambientes interiores
<b>Parámetros a determinar</b>	Fracción de partículas denominadas PM <sub>2,5</sub>
<b>CONTEO DE PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN DE 0,5 Y 5 MICRAS</b>	
<b>Documentos de referencia</b>	Norma UNE-EN ISO 14664-1:2006 salas limpias y locales anexos controlados. Métodos de ensayo
<b>Campo de aplicación</b>	Ambientes interiores
<b>Parámetros a determinar</b>	Nº de partículas de 0,5 µg y 5 µg

<b>MICROBIOLOGÍA AMBIENTAL</b>	
<b>Documentos de referencia</b>	Norma ISO 14698 Partes 1 y 2. Norma UNE 100012:2005
<b>Campo de aplicación</b>	Ambientes interiores
<b>Parámetros a determinar</b>	Flora aerobia mesófila total (bacterias) y flora fúngica (hongos)
<b>MICROBIOLOGÍA EN SUPERFICIES</b>	
<b>Documentos de referencia</b>	Norma UNE 100012:2005
<b>Campo de aplicación</b>	Sistemas de climatización (unidades de tratamiento de aire y redes de conductos de todo tipo excepto flexibles)
<b>Parámetros a determinar</b>	Flora aerobia mesófila total (bacterias) y flora fúngica (hongos)
<b>DETERMINACIÓN DE POLVO DEPOSITADO EN INTERIORES DE CONDUCTOS (ADHERENCIA Y ASPIRACIÓN)</b>	
<b>Documentos de referencia</b>	Norma UNE 100012:2005 Higienización de conductos
<b>Campo de aplicación</b>	Sistemas de climatización
<b>Parámetros a determinar</b>	Polvo depositado en mg/100 cm <sup>2</sup>
<b>COVT</b>	
<b>Documentos de referencia</b>	ECA (European Collaborative Action) Reports 19, 11, 29. Norma UNE-ISO 16000-6
<b>Campo de aplicación</b>	Ambientes interiores destinados a ocupación humana donde pueden localizarse fuentes de COVT
<b>Parámetros a determinar</b>	COV equivalentes de tolueno. Intervalo de trabajo: 25-3000 µg/m <sup>3</sup>

**Madrid, abril de 2026**

**Esta guía ha sido elaborada por técnicos cuya participación ha sido voluntaria y *pro bono*, gestionando el grupo de trabajo con fondos propios de la Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral**