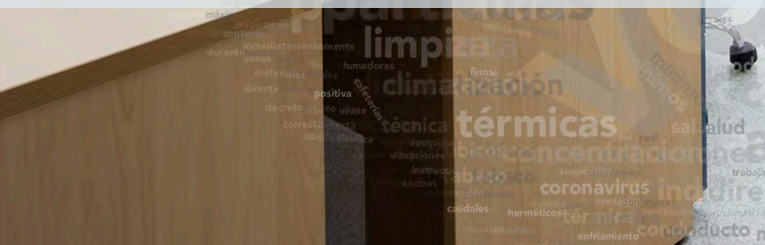
GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL
insst
Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo

Calidad del Ambiente Interior en el trabajo



Calidad del Ambiente Interior en el trabajo

Titulo: Calidad del Ambiente Interior en el trabajo

Autor: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

Elaborado por:

Francisco Javier García-Estañ López
Centro Nacional de Nuevas Tecnologías (CNNT). INSST

Edita:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.
C/Torrelaguna, 73 – 28027 Madrid
Tel. 91 363 41 00, fax 913634327
www.insst.es

Composición: Servicio de Ediciones y Publicaciones del INSST

Edición: Madrid, octubre 2022

NIPO (en línea): 118-22-055-X

Hipervínculos:

El INSST no es responsable ni garantiza la exactitud de la información en los sitios web que no son de su propiedad. Asimismo, la inclusión de un hipervínculo no implica aprobación por parte del INSST del sitio web, del propietario del mismo o de cualquier contenido específico al que aquel redirija.

Citar este documento como:

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2022). *Calidad del Ambiente Interior en el trabajo*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Catálogo de publicaciones de la Administración General del Estado:
http://cpage.mpr.gob.es

Catálogo de publicaciones del INSST :
http://www.insst.es/catalogo-de-publicaciones

datos abiertos

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 9

DEFINICIONES 13

FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y FACTORES DE RIESGO EN AMBIENTES INTERIORES 17

3.1 AGENTES FÍSICOS 19

3.1.1 Condiciones Termohigrométricas 19

3.1.2 Iluminación 22

3.1.3 Ruido 25

3.1.4 Vibraciones 27

3.2 AGENTES QUÍMICOS 28

3.2.1 Productos generados por los ocupantes 29

Dióxido de carbono (CO_2) 29

3.2.2 Productos derivados de la combustión 30

Monóxido de carbono (CO) 31

Dióxido de nitrógeno (NO_2) 31

Dióxido de azufre (SO_2) 32

3.2.3 Compuestos orgánicos volátiles (COV) 32

3.2.4 Partículas y fibras en suspensión 34

Partículas (Polvo) 34

Fibras 38

3.2.5 Radón (Rn-222) 40
3.2.6 Ozono (O_3) 44
3.2.7 Biocidas 46
3.3 AGENTES BIOLÓGICOS 47
3.3.1 Bacterias 49
3.3.2 Hongos 51
3.3.3 Virus 52
3.3.4 Protozoos 53
3.3.5 Polen 53
3.3.6 Caspa y pelos de animales 54
3.3.7 Insectos 54
3.3.8 Ácaros 54
3.3.9 Compuestos orgánicos volátiles microbianos 55
PRINCIPALES PROBLEMAS DE SALUD RELACIONADOS CON LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR 57
4.1 Síndrome del Edificio Enfermo (SEE) 58
4.2 Enfermedades Relacionadas con el Edificio (ERE) 61
4.3 Lipoatrofia Semicircular 63
4.4 Síndrome de Sensibilidad Química Múltiple 65
4.5 Enfermedad Psicogénica de Masas 66
VENTILACIÓN EN EDIFICIOS NO INDUSTRIALES 67

RITE Y NORMAS TÉCNICAS 77

LEGISLACIÓN 83

BIBLIOGRAFÍA 87

INTRODUCCIÓN

Calidad del Ambiente Interior en el trabajo

El estudio de las posibles soluciones a los problemas que surgieron a partir de los años 70 del siglo XX (crisis del petróleo de 1973, producto del intento de ahorro en la factura energética que producía una ventilación deficiente y una renovación del aire interior de los edificios insuficiente) dio lugar a un campo de actuación denominado Calidad Ambiental Interior (CAI) o *Indoor Environmental Quality* (IEQ).

Las actividades que se realizan de forma cotidiana obligan a diario a la permanencia prolongada de la población en todo tipo de edificios e instalaciones urbanas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los habitantes de las ciudades pasan entre el 80% y el 90% de su tiempo en espacios cerrados, cuyo aire está contaminado en mayor o menor grado. También hay que tener en cuenta el creciente número de personas que desarrollan su actividad profesional en el sector servicios o se ocupan de otras actividades no industriales en ambientes interiores. Es importante señalar que los estudios realizados en las últimas décadas ponen de manifiesto que la presencia de contaminantes en ambientes interiores es superior a la del exterior y se ha encontrado presencia de contaminantes que no representan un problema en el ambiente exterior (radón, formaldehido,etc.).

En un edificio en el que se desarrollan actividades de tipo no industrial, además de la seguridad estructural, se debe proporcionar un ambiente confortable y saludable para las personas que realizan cualquier actividad en su interior. Cuando la CAI de un local presenta deficiencias, esto repercute de manera notable en el confort de las personas, dando lugar a sensaciones de malestar e incomodidad pudiendo también dar lugar a la aparición de ciertas enfermedades. La calidad ambiental en edificios se ve modificada constantemente por la interacción de agentes físicos, químicos y biológicos.

Una buena calidad ambiental en interiores tiene muchos beneficios:

- Asegura el confort y bienestar de los trabajadores/as y usuarios/as en los edificios.
- Minimiza el riesgo de aparición de problemas de salud.
- Mejora el ambiente laboral.
- Incrementa la productividad y disminuye el absentismo.
- Se produce una mejora en la calidad del mantenimiento de las instalaciones y fomenta el ahorro energético como consecuencia de un mantenimiento óptimo de los sistemas de climatización.

En España, a partir de la modificación del Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se

aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en 2013 (RD 238/2013, en adelante RITE), las normas sobre calidad de ambientes interiores han pasado a ser obligatorias. En dicho real decreto se incorporó la obligatoriedad de dos nuevas operaciones incluidas dentro del mantenimiento preventivo de las instalaciones: la revisión de la red de conductos de aire (según la norma UNE 100012 "Higienización de sistemas de climatización") y la revisión de la calidad ambiental interior (según la norma UNE 171330) con carácter anual.

DEFINICIONES

Calidad del Ambiente Interior en el trabajo

La norma UNE 171330-1 "Calidad ambiental en interiores. Parte 1: Diagnóstico de calidad ambiental interior" define la **calidad ambiental en interiores** como las "*condiciones ambientales de los espacios interiores adecuadas al usuario y la actividad, definidas por los niveles de contaminación química, microbiológica y por los valores de los factores físicos*".

El **confort térmico** se define como una "*condición mental en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico*" según la norma UNE-EN-ISO 7730 "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". Aunque no sea posible conseguir unas condiciones termohigrométricas que satisfagan a todas las personas, dichas condiciones deben de satisfacer a un gran porcentaje ya que el objetivo final es el de tratar de mantener una temperatura de confort saludable en el interior de los edificios.

"*El ruido es uno de los agentes contaminantes más frecuente en los puestos de trabajo incluidos los de tipo no industrial, por ejemplo, las oficinas*" (NTP 503: Confort acústico: el ruido en oficinas). El **confort acústico** es el nivel de ruido que se encuentra por debajo de los niveles legales que potencialmente causan daños a la salud, y que además debe ser aceptado como confortable por la población trabajadora afectada. El confort acústico es el nivel sonoro que no molesta, no perturba y no causa daño directo a la salud.

El **confort visual** es un estado generado por la armonía o equilibrio de una elevada cantidad de variables, relacionadas entre otros factores con la naturaleza, estabilidad y cantidad de luz, y todo ello en relación con las exigencias visuales de las tareas y en el contexto de los factores personales de los trabajadores/as. El 80% de la información que recibimos entra a través de la vista. Una iluminación correcta proporciona una sensación de confort y así se puede desarrollar el trabajo de una forma cómoda, eficaz y segura. Cuando la iluminación no es la adecuada, pueden aparecer molestias visuales y oculares, aumentar la fatiga y, como consecuencia, producirse más errores y accidentes, con lo que disminuye el rendimiento.

En relación con el concepto de **"calidad de aire interior"**, la norma UNE 171330-1 lo define como las "*condiciones ambientales de los espacios interiores, adecuadas al usuario, y a la actividad, definidas por los niveles de contaminación físico-química y microbiológica del aire*".

El término "aire interior", entendido como el aire que se respira en un espacio limitado, se aplica a ambientes interiores no industriales, como edificios de oficinas, edificios públicos (colegios, hospitales, restaurantes, teatros, etc.) y residencias particulares.

Se puede definir "calidad de aire aceptable" como el aire que no contiene sustancias contaminantes en cantidades tales que resulten nocivas para la salud y cuya calidad sea juzgada como satisfactoria por al menos el 80% de las personas expuestas a sus efectos (esta definición está ligada al Síndrome del Edificio Enfermo (SEE), definido por la OMS como el conjunto de molestias y enfermedades que un edificio causa en sus ocupantes y cuyo origen está en el mal estado del edificio. La OMS fija un tanto por ciento para determinar si se puede o no hablar de SEE: si más del 20% de los ocupantes o trabajadores del edificio se ven afectados por molestias o enfermedades, estamos ante un caso de SEE).

- Para conseguir una calidad aceptable habrá que conseguir un aire que no contenga sustancias contaminantes en cantidades tales que resulten nocivas para la salud y cuya calidad sea satisfactoria para las personas expuestas a sus efectos; la calidad del aire interior está relacionada con el grado de satisfacción de los usuarios: si estos están satisfechos con el aire que respiran, se entiende que la calidad es buena (alta); si, por el contrario, existe un porcentaje de usuarios insatisfechos, entonces la calidad del aire es mala (pobre). En la práctica se pide que el aire que se respira, además de no ser un peligro para la salud, resulte fresco y agradable (consúltese la NTP-358 Olores: un factor de calidad y confort en ambientes interiores para más información).

Algunos de los síntomas que denotan una calidad de aire deficiente son los siguientes:

- Ojos: sequedad, picor, escozor, lagrimeo y enrojecimiento.
- Vías respiratorias altas: en nariz y garganta suelen presentarse en forma de sequedad, congestión nasal, picor y escozor, goteo nasal, estornudos y dolor de garganta.
- Piel: enrojecimiento, sequedad y picor generalizado o localizado.
- Estado general: dolores de cabeza, debilidad, somnolencia, dificultad para concentrarse, irritabilidad y náuseas.
- Enfermedades más frecuentes: las relacionadas con la hipersensibilidad, como asma, rinitis o dermatitis; y también enfermedades infecciosas.

El RITE establece respecto a la calidad del aire interior que "*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*".

Calidad del Ambiente Interior en el trabajo

La presencia de contaminantes (químicos y biológicos) en el aire y que van a afectar a la calidad de aire dependen de:

- Las actividades desarrolladas.
- El sistema de renovación del aire.
- El número de ocupantes.
- La infraestructura física del edificio (materiales de construcción), sus bienes materiales y las posibles deficiencias en el sistema de ventilación.
- El aire exterior de ventilación (ver apartado 5 "Ventilación en edificios no industriales").

En resumen, "**calidad de ambiente interior**" es la consecución de una perfecta calidad en el conjunto de factores que se refieren:

- Ambiente térmico.
- Ambiente acústico.
- Ambiente luminoso.
- Aire interior referido a los contaminantes en él presentes.

Estos factores en su conjunto, o a veces por separado, pueden generar molestias importantes a los trabajadores y trabajadoras e incluso alteraciones graves en su salud. Por lo que es muy importante encontrar el equilibrio entre todos ellos para alcanzar una excelente calidad ambiental.

Una deficiencia en la calidad del ambiente interior puede dar lugar a efectos sobre:

- l**os trabajadores**, afectando a su salud, confort y productividad.
- la **organización**: mal ambiente de trabajo, estrés, absentismo y pérdida de la productividad.

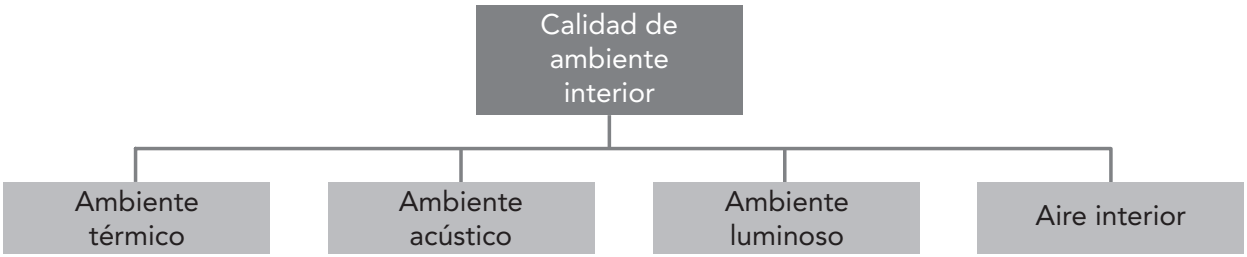


Figura1. Factores que componen la calidad de ambiente interior.

FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y FACTORES DE RIESGO EN AMBIENTES INTERIORES

Calidad del Ambiente Interior en el trabajo

Según su origen, las fuentes de contaminación en el interior de un edificio pueden ser:

- Exteriores.
- Interiores:
  - Generados en el edificio:
    - Uso y distribución del edificio.
    - Instalaciones del edificio.
  - Generados por los ocupantes y las actividades que realizan.

(Puede consultar más información en NTP 243: Ambientes cerrados: calidad del aire).

Y, según su composición, podemos encontrar la presencia de agentes:

- Químicos.
- Biológicos.
- Físicos.

Así, cuando los ocupantes del edificio manifiestan tener problemas atribuidos a una "**mala calidad ambiental**", habrá que tener en cuenta:

Agentes físicos: condiciones termohigrométricas, iluminación, ruido y vibraciones.

Agentes químicos: gases de la combustión, compuestos orgánicos volátiles (COV), partículas en suspensión, radón, ozono, biocidas, etc.

Agentes biológicos: bacterias, hongos, virus, polen, ácaros, etc.

Todos pueden proceder de fuentes tanto internas como externas al edificio. También hay que tener en cuenta características de la población (sexo, edad, patologías, etc.) y los factores psicosociales que pueden afectar a la calidad ambiental.

Los factores psicosociales son aquellas condiciones que se encuentran presentes en el trabajo relacionadas con la organización, el contenido del trabajo y la realización de la tarea, y que pueden afectar tanto al bienestar como a la salud (física, psíquica o social) del trabajador/a, y por lo tanto influyen en el desarrollo del trabajo.

El concepto teórico de factores psicosociales fue definido por el comité mixto OIT/OMS en 1984 como "aquellas condiciones presentes en una situación de trabajo, relacionadas con la organización, el contenido y la realización del trabajo susceptibles de afectar tanto al bienestar y la salud (física, psíquica o social) de los trabajadores como al desarrollo del trabajo." (NTP-926: Factores psicosociales: metodología de evaluación).

Aparte de provocar daños en la salud de los trabajadores/as los factores psicosociales pueden influir positivamente en su satisfacción y, por tanto, en su rendimiento.

Tabla 1. Factores que afectan a la calidad de ambiente interior.

FACTORES QUE AFECTAN A LA CALIDAD DEL AMBIENTE INTERIOR	
QUÍMICOS	Gases, humos, vapores, nieblas, partículas en suspensión.
BIOLÓGICOS	Seres vivos y subproductos de su metabolismo.
FÍSICOS	Condiciones termohigrométricas, ruido, vibraciones, iluminación, ventilación.
PSICOSOCIALES	Organización del trabajo, estilo de mando, relaciones personales, estrés, etc.

3.1 AGENTES FÍSICOS

Al hablar de agentes físicos en calidad de ambiente nos estamos refiriendo a las condiciones termohigrométricas (temperatura, humedad, velocidad del aire), iluminación del local, ruido ambiental, vibraciones percibidas y ventilación, entre otros.

3.1.1 Condiciones Termohigrométricas

Las condiciones termohigrométricas de un lugar de trabajo están íntimamente relacionadas con la sensación térmica de los trabajadores/as. En la práctica, suele resultar bastante complicado mantener satisfechos a todos los ocupantes de un recinto en relación con la sensación térmica, ya que su apreciación es subjetiva. No obstante, es muy importante conocer los distintos parámetros ambientales que influyen en esta percepción (temperatura, humedad, velocidad del aire) para poder resolver mejor los posibles problemas que puedan aparecer.

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 (en adelante, RD 486/1997), establece en su **Anexo III** una serie de criterios para los parámetros Temperatura, Humedad Relativa y Velocidad del aire (ver tabla 2). Los valores proporcionados por el real decreto se acotan más en el desarrollo de la Guía Técnica del INSHT para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo.

Tabla 2. Criterios del RD 486/1997 para los parámetros de temperatura, humedad relativa y velocidad del aire.

Temperatura	Trabajos sedentarios: 17°C-27°C	Trabajos ligeros: 14°C-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: 0,25m/s	Trabajos en ambientes calurosos: - Sedentarios: 0,5m/s - No sedentarios: 0,75m/s

Un aire demasiado húmedo puede producir una sensación sofocante, mientras que una baja humedad puede provocar sequedad de las mucosas nasales o dificultad en la respiración. También hay que tener en cuenta que una humedad relativa muy alta (>70%) puede dar lugar al crecimiento microbiano mientras que niveles inferiores (20-30 %) favorecen la aparición de infecciones respiratorias y la aparición de electricidad electrostática.

Para poder determinar con mayor precisión el ambiente térmico más adecuado, métodos como el índice PMV-PPD, propuestos en la norma UNE EN-ISO 7730, pueden ayudar a este fin (para más detalle, puede consultar la NTP-779 Bienestar térmico: criterios de diseño para ambientes térmicos confortables).

Se llama "temperatura seca" a la del aire, prescindiendo de la radiación calorífica de los objetos que rodean ese ambiente y de los efectos de la humedad relativa y de la velocidad del aire. Se obtiene con el termómetro de mercurio, cuyo bulbo, reflectante y de color blanco brillante, no absorbe la radiación.

La "temperatura húmeda" es la que se mide con un termómetro cuyo bulbo está cubierto con una gasa o un paño de algodón humedecido con agua (termómetro de bulbo húmedo). La temperatura seca y la húmeda serán la misma cuando el aire esté saturado de vapor; pero cuanto menor sea la humedad relativa del aire, menor será la temperatura húmeda. Las corrientes de aire también afectan a la temperatura húmeda; estas corrientes aceleran la evaporación

del agua que está en contacto con el bulbo, provocando un descenso de la temperatura debido al calor latente (energía requerida por el agua al pasar de estado líquido a gaseoso).

La "temperatura efectiva" es un índice que relaciona la temperatura seca y la temperatura húmeda. Esta temperatura es el valor más fiable para referirnos a la sensación térmica, ya que tiene en cuenta factores que afectan a la temperatura corporal del ser humano. El inconveniente es que no se puede medir directamente, sino que es el resultado de aplicar la temperatura seca, la temperatura húmeda y la velocidad del aire en una gráfica o ecuación matemática. En meteorología se utiliza el psicrómetro, que mide tanto la temperatura seca como la húmeda, pero aun así no nos proporciona el valor de la temperatura efectiva.

La "humedad relativa" es la cantidad de vapor de agua presente en el aire, expresada como un porcentaje de la cantidad necesaria para lograr la saturación a esa temperatura. La humedad relativa es proporcional a la temperatura y altamente sensible a sus cambios. El higrómetro es el instrumento utilizado para medir la humedad relativa. La velocidad del aire se expresa en m/s (metro/segundo) y se mide con diversos tipos de anemómetros (omnidireccionales, unidireccionales). La norma UNE EN ISO 7726 "Ergonomía de los ambientes térmicos. Instrumentos de medida de las magnitudes físicas" establece los requisitos que deben cumplir los instrumentos de medida de las magnitudes físicas de los ambientes térmicos. (Ver Herramientas de PRL para ambiente térmico)

3.1.2 Iluminación

La iluminación de los lugares de trabajo deberá permitir que los trabajadores dispongan de condiciones de visibilidad adecuadas para poder circular por los mismos y desarrollar en ellos sus actividades sin riesgo para su seguridad y salud (artículo 8, RD 486/1997).

El RD 486/1997 establece en su **Anexo IV** los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo según la zona donde se ejecuten las tareas y las exigencias visuales (ver tablas 3, 4 y 5).

Tabla 3. Criterios del RD 486/1997 para los niveles de iluminación de las zonas donde se ejecuten tareas.

ZONA DONDE SE EJECUTEN TAREAS	
Exigencias visuales bajas	100 Lux
Exigencias visuales moderadas	200 Lux
Exigencias visuales altas	500 Lux
Exigencias visuales muy altas	1000 Lux

Tabla 4. Criterios del RD 486/1997 para los niveles de iluminación de áreas o locales.

ÁREAS O LOCALES	
Uso ocasional	50 Lux
Uso habitual	100 Lux

Tabla 5. Criterios del RD 486/1997 para los niveles de iluminación de vías de circulación.

VÍAS DE CIRCULACIÓN	
Uso ocasional	25 Lux
Uso habitual	50 Lux

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurran las siguientes circunstancias:

a) 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.

b) En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el trabajador/a 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.

También se recomienda preferentemente la utilización de luz natural que, en caso de no ser suficiente, se complementará con luz artificial general, que a su vez se podrá aumentar con una localizada cuando en zonas concretas se requieran niveles de iluminación elevados.

Las magnitudes que habitualmente deben ser objeto de medición en los puestos de trabajo son: el nivel de iluminación (iluminancia) y el brillo fotométrico (luminancia). Para medir los niveles de iluminación se recomienda utilizar un luxómetro con respuesta espectral corregida según el tipo de luz a medir y dotado de corrección de coseno. Las mediciones se realizarán colocando la fotocélula del luxómetro con la misma inclinación del plano o planos de trabajo donde se efectúe la tarea visual y en las mismas condiciones en las que esta se realice, incluyendo la posición habitual del trabajador/a en el puesto y evitando cualquier sombra sobre la fotocélula durante su lectura.

La medida del nivel de iluminación obtenida con un sistema de iluminación artificial se debe hacer en las condiciones más desfavorables, esto es: bien cuando sea de noche, bien evitando que la luz del día entre en el interior. (Consultar Documento Divulgativo Iluminación en el puesto de trabajo).

Una iluminación deficiente:

- Incrementa las anomalías visuales, al no permitir una visión clara, cómoda y rápida y exigir adaptaciones continuas del globo ocular.
- Incrementa los riesgos de accidentes, porque no se visualizan rápidamente los peligros y por consiguiente no se puede hacer la previsión correspondiente.
- Aumenta la posibilidad de cometer errores en las operaciones.
- Exige más tiempo en la ejecución de las operaciones, debido a las posibles correcciones que se deban hacer.
- Disminuye el interés por la tarea, porque el operario/a no se siente cómodo en la ejecución de su actividad.

– Aumenta la fatiga física y mental, porque se exige del operario/a mayor consumo de energía para lograr los objetivos en la tarea que realiza.

- 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.

3.1.3 Ruido

La legislación sobre exposición al ruido en ambientes laborales viene recogida en el Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

"***Artículo 5. Valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción***".

1. A los efectos de este real decreto, los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles de pico, se fijan en:

a) Valores límite de exposición: $LAe_{q,d}$ = 87 dB(A) y L_{pico}= 140 dB (C), respectivamente;

b) Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción: $LA_{eq,d}$ = 85 dB(A) y L_{pico} = 137 dB (C), respectivamente;

c) Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción: $LA_{eq,d}$ = 80 dB(A) y L_{pico} =135 dB (C), respectivamente.

2. Al aplicar los valores límite de exposición, en la determinación de la exposición real del trabajador al ruido, se tendrá en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos individuales utilizados por los trabajadores. Para los valores de exposición que dan lugar a una acción no se tendrán en cuenta los efectos producidos por dichos protectores.

3. En circunstancias debidamente justificadas y siempre que conste de forma explícita en la evaluación de riesgos, para las actividades en las que la exposición diaria al ruido varíe considerablemente de una jornada laboral a otra, a efectos de la aplicación de los valores límite y de los valores de exposición que dan lugar a una acción, podrá utilizarse el nivel de exposición semanal al ruido en lugar del nivel de exposición diaria al ruido para evaluar los niveles de ruido a los que los trabajadores están expuestos, a condición de que:

a) el nivel de exposición semanal al ruido, obtenido mediante un control apropiado, no sea superior al valor límite de exposición de 87 dB(A), y

b) se adopten medidas adecuadas para reducir al mínimo el riesgo asociado a dichas actividades".

El nivel diario equivalente de 87dB es una media de la exposición diaria por lo que puede ser que algún/a trabajador/a esté expuesto/a a un nivel superior durante algún periodo de tiempo siempre que estos tiempos de exposición sean lo suficientemente breves como para que el nivel diario equivalente sea inferior al valor límite (87dB), sin embargo el valor pico (140dB) no debe superarse en ningún momento de la jornada.

El artículo 6 establece que la evaluación de la exposición al ruido de los trabajadores se basará en la determinación del nivel equivalente diario ($LA_{eq,d}$) y del nivel de pico (L_{pico}), y su posterior comparación con los valores de referencia fijados en el artículo 5 (consultar el calculador del INSST para Evaluación de la exposición al ruido. APP y calculador nuevos formatos).

La superación de un valor de referencia conllevará la obligación del empresario/a de adoptar medidas específicas de prevención y protección que dependerán del tipo de valor.

La Guía Técnica del INSST para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido indica en su Apéndice 3 ("Molestias debidas al ruido. Criterios de valoración") que no es posible determinar de forma universal cuál es el nivel de ruido por debajo del cual no se producirán molestias, ya que estas dependen de múltiples factores, entre otros, de factores individuales, de la exigencia de la tarea, de las condiciones físicas del ruido, del diseño del puesto de trabajo, etc. En este apéndice también se da una serie de recomendaciones sobre los valores de ruido para evitar las molestias y diversos criterios de valoración del ruido molesto.

A todos los lugares de trabajo, a excepción de las obras de construcción y otras excepciones que cuentan con su propia normativa específica, les es de aplicación el Real Decreto 486/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los

lugares de trabajo. Esta normativa establece que, al diseñar los lugares de trabajo, se deberán tener en cuenta "unas condiciones ergonómicas aceptables que tengan en cuenta las posturas y movimientos, los factores psicosociales (respetando las distancias interpersonales) y los factores ambientales (como el ruido y la calidad del aire)".

El ruido es el factor que más estrés provoca en el trabajo y puede producir problemas de comunicación, baja concentración, molestias, nerviosismo, cansancio, bajo rendimiento y accidentes. La exposición excesiva al ruido provoca pérdida de audición, aumenta el riesgo de sufrir acúfenos (sensaciones de timbre, zumbido o explosión que se sienten en los oídos), alteración de la comunicación oral, también puede aumentar el estrés y multiplicar el riesgo de sufrir un accidente.

Los instrumentos de medida recogidos en la Orden ITC/2845/2007, de 25 de septiembre, por la que se regula el control metrológico del Estado de los instrumentos destinados a la realización de mediciones reglamentarias de niveles de sonido audible y de los calibradores acústicos son: sonómetros, medidores personales de exposición denominados dosímetros y calibradores acústicos.

3.1.4 Vibraciones

Una vibración es un movimiento que se repite a intervalos iguales y comprende todo movimiento transmitido al cuerpo capaz de producir un efecto nocivo o cualquier tipo de molestia. Se definen por su intensidad y por su frecuencia. El Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas presenta las siguientes definiciones:

- Vibración transmitida al sistema mano-brazo es la vibración mecánica que, cuando se transmite al sistema humano de mano y brazo, supone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, problemas vasculares, de huesos o de articulaciones, nerviosos o musculares.

- Vibración transmitida al cuerpo entero es la vibración mecánica que, cuando se transmite a todo el cuerpo, conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, lumbalgias y lesiones de la columna vertebral.

En el caso de los edificios, son especialmente importantes las vibraciones transmitidas al cuerpo entero, aspecto que puede llegar a generar molestias e irritabilidad entre sus ocupantes. Estas vibraciones pueden generarse debido al acoplamiento de las ondas con la estructura. Las fuentes pueden ser diversas, por ejemplo, motores de ascensores o de equipos de climatización mal aislados.

El aparato que se utiliza para medir vibraciones se llama vibrómetro. El artículo 4.2 del Real Decreto 1311/2005 establece que "Para evaluar el nivel de exposición a la vibración mecánica, podrá recurrirse a la observación de los métodos de trabajo concretos y remitirse a la información apropiada sobre la magnitud probable de la vibración del equipo o del tipo de equipo utilizado en las condiciones concretas de utilización…". Antes de medir, ¡Usa Basevibra!, base de datos de vibraciones mecánicas, que es una herramienta cuyo objetivo principal es facilitar la evaluación por ESTIMACION del riesgo de vibraciones mecánicas, tal y como se permite en el Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, en aquellos casos en los que las tareas y máquinas a evaluar sean semejantes a las reflejadas en la base de datos (INSST 29/11/2020).

Cuando las superficies vibrantes entran en contacto con el cuerpo humano o alguna de sus partes (cabeza, espalda, nalgas, extremidades, manos), se produce una agresión mecánica cuyos efectos pueden ser:

- En columna vertebral: lumbalgias, espondilitis, osteocondilitis intervertebral, calcificación de discos, etc.
- Aparato digestivo: hemorroides, enfermedades gástricas.
- Aparato urogenital: prostatitis, hematuria.
- Visión: pérdida de agudeza visual.
- Comportamiento: retardo en el tiempo de reacción, menor habilidad manual, irritación nerviosa.

(Para ampliar la información se puede consultar la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas).

Estos efectos se deben, en general, a la aparición de fuerzas oscilantes que son contrarrestadas físicamente por: la tensión muscular, la compresión de los tejidos y la aceleración de las masas de tejido.

En el documento Aspectos ergonómicos de las vibraciones se explican los aspectos relacionados con las vibraciones y se facilita una primera herramienta para proceder a la evaluación desde el punto de vista ergonómico.

3.2 AGENTES QUÍMICOS

Los contaminantes químicos están constituidos por materia inerte y pueden presentarse en forma de moléculas individuales (gases o vapores) o de grupos de moléculas unidas (aerosoles). La procedencia más habitual de estos contaminantes son los productos derivados de la combustión, los materiales de construcción y decoración, los produc-

tos utilizados en actividades cotidianas, como la limpieza, y los equipos e instalaciones del edificio.

Las alteraciones en la salud del individuo ocasionadas por una mala calidad de aire interior pueden manifestarse mediante una amplia variedad de síntomas y molestias que pueden derivar en problemas concretos. A menudo, la identificación causa-efecto de estos contaminantes es difícil de determinar, pues los efectos son inespecíficos y, en la mayoría de los casos, multifactoriales.

Los contaminantes químicos más habituales se pueden clasificar en siete grupos:

- Productos generados por la respiración humana (ocupantes).
- Productos derivados de la combustión.
- Compuestos orgánicos volátiles (COV).
- Partículas y fibras en suspensión.
- Radón.
- Ozono.
- Biocidas.

3.2.1 Productos generados por los ocupantes

Se trata de contaminantes generados por las personas que ocupan el ambiente interior. Estos con-

taminantes se denominan bioefluentes. El principal compuesto es el dióxido de carbono (CO_2) procedente de la respiración. La presencia de niveles altos de bioefluentes está relacionada con el nivel de ocupación y con la escasa capacidad del sistema de renovación del aire.

Dióxido de carbono (CO_2)

Si bien la principal fuente de **dióxido de carbono** en un ambiente interior es la respiración humana, también es el principal producto de combustión de materiales fósiles (carbón, derivados del petróleo, biomasa, etc.). Es un gas incoloro e inodoro, presente en la atmósfera en una proporción de 417,1 partes por millón (últimas mediciones realizadas en los observatorios de Izaña en Santa Cruz de Tenerife y Mauna Loa en Hawái).

Los niveles habituales que podemos encontrar en un ambiente interior estarán relacionados con: calidad del aire exterior, fuentes interiores, niveles de ocupación y tasas de ventilación. Debido a las características de este contaminante, en ambientes no industriales donde la única fuente es la respiración humana, se puede tomar la concentración de este gas como parámetro de control de la calidad del aire interior y del buen o mal funcionamiento del sistema de ventilación (sensores de dióxido de carbono se emplean para controlar el buen funcionamiento de los equipos de renovación del aire interior).

La Guía Técnica del INSST para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo considera que, cuando la concentración de CO_2 en un local supera el valor de 1000 ppm, es señal de que la ventilación es inadecuada y facilita un método para determinar la renovación del aire empleando los niveles de CO_2. Si bien el dióxido de carbono no se considera tóxico ni tan siquiera nocivo para la salud humana, altas concentraciones en el aire interior de este gas producen una sensación poco confortable debido a que desplaza el oxígeno del aire y hace que la respiración se vuelva más fatigosa. Es un asfixiante simple que, a concentraciones elevadas (> 30000 ppm), puede causar dolor de cabeza, falta de concentración, mareos, somnolencia y problemas respiratorios dependiendo de la concentración y el tiempo de exposición, pudiendo producir asfixia por desplazamiento del oxígeno (concentraciones por debajo del 20%). A concentraciones habituales en ambientes interiores (aproximadamente 600-2500 ppm), no resulta tóxico y no existen umbrales de concentración a partir de los cuales se pueda hablar de peligro para la salud.

3.2.2 Productos derivados de la combustión

Se trata de contaminantes gaseosos originados en procesos de combustión, pudiendo estar presentes en el aire interior debido a fuentes internas (consumo de combustibles en aparatos que queman gasóleo, queroseno o gas, motores de combustión, etc.), o pueden proceder del exterior.

Entre los compuestos que pueden encontrarse en ambientes interiores destacan:

- Dióxido de carbono (CO_2).
- Monóxido de carbono (CO).
- Dióxido de nitrógeno (NO_2).
- Dióxido de azufre (SO_2).

Respecto al CO_2 ya se ha comentado en el apartado anterior.

Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono se produce cuando los combustibles que contienen carbono se queman en condiciones donde el oxígeno es limitado, es decir, se produce una combustión incompleta. Se trata de un gas incoloro e inodoro y esto hace que sea extremadamente peligroso ya que las personas expuestas lo inhalan sin percibirlo produciéndoles la muerte. En ambientes interiores suele estar acompañado de otros productos de combustión con olores característicos.

Las fuentes principales en el ambiente interior son motores de combustión interna en garajes, toma inadecuada de aire exterior y el humo de tabaco. En viviendas, su presencia es debida, entre otros, a calderas de gas defectuosas, estufas de carbón o madera, braseros y hornos de gas. Se trata de un asfixiante químico que se une a la hemoglobina de la sangre (por la cual presenta una afinidad casi 250 veces superior que el oxígeno), formando carboxihemoglobina (COHb), y disminuyendo la capacidad de aporte de oxígeno a los tejidos. A bajos niveles de exposición, el CO puede causar sensación de falta de aire, náuseas y mareos ligeros; si más del 50% de la hemoglobina en la sangre se encuentra en forma de COHb puede producir la muerte.

Dióxido de nitrógeno (NO_2)

La presencia de óxidos de nitrógeno está relacionada con la quema de combustibles, fuentes móviles (vehículos), procesos industriales y procesos naturales (relámpagos). En ambientes interiores la principal fuente de emisión de NO_2 son las calefacciones y las estufas y cocinas de gas, así como el humo de tabaco.

El NO_2 es un gas pardo-rojizo y de olor acre, muy asfixiante, irritante para el tracto respiratorio superior y los ojos. En exposición de 2-10 ppm pueden causar dolor de cabeza, náuseas, mareos, vómitos

y tos; con exposiciones próximas a 200 ppm causa edema pulmonar agudo y muerte. Se sospecha que puede tener efectos sinérgicos con otros contaminantes presentes en interiores.

Dióxido de azufre (SO_2)

Los óxidos de azufre se producen en la quema de combustibles fósiles que contienen azufre (carbón) ya que reacciona con el oxígeno originando dióxido de azufre. Es por lo que se considera un contaminante exterior, ya que es donde se encuentran la mayoría de las fuentes que lo originan. En ambientes interiores los niveles presentes son muy inferiores a los del exterior, siempre que no existan focos que lo puedan originar como estufas de queroseno, calderas o chimeneas.

El SO_2 es un gas incoloro y de olor picante, irritante del tracto respiratorio superior y los ojos. En exposición de 0,25-1 ppm causa bronco-constricción y puede agravar enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

3.2.3 Compuestos orgánicos volátiles (COV)

Se trata de una amplia variedad de compuestos pertenecientes a diferentes familias químicas (alcoholes, aldehídos, cetonas, éteres de glicol, terpenos, etc.), que tienen en común su base química de carbono y su capacidad para volatilizarse (pasar a la fase gaseosa) a temperatura ambiente de forma más o menos rápida.

En el exterior las principales fuentes de emisión son debidas a los procesos de combustión en vehículos, calderas, hornos e incendios, y a la emisión de ciertas industrias. Cuando estos compuestos se mezclan con otros contaminantes atmosféricos, como los óxidos de nitrógeno (NO_X), y reaccionan con la luz solar, se genera ozono troposférico (un contaminante atmosférico).

En el ambiente interior, son liberados por los materiales de construcción y decoración (pinturas, barnices, colas, adhesivos, madera prensada, placas de yeso, tapicerías y cortinajes, moquetas, etc.), así como por productos de limpieza, ambientadores, biocidas, equipamiento de oficina (impresoras, fotocopiadoras, etc.) y material de oficina (pegamentos, rotuladores permanentes). (Para más detalle se puede consultar la NTP-972 Calidad de aire interior: compuestos orgánicos volátiles, olores y confort).

Su concentración en interiores suele ser superior a la del aire exterior. Normalmente, las concentraciones serán más elevadas en edificios recién construidos o remodelados, e irán disminuyendo con el paso del tiempo.

En su emisión influye el tipo de materiales empleados y factores ambientales (temperatura, humedad, cambios en la ventilación del edificio). Los efectos en la salud van a variar en función del tipo de compuesto y del grado y duración de la ex-

posición. De manera general, se considera que la exposición a corto plazo puede causar irritación de los ojos y las vías respiratorias, cefaleas, mareos, trastornos visuales, fatiga, pérdida de coordinación, reacciones alérgicas de la piel, náuseas y trastornos de la memoria. La exposición a largo plazo puede causar lesiones en el hígado, los riñones y el sistema nervioso central; también pueden ser cancerígenos como, por ejemplo, el benceno.

En España, existen en la actualidad dos reales decretos que controlan las emisiones de COV. Por una parte, el Real Decreto 117/2003, de 31 de enero, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades y, por otra parte, el 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. Estas normativas prohíben superar ciertos límites de emisión en 20 actividades industriales concretas, que deberán colocar en sus productos un etiquetado indicando sus valores de emisión de COV.

Dentro de los COV cabe destacar el formaldehído, gas muy volátil, incoloro y de olor sofocante que polimeriza rápidamente en agua a temperatura ambiente, por lo que se emplea para la fabri-

cación de resinas de urea-formaldehído y fenolformaldehído, así como poliacetales y melamina. Las principales fuentes de exposición a formaldehído en el interior de los edificios son: madera prensada (tableros de aglomerado y contrachapado), acabados de madera (pinturas y tratamientos catalizados por ácidos), tapicerías y cortinajes, materiales de construcción de paredes y techos, recubrimiento y pintado de paredes, recubrimiento de suelos (moquetas, barnices), y productos de limpieza (jabones y detergentes, desinfectantes). (Para ampliar información referente a maderas, revisar el documento Formaldehído en la industria de fabricación de tableros).

En el exterior, como ya se ha comentado, las principales fuentes de emisión son debidas a los procesos de combustión en vehículos, calderas y hornos e incendios, y a la emisión de ciertas industrias (madera, cosméticas etc.) La exposición a formaldehído provoca irritación ocular, irritación de las vías respiratorias, cefaleas e irritación de la piel; a largo plazo, a niveles bajos en el aire, puede causar problemas respiratorios similares al asma; la exposición a través de la piel por el uso continuado de cremas, puede causar irritaciones de la piel como dermatitis y picores. En exposiciones prolongadas produce cáncer nasofaríngeo y existen evidencias limitadas de su implicación en otros tipos de cáncer como el nasal o la leucemia.

3.2.4 Partículas y fibras en suspensión

Partículas (Polvo)

Se trata de una mezcla de contaminantes dispersos en el aire en forma de aerosoles líquidos o sólidos, que pueden presentarse como hollín, nubes de polvo o neblina, no pudiendo detectarse aisladamente a simple vista.

En ambientes interiores, las partículas de más de 10 µm de diámetro se consideran polvo. En el ambiente laboral podemos encontrar:

- Polvo mineral: aquellos que contienen sílice libre cristalina, carbón o cemento.
- Polvo metálico: plomo, cadmio, níquel, berilio.

– Polvo químico: plaguicidas o reactivos químicos.

– Polvo orgánico y vegetal: harina, madera, algodón, polen.

– Polvo biológico: mohos y esporas.

Se identifican normalmente como materia particulada (MP) -particulate matter (PM) -con un subíndice que indica el diámetro aerodinámico máximo de la partícula:

– partículas "gruesas" PM_{10}, que son aquellas cuyo diámetro es igual o inferior a 10 micras (µm),

– partículas "finas" $PM_{2,5}$, que tienen un diámetro igual o inferior a 2,5 µm,

– partículas "ultrafinas" $PM_{0,1}$, con diámetro igual o inferior a 0,1 µm.

El aparato respiratorio es el encargado de captar el oxígeno (O_2) del aire y de desprender el dióxido de carbono (CO_2). Está constituido por las fosas nasales, la faringe, la laringe, la tráquea, los dos bronquios y los dos pulmones. El pulmón derecho tiene tres lóbulos y el izquierdo dos. Cada lóbulo pulmonar presenta centenares de lóbulos secundarios o lobulillos. Los bronquios, al entrar en los pulmones se ramifican apareciendo los bronquiolos, que se vuelven a ramificar entrando cada uno en un lobulillo donde, al ramificarse de nuevo, forman los capilares bronquiales que acaban en los sáculos pulmonares, las paredes de los cuales presentan expansiones llamadas alvéolos pulmonares.

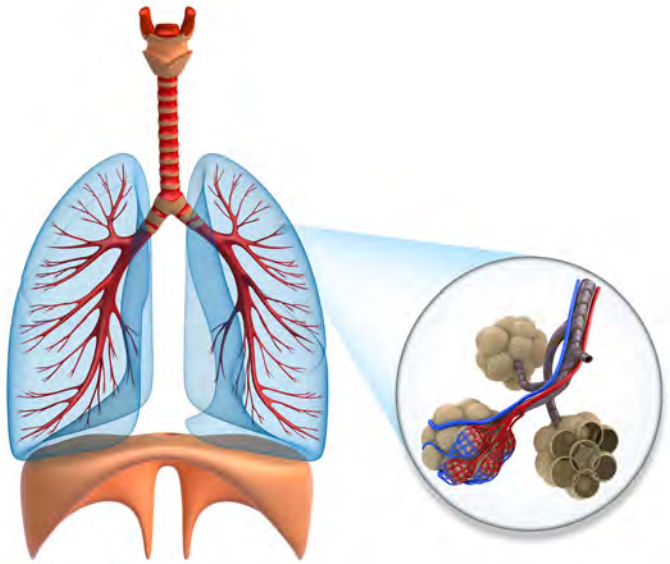


Figura 2. Sistema respiratorio.

Al respirar inhalamos todas las partículas que se encuentren en el aire (la probabilidad de inhalación depende de: el diámetro aerodinámico de la partícula, el movimiento del aire alrededor del cuerpo y la frecuencia respiratoria). Pasan un primer filtro en nariz, faringe y

laringe, desde donde pueden ser expulsadas al toser, estornudar, con la saliva o por vía esofágica. Si no se expulsan, las partículas más gruesas PM_{10} suelen quedar retenidas en los tramos altos del sistema respiratorio (tráquea y bronquios) mientras que las $PM_{2,5}$ penetran hasta zonas más profundas, pudiendo alcanzar los bronquiolos y quedar depositadas en los pulmones. Las $PM_{0,1}$ (ultrafinas) alcanzan los alvéolos, lugar donde se realiza el intercambio de gases, pudiendo pasar al torrente sanguíneo, por lo que podrían causar efectos más severos para la salud.

El rango de tamaño que puede considerarse peligroso en relación con originar efectos sobre la salud humana y afectar la calidad del aire está comprendido entre 0,1 y 10 µm de diámetro ya que, en general, estas partículas, una vez inhaladas, tienen mayor capacidad de penetración en el sistema respiratorio. A menor tamaño, más capacidad para llegar a los alvéolos pulmonares (ver Tabla 6) (bolsas diminutas de aire en las terminaciones de los bronquiolos, que son el lugar donde los pulmones y el torrente sanguíneo intercambian dióxido de carbono y oxígeno). Al margen de su tamaño, su efecto tóxico está estrechamente relacionado con su composición.

Tanto las exposiciones a corto plazo como a largo plazo producen problemas de salud. Los efectos

Tabla 6. Capacidad de entrada en función del tamaño.

TAMAÑO DE PARTÍCULA	ZONA DEL SISTEMA RESPIRATORIO ALCANZADA
5-10 µm	Nasofaringe
3-5 µm	Tráquea
2-3 µm	Bronquios
1-2 µm	Bronquiolos
0,1-1 µm	Alvéolos

sobre la salud dependen del tipo de partícula y su facilidad de penetración en el organismo. Entre estos están:

- Enfermedades pulmonares clásicas (neumoconiosis).
- Irritaciones e inflamaciones de vías respiratorias y ojos (alveolitis, bronquiolitis, fibrosis, asma, etc.).
- Mayor incidencia y agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares.
- Aumento de la frecuencia de cáncer pulmonar a largo plazo.
- Enfermedades infecciosas.
- Lesiones de piel: irritación cutánea y dermatosis.

- Lesiones en los ojos (conjuntivitis).

Existen polvos que pueden generar otro tipo de situaciones (independientes del tema de calidad ambiental interior) como son la de incendio y de explosión, riesgos que se tendrán que considerar. (Se puede ampliar la información en la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo).

La norma UNE-EN 481 "Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por

el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles" define los convenios para el muestreo en función del tamaño de partícula, que han de ser aplicados para evaluar los posibles efectos sobre la salud, se aplica a aerosoles, tanto sólidos como líquidos. (Consultar la NTP-731: Evaluación de la exposición laboral a aerosoles (I): aspectos generales donde se definen y representan gráficamente los convenios para las fracciones: inhalable, torácica y respirable).

Las fracciones pueden ser:

- ***Inhalable:*** fracción másica del aerosol total que se inhala a través de la nariz y la boca.
- ***Torácica:*** fracción másica de las partículas inhaladas que penetran más allá de la laringe.
- ***Respirable:*** fracción másica de las partículas inhaladas que penetran en las vías respiratorias no ciliadas.

La exposición laboral a agentes químicos en forma de partículas, no fibrosas, en suspensión en el aire (polvo, humos y nieblas) debe evaluarse generalmente mediante la realización de mediciones. El INSST ha publicado el díptico Cuidado que se cuela por la nariz donde se pretende facilitar la labor a la persona que realiza dicha medición, proporcionándole información de los diferentes aspectos a considerar para que las mediciones a

realizar sean fiables y representativas de la exposición del trabajador/a.

Fibras

Se denominan fibras a las partículas elongadas cuya longitud es varias veces superior a su diámetro. Las fibras que pueden representar un riesgo para el sistema respiratorio son las fibras respirables, entendiéndose como tales las fibras finas que tienen la posibilidad de alcanzar los alvéolos pulmonares. Las fibras no respirables son las fibras más gruesas que no se mantienen mucho tiempo en suspensión en el aire y que, aunque llegaran a ser inhaladas, quedarían retenidas y serían eliminadas en las partes anteriores del sistema respiratorio. Estas fibras pueden tener interés en la prevención de posibles efectos irritantes en los ojos, piel o mucosas (puede consultar la NTP 641: Fibras minerales artificiales y otras fibras diferentes del amianto (I): toxicología y clasificación).

No obstante, cuando hablamos de fibras, la más común es el amianto. El artículo 2 del 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 (en adelante, RD 396/2006), establece que "*el término amianto designa a los silicatos fibrosos siguientes, de acuerdo con la identificación admitida internacionalmente del registro de sustancias químicas del Chemical Abstract Service (CAS)*":

a) Actinolita amianto, nº 77536-66-4 del CAS,

b) Grunerita amianto (amosita), nº 12172-73-5 del CAS,

c) Antofilita amianto, nº 77536-67-5 del CAS,

d) Crisotilo, nº 12001-29-5 del CAS,

e) Crocidolita, nº 12001-28-4 del CAS, y

f) Tremolita amianto, nº 77536-68-6 del CAS".

El artículo 5.4 del RD 396/2006 define las fibras de amianto o asbestos como aquellas partículas de esta materia, en cualquiera de sus variedades, cuya longitud sea superior a 5 micrómetros, su diámetro sea inferior a 3 micrómetros y la relación longitud-diámetro, superior a 3 micrómetros.

El amianto es un buen aislante térmico, eléctrico y acústico, incombustible y resistente a altas temperaturas, propiedades que hicieron que fuese ampliamente usado en las décadas de los 70 y 80 del siglo XX. Por eso se puede encontrar en diferentes lugares, entre otros:

- Elementos estructurales: paredes, puertas, baldosas, fachadas de edificios, suelos, tejados (como productos de fibrocemento).
- Recubrimientos y pinturas texturizadas.
- Sistemas de calefacción: como aislante térmico en tuberías, calentadores y calderas.

- Conductos de ventilación.
- Aislante en armazones de acero de edificios.
- Sistemas de agua sanitaria: cañerías de agua corriente y residual, depósitos de agua potable (como fibrocemento), cisternas de sanitarios,…
- Instalaciones eléctricas.

Mientras el amianto permanezca íntegro (no libere fibras) no supone un riesgo para la salud. El riesgo para la salud se produce al disgregarse en fibras que se dispersan al ambiente y que pueden ser inhaladas por las personas expuestas. Debido a su pequeño tamaño de fibra, estas al ser inhaladas afectan a los pulmones y a la membrana que los envuelve, la pleura. La probabilidad de padecer la enfermedad aumenta con el tiempo de exposición. Los principales efectos sobre la salud derivados de la exposición al asbesto son: la **asbestosis** (fibrosis pulmonar), el **cáncer de pulmón** y el **mesotelioma** (pleural o peritoneal), habiéndose encontrado también asociación con otras neoplasias (carcinomas gastrointestinales o de laringe). Existe sospecha, no confirmada, de que el asbesto puede producir otros tipos de cáncer (riñón, ovario, mama).

Es muy importante reseñar el largo periodo de latencia desde que se produce la exposición hasta cuando se manifiesta la enfermedad (de 10 años), y su frecuencia tiene relación directa con la intensidad de la exposición. (Para ampliar información puede consultar Enfermedades profesionales de naturaleza respiratoria. Patología por amianto).

En España, está prohibida desde 2001 la producción, comercialización, utilización e instalación de fibras de amianto o de materiales que lo contengan. En los productos que contengan este tipo de fibras, y que ya estuvieran instalados con anterioridad a la prohibición, siguen estando permitidos hasta su eliminación o fin de su vida útil. En el caso de remodelación o demolición de edificios antiguos, esta deberá ser realizada por empresas registradas en el Registro de Empresas con Riesgo por Amianto (RERA). Estas empresas deben adoptar las medidas preventivas contenidas en el Real Decreto 396/2006, deberán contar con un Plan de Trabajo y cumplir con las medidas de seguridad establecidas en dicho real decreto, además de especificar el tipo de controles a realizar para evaluar la cantidad de esos compuestos y su proceso de eliminación. (Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto).

Actualmente se están utilizando otras fibras como aislantes térmicos y acústicos de los edificios, como las minerales artificiales (lana de vidrio, lanas minerales, lanas de roca), fibras cerámicas, fibras orgánicas naturales, fibras orgánicas sintéticas (fibras de carbón, fibras de acero), etc. Estas fibras pueden producir irritaciones en piel, ojos, nariz y garganta y a largo plazo sus efectos no son conocidos. (En las siguientes NTP figura una clasificación general de fibras por su origen y naturaleza y se puede obtener más documentación: NTP 641: Fibras minerales artificiales y otras fibras diferentes del amianto (I): toxicología y clasificación y NTP 642: Fibras minerales artificiales y otras fibras diferentes del amianto (II): evaluación y control).

3.2.5 Radón (Rn-222)

Es un gas radioactivo de origen natural, incoloro, inodoro e insípido, con un peso 7 veces superior al del aire, que procede de la desintegración del uranio que se encuentra en las rocas y en el suelo. Según la OMS, el gas radón es la segunda causa más importante de cáncer de pulmón después del tabaco. La probabilidad de que el radón provoque cáncer de pulmón es mayor en personas que fuman, estimándose que el riesgo asociado al radón que corre un fumador es 25 veces superior al de una persona no fumadora. El riesgo de cáncer de pulmón aumenta en un 16% con cada incremento de 100 Bq/m^3 (Bq) becquerelio, que corresponde a la actividad de una cantidad de material

radioactivo con una tasa de desintegración de un núcleo por segundo en la concentración media de radón a largo plazo (los estudios epidemiológicos en los que se basa la asociación entre exposición a radón y cáncer de pulmón, fueron realizados en trabajadores de las minas de uranio, demostrándose en la población minera de varios países una incidencia de cáncer de pulmón 50 veces superior a la de la media de la población no expuesta. NTP 533: El radón y sus efectos sobre la salud).

La exposición a niveles altos de radón, aparte de causar cáncer de pulmón, puede producir un aumento de la incidencia de enfermedades pulmonares, tales como enfisema y fibrosis pulmonar (https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health).

El radón que emana del suelo y las rocas se dispersa fácilmente en el exterior (el radón se diluye rápidamente, tiene concentraciones muy bajas y no suele representar ningún problema, la concentración media de radón al aire libre varía de 5 Bq/m^3 a 15 Bq/m^3), pero tiene tendencia a concentrarse en espacios cerrados, sobre todo sótanos y edificios, en los que es difícil su eliminación sin una ventilación adecuada, entra en el interior a través de grietas, poros y fisuras en suelos, muros y paredes, juntas de construcción, espacios alrededor de canalizaciones y líneas de servicio, etc., siendo los niveles mayores en sótanos y otras áreas estructurales en contacto con el suelo. También puede proceder de materiales de construcción, como en productos que contienen radio y torio (subproductos de yeso y hormigón con alumbre bituminoso, etc.) (NTP 440: Radón en ambientes interiores).

Las principales acciones que podrían tomarse para limitar la entrada y disminuir la concentración de radón serían las siguientes:

- Despresurización del espacio entre el suelo del edificio y el terreno para reducir la entrada de radón.
- Aumento de la tasa de ventilación del edificio para facilitar la eliminación de radón.
- Recubrimiento de los elementos (suelo y/o paredes) que presenten una emisión de ra-

dón elevada y así reducir la acumulación de radón en el interior del edificio.

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) ha desarrollado los mapas del potencial de radón en España, en los que se categorizan las zonas del territorio estatal en función de sus niveles de radón y, en particular, se identifican aquellas en las que un porcentaje significativo de los edificios residenciales presenta concentraciones superiores a 300 Bq/m^3 (estos mapas se pueden consultar en Cartografía Radón en España).

La exposición al radón en los lugares de trabajo está regulada en el Título VII del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RD 783/2001) (en adelante, RPSRI) y en la Instrucción IS-33, de 21 de diciembre de 2011, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural.

La IS-33, en su punto cuarto, determina:

(*Concentraciones de radón en lugares de trabajo cuya superación requeriría la adopción de medidas correctoras o dispositivos de vigilancia.*

1. *El nivel para la protección de los trabajadores frente a la exposición al Rn-222 en sus puestos de trabajo debe ser de 600 Bq/m^3 de concentración media anual de Rn-222, durante la jornada laboral. Este se considera un nivel de referencia, por debajo del cual debe aplicarse el principio de optimización. Este nivel se interpreta además como un nivel por encima del cual deben aplicarse las correspondientes medidas de protección radiológica, en el caso de que una vez realizadas acciones de remedio no se consiguiera reducir la concentración de radón.*

2. *Se entiende por acciones de remedio aquellas destinadas a disminuir la concentración de radón.*

3. *En el caso de los lugares de trabajo con elevada permanencia de miembros del público el nivel de intervención será de 300 Bq/m^3 de concentración media anual de Rn-222.*

   Se entiende por lugares de trabajo con elevada permanencia de miembros del público aquellos en los que los miembros del público pueden permanecer un número de horas superior al de permanencia de los trabajadores (hospitales, centros penitenciarios, etcétera). Se incluyen en esta categoría los centros de educación infantil, primaria y secundaria.

4. *Los niveles de referencia para las actuaciones indicadas en el artículo 63 del RPSRI, deben ser los siguientes:*

   – *<600 Bq/m^3: no es necesario control.*
   – *600-1000 Bq/m^3: se debe aplicar un nivel bajo de control.*

– *>1000 Bq/m^3: se debe aplicar un nivel alto de control.*

5. *Los límites del artículo 9 del RPSRI son de aplicación a los trabajadores expuestos al radón.*

No en todos los lugares de trabajo es obligatorio llevar a cabo mediciones de radón. La Instrucción IS-33 en su Anexo establece: *< Las actividades laborales cuyos titulares deberían realizar los estudios requeridos por el RPSRI son las que se llevan a cabo en los lugares de trabajo siguientes:*

1. *Lugares de trabajo subterráneos como:*
   – *Cuevas y galerías.*
   – *Minas distintas de las del uranio.*
2. *Establecimientos termales.*
3. *Instalaciones donde se almacenen y traten aguas de origen subterráneo.*
4. *Lugares de trabajo, subterráneos o no subterráneos, en áreas identificadas por sus valores elevados de radón.*
5. *Extracción de tierras raras.*
6. *Producción y utilización del torio y sus compuestos.*
7. *Producción de niobio y ferro-niobio.*
8. *Producción de gas y petróleo.*
9. *Producción de cemento, mantenimiento de hornos de «clinker».*
10. *Fabricación de pigmentos de dióxido de titanio.*
11. *Industria del fosfato (producción de ácido fosfórico y de fertilizantes fosfatados).*
12. *Industria del zirconio.*
13. *Producción de estaño, cobre, aluminio, hierro, acero, cinc y plomo.*
14. *Centrales térmicas de carbón.*

Los lugares de trabajo listados con la numeración de 1 a 4 son aquellos en los que es probable que los valores medios anuales de la concentración de radón superen los niveles de referencia. El resto de lugares de trabajo, tienen asociadas actividades laborales que implican el almacenamiento, la manipulación de materiales o la generación de residuos que habitualmente no se consideran radiactivos pero que contienen radionucleidos naturales que podrían provocar un incremento significativo de la exposición de los trabajadores y, en su caso, de los miembros del público).

El Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre de 2019, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación (CTE), incluye una nueva exigencia básica de salubridad HS 6 de protección frente al gas radón. La nueva sección del Documento

Básico de Salubridad, la sección HS6 Protección frente a la exposición al radón, establece normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes. En esta nueva sección se recogen las medidas reglamentarias para limitar la penetración del radón en los edificios en función del riesgo de radón del municipio en que se ubiquen, se crean zonas de riesgo I, zonas de riesgo II y zonas sin clasificar. En cada una de estas zonas se deberán implementar diferentes fórmulas constructivas para evitar la inmisión de este gas en las nuevas construcciones (Sección HS 6).

3.2.6 Ozono (O_3)

El ozono (O_3) se produce de forma natural en la estratosfera a partir de la disociación de moléculas de oxígeno por acción de la luz solar y actúa como barrera frente a la radiación solar. Es un gas incoloro que en condiciones estándar tiene una vida media de aproximadamente 20-60 minutos (dependiendo de la calidad, temperatura y humedad del aire ambiente; en agua es aproximadamente la misma, aunque depende de la temperatura, pH y calidad del agua), de olor acre penetrante y detectable por el olfato a concentraciones entre 0,02 y 0,05 ppm.

El ozono es un fuerte oxidante, tanto en estado gaseoso como en soluciones acuosas.

Dicha potencia oxidativa, junto con su mínima toxicidad, convierten el ozono en un producto extremadamente útil como desinfectante y desodorante, con numerosas aplicaciones. Los materiales tratados por ozonización no adquieren ninguna nueva propiedad organoléptica (color, sabor, olor) tras el tratamiento, puesto que el posible ozono residual desaparece al cabo de poco tiempo (no deja residuo alguno ni aporta sustancias extrañas a los elementos que han sido tratados), su utilización en ambientes interiores es básicamente para eliminar olores. El uso de generadores de ozono como desinfectante y desodorizante en locales cerrados para el control de microorganismos, olores, etc. debe realizarse de forma adecuada, teniendo en cuenta sus posibles efectos adversos si se superan las concentraciones límites; también se genera de forma no intencionada en máquinas fotocopiadoras (muy presentes en ambientes interiores, NTP 1085: Calidad del aire interior. Equipos y materiales de oficina: contaminantes químicos) impresoras láser, equipos electroestáticos para purificación del aire, motores eléctricos y equipos con radiación UV para la desinfección.

El ozono industrial, en la actualidad, tiene diferentes y amplias aplicaciones como son la desinfección de agua, del aire interior, la higienización de envases y utillaje alimentario, el blanqueo de la pasta de papel, el tratamiento y eliminación de residuos farmacéuticos, etc. La concentración normal de ozono en la atmosfera varía entre 0,005 y

0,05 ppm según la estación del año. Los valores límites ambientales en exposiciones laborales dependerán del tipo de trabajo (véase la tabla 7).

Tabla 7. Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2022[1].

TIPO DE TRABAJO	VLA-ED
Ligero	0,1 ppm (0,2 mg/m^3)
Moderado	0,08 ppm (0,16 mg/m^3)
Pesado	0,05 ppm (0,1 mg/m^3)
Pesado, moderado o ligero superior a 2 h	0,2 ppm (0,4 mg/m^3)

Debido a su poder oxidante los efectos inmediatos sobre la salud son: irritación del tracto respiratorio y de los ojos, tos, dificultades respiratorias, etc.; a medio plazo se puede producir disminución general del rendimiento físico, así como síntomas de malestar general tales como: dolor de cabeza, cansancio, pesadez, etc.; a largo plazo puede producir alteraciones en la función pulmonar (neumonitis y neumonía).

[1] Límites de exposición profesional para agentes químicos 2022

En general, los efectos de la exposición a ozono se acentúan cuanto mayor es su concentración, el tiempo de exposición y los niveles de actividad física durante la misma. La gravedad de la respuesta depende estrechamente de la sensibilidad del sistema respiratorio y, a menudo, del estado inmunitario de la persona expuesta, por este motivo es importante establecer un sistema de trabajo que permita renovar el aire en un espacio tratado con O_3 antes de que sea ocupado.

Es conveniente tener en cuenta la concentración de ozono en el ambiente para evitar que se produzcan reacciones con sustancias inflamables y reacciones químicas peligrosas al contacto con otros productos químicos. (Para su uso como biocida, tener en cuenta las recomendaciones recogidas en el documento El ozono como desinfectante frente al coronavirus SARS-CoV-2).

3.2.7 Biocidas

El Reglamento (UE) 528/2012, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de mayo de 2012 relativo a la comercialización y el uso de los biocidas, los define como "*toda sustancia o mezcla, en la forma en que se suministra al usuario, que esté compuesto por, o genere, una o más sustancias activas, con la finalidad de destruir, contrarrestar o neutralizar cualquier organismo nocivo, o de impedir su acción o ejercer sobre él un efecto de control de otro tipo, por cualquier medio que no sea una mera acción física o mecánica*".

Los biocidas están divididos en 22 tipos de productos basados en su uso, que se clasifican en cuatro grandes grupos:

A. Grupo principal 1: DESINFECTANTES

- TP1: Biocidas para la higiene humana.
- TP2: Desinfectantes y alguicidas no destinados a la aplicación directa a personas o animales.
- TP3: Biocidas para la higiene veterinaria.
- TP4: Desinfectantes para los equipos, recipientes, utensilios y superficies que están en contacto con los alimentos y piensos.
- TP5: Desinfectantes empleados en la desinfección del agua potable.

B. Grupo principal 2: CONSERVANTES

- TP6: Conservantes para los productos durante su almacenamiento.
- TP7: Conservantes para películas.
- TP8: Protectores para maderas.
- TP9: Protectores de fibras, cuero, caucho y materiales polimerizados.
- TP10: Conservantes de materiales de construcción.
- TP11: Protectores de líquidos utilizados en sistemas de refrigeración y en procesos industriales.
- TP12: Productos antimoho.
- TP13: Protectores de líquidos empleados para trabajar o cortar materiales.

C. Grupo principal 3: PLAGUICIDAS

- TP14: Rodenticidas.
- TP15: Avicidas.
- TP16: Molusquicidas, vermicidas y productos para controlar otros invertebrados.
- TP17: Piscicidas.
- TP18: Insecticidas, acaricidas y productos para controlar otros artrópodos.
- TP19: Repelentes y Atrayentes.

D. Grupo principal 4: OTROS BIOCIDAS

- TP20: Conservantes para alimentos o piensos.
- TP21: Productos antiincrustantes.
- TP22: Líquidos para embalsamamiento o taxidermia.

Muchos de ellos presentan el problema adicional de su persistencia en el ambiente debido a su na-

turaleza química (al ser semivolátiles no se evaporan tan fácilmente como los COV) y al modo de aplicación. Hay que prestar atención a su clasificación en función de su toxicidad para su utilización en las instalaciones de un lugar de trabajo a fin de que no comprometa la calidad del aire interior, esto es, debe evitarse que las sustancias que componen estos productos pasen al aire en forma de partículas o que los restos sólidos sedimenten en las superficies de las instalaciones.

Un problema muy frecuente relacionado con los biocidas es que generalmente se utilizan cuando el edificio está desocupado, por la noche o durante los fines de semana, cuando el sistema de renovación del aire (ventilación) está parado, con lo cual no se elimina el producto; así, cuando el sistema se pone en marcha, coincidiendo con el retorno de sus ocupantes, los contaminantes circulan por todo el edificio, con el consiguiente riesgo de exposición. Los efectos dependen de la concentración y van desde irritación de mucosas hasta efectos sistémicos (al respecto se puede consultar la NTP 595: Plaguicidas: riesgos en las aplicaciones en interior de locales).

Su comercialización y uso se encuentra regulado por el reglamento europeo citado anteriormente. También hay que tener en cuenta la norma técnica UNE-EN 16636:2015 (Servicios de gestión de plagas. Requisitos y competencias), que especifica los requisitos relativos a los servicios de gestión de plagas y las competencias que los proveedores profesionales de dichos servicios deben cumplir para proteger la salud pública, los bienes y el medio ambiente. Esta norma va dirigida a y es de aplicación en aquellas empresas que tienen la responsabilidad de la prestación de servicios de control de plagas, incluyendo la evaluación, el asesoramiento y la posterior ejecución de los procedimientos de control y prevención.

3.3 AGENTES BIOLÓGICOS

El Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo define:

a) *Agentes biológicos: microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad.*

b) *Microorganismo: toda entidad microbiológica, celular o no, capaz de reproducirse o de transferir material genético.*

c) *Cultivo celular: el resultado del crecimiento "in vitro" de células obtenidas de organismos multicelulares.*

Según el RD 664/1997 los agentes biológicos se clasifican, en función del riesgo de infección, en cuatro grupos:

a) *Agente biológico del grupo 1: aquel que resulta poco probable que cause una enfermedad en el hombre.*

b) *Agente biológico del grupo 2: aquel que puede causar una enfermedad en el hombre y puede suponer un peligro para los trabajadores, siendo poco probable que se propague a la colectividad y existiendo generalmente profilaxis o tratamiento eficaz.*

c) *Agente biológico del grupo 3: aquel que puede causar una enfermedad grave en el hombre y presenta un serio peligro para los trabajadores, con riesgo de que se propague a la colectividad y existiendo generalmente una profilaxis o tratamiento eficaz.*

d) *Agente biológico del grupo 4: aquel que, causando una enfermedad grave en el hombre, supone un serio peligro para los trabajadores, con muchas probabilidades de que se propague a la colectividad y sin que exista generalmente una profilaxis o un tratamiento eficaz.*

La contaminación biológica en ambientes interiores se transmite mayoritariamente a través del aire, en forma de aerosoles, por lo que nos referimos a bioaerosoles, que son partículas transportadas por el aire, constituidas por seres vivos, o moléculas grandes que han sido liberadas por un ser vivo. Para que se llegue a producir un aerosol a partir de un organismo o sus partes, se requiere la existencia de un reservorio (medio que tiene las condiciones adecuadas para la vida de un microorganismo), un proceso de amplificación y multiplicación (cuando se dan las condiciones adecuadas de temperatura, humedad y pH) y la diseminación del aerosol.

El aire exterior constituye la principal fuente de contaminación biológica en el interior de los edificios. Las esporas y los fragmentos fúngicos, así como el polen y las bacterias ambientales, pueden introducirse en estos por diversas vías, como el sistema de climatización y ventilación, ventanas, grietas existentes en las paredes, sobre la superficie de materiales nuevos o adheridos a la ropa y al calzado de las personas. Por otra parte, los ocupantes del edificio también pueden contribuir a la contaminación biológica del aire interior, ya que son considerados la fuente más importante de bacterias (principalmente Gram positivo como Staphylococcus o Micrococcus) y virus, además pueden transportar otros contaminantes biológicos, como alérgenos de animales de compañía.

Dentro de los edificios se pueden producir las condiciones adecuadas de temperatura, humedad y nutrientes para el crecimiento de microorganismos y el desarrollo de otros contaminantes

biológicos como ácaros del polvo doméstico y cucarachas. Estas amenazas están asociadas con mayor frecuencia a los problemas de calidad del aire interior y el exceso de humedad (la presencia de algunos hongos y bacterias puede considerarse indicadora de un exceso de humedad en el interior de los edificios. NTP-1064 Calidad del aire interior. Contaminantes biológicos (I): estrategia de muestreo).

La prevención del riesgo biológico en el trabajo debe evitar las exposiciones laborales capaces de originar algún tipo de infección, alergia o toxicidad.

Las medidas de prevención frente a los riesgos biológicos tratan de evitar que se materialice su cadena de transmisión en el lugar de trabajo, con medidas de actuación en:

1. el foco o reservorio del agente, para evitar su crecimiento o multiplicación;
2. el medio, para evitar su dispersión y transmisión;
3. el receptor o trabajador, para evitar el contacto o para evitar o reducir la gravedad de los daños.

El Real Decreto 664/1997 establece cómo proteger a los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo (se puede consultar la Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos publicada por el INSST).

Los agentes biológicos presentes en el aire interior pueden causar en los ocupantes de un edificio:

- Enfermedades infecciosas: legionelosis, gripe,…
- Alergias: rinitis alérgica, asma,…
- Efectos tóxicos: producidos por las toxinas emitidas por algunos microorganismos (exotoxinas, endotoxinas y micotoxinas).

Los agentes biológicos más comunes que se pueden encontrar en un ambiente interior son los que se comentan a continuación:

3.3.1 Bacterias

Las bacterias son microorganismos unicelulares carentes de núcleo, que presentan un tamaño entre 0,5 y 5 µm de longitud y diversas formas: esferas (cocos), barras (bacilos), filamentos, curvados (vibrios) y helicoidales (espirilos y espiroquetas). Se clasifican en dos grandes grupos según la reacción de su pared celular a la tinción de Gram: Gram+ y Gram-.

En el aire interior, predominan las bacterias Gram positivo, procedentes de las mucosas de la boca, las vías respiratorias altas y la piel. Entre estas se

encuentran *Staphylococcus epidermidis, S. aureus, Aerococcus spp., Micrococcus spp. y Streptococcus spp*. En cuanto a las bacterias Gram negativo, no suelen ser abundantes en ambientes interiores, aunque se pueden encontrar especies de *Acinetobacter, Aeromonas, Flavobacterium* y, en especial, *Pseudomonas* (que viven en el agua o en el suelo y crecen rápidamente) y la *Legionella pneumophila*.

La *Legionella* puede estar presente en sistemas de distribución de agua sanitaria, caliente y fría, humidificadores, torres de refrigeración, equipos de terapia respiratoria, bañera hidromasaje o duchas. En el agua, la bacteria prolifera a temperaturas comprendidas entre 20-45°C siendo su temperatura óptima alrededor de 37°C, mientras que, por debajo de 20°C, permanece inerte y se destruye a temperaturas cercanas a 70°C.

La proliferación de la bacteria puede producirse también sobre las paredes interiores de los sistemas de agua, ya que en estas puede formarse una biocapa debida al estancamiento de agua y a la acumulación de lodos, materia orgánica, amebas, etc., que actúan como reservorio y protegen a la bacteria de la acción de los biocidas.

"*El término Legionelosis hace referencia a las enfermedades causadas por la bacteria Legionella. Básicamente estas enfermedades son dos: la Enfermedad del legionario y la Fiebre de Pontiac. La primera es una forma severa de neumonía, mientras que la segunda consiste en una infección no neumónica presentando un cuadro pseudogripal*" (NTP 538: Legionelosis: medidas de prevención y control en instalaciones de suministro de agua).

Todo lo referente al control y la prevención de la legionelosis está recogida en 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 y en la norma UNE 100030 "Prevención y control de la proliferación y diseminación de Legionella en instalaciones".

Otras bacterias que pueden estar presentes en el aire interior y provocar enfermedades son las causantes de enfermedades alérgicas, como la neumonitis por hipersensibilidad; entre estas se

encuentran *Bacillus subtilis* (madera podrida), *Pseudomonas aeruginosa* (humidificadores) y las bacterias filamentosas *Faenia rectivirgula* y *Thermoactinomyces vulgaris* (humidificadores y otros equipos del sistema de ventilación y climatización). También puede encontrarse *Mycobacterium tuberculosis*, causante de la tuberculosis y que se transmite fundamentalmente de persona a persona, pudiendo estar asociada a edificios con escasa renovación de aire. Cabe destacar también **las endotoxinas,** que son componentes de la membrana externa de la pared celular de las bacterias Gram negativas. Son altamente tóxicas, pudiendo causar fiebre, malestar, afecciones respiratorias y estado de *shock*, llegando en algunos casos a producir la muerte. En el interior de los edificios, pueden encontrarse en los humidificadores, aumentando su cantidad considerablemente cuando el sistema de acondicionamiento de aire está parado.

3.3.2 Hongos

Se dividen en dos grandes grupos: las levaduras, que son hongos unicelulares con forma ovalada, y los mohos, que son hongos filamentosos.

El crecimiento de los hongos se ve favorecido en ambientes muy húmedos y con nutrientes, los cuales están presentes en materiales como madera, papel y otros revestimientos de superficies, alfombras, muebles tapizados, polvo, tierra de macetas, productos almacenados (tales como alimentos), etc.

La fuente habitual de contaminación es el medio ambiente exterior, pudiendo introducirse en el edificio mediante diferentes medios, como las personas, polvo, superficies de materiales nuevos, o a través del sistema de ventilación. Su proliferación se debe principalmente al exceso de humedad (alta humedad relativa o fugas de agua). (Para más detalle puede consultar la NTP-1064: Calidad del aire interior. Contaminantes biológicos (I): estrategia de muestreo).

Entre las especies fúngicas más comunes, tanto en el interior como en el exterior de los edificios, que pueden causar alergias, se encuentran *Cladosporium spp*. (superficies de las hojas y otras partes de las plantas de exterior, cuartos de baño no ventilados), *Penicillium spp*. (humidificadores del sistema de aire caliente), *Aspergillus spp*. (humidificadores) y la levadura rosa *Sporobolomyces* (paredes y techos con humedades).

Los principales efectos sobre la salud son las enfermedades respiratorias alérgicas, tales como el asma o la neumonitis por hipersensibilidad, causadas principalmente por la inhalación de esporas; algunos hongos pueden causar infecciones, como es el caso de la histoplasmosis producida por *Histoplasma capsulatum* (hongo asociado a excrementos de aves), o la Aspergilosis, producida por *Aspergillus fumigatus*, normalmente implicado en brotes registrados en hospitales como consecuencia de obras, remodelaciones o fallos en los sistemas de filtración de aire.

Otros hongos presentan efectos tóxicos causados por **las micotoxinas** "las micotoxinas son metabolitos secundarios producidos por hongos que representan un riesgo potencial para la salud de los hombres y de los animales. Se trata de compuestos de bajo peso molecular y que no son volátiles a temperatura ambiente, que son secretados por los hongos durante el proceso de degradación de la materia orgánica como mecanismo de defensa frente a otros microorganismos" (más información en Micotoxinas en ambientes laborales).

3.3.3 Virus

Un virus es un agente infeccioso microscópico acelular que solo puede replicarse dentro de las células de otros organismos. Están formados por partículas de código genético (ADN o ARN) encapsuladas en una vesícula de proteínas.

Los virus pueden provocar una gran cantidad de infecciones, pero dependen de otro ser vivo para multiplicarse, por lo que son parásitos obligados. La vía principal de transmisión en entornos laborales es de persona a persona, debido a la inhalación de aerosoles generados al toser o estornudar, como es el caso de la gripe o el resfriado común. Por tanto, las tasas de infección pueden ser mayores en situaciones de mayor aglomeración de personas y en edificios con escasa renovación de aire.

En el caso del virus de la gripe la transmisión se produce principalmente a través del contacto de las mucosas con gotitas procedentes de secreciones orofaríngeas de personas infectadas, producidas al toser, estornudar o hablar y, en menor medida, por contacto de las mucosas nasales o bucales con manos, superficies u objetos recientemente contaminados. "*El mayor riesgo de contagio se da en lugares cerrados, con aglomeración de per-*

sonas o poco ventilados. Una persona es contagiosa desde 1 día antes de desarrollar síntomas y hasta varios días después de la manifestación clínica (5 días en adultos y 7 días en niños). Es responsable de muchos casos de enfermedad nosocomial" (más información en BASEBio *Virus de la influenza tipos A*).

En 2019 se identificó un nuevo coronavirus como la causa de un brote de enfermedades que se originó en China. Este virus ahora se conoce como el síndrome respiratorio agudo grave coronavirus 2 (SARS-CoV-2). La enfermedad que causa se llama enfermedad del coronavirus 2019 (COVID-19). En marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró que este brote de COVID-19 era una pandemia (más información en BASEBio Coronavirus). Este nuevo virus ha afectado también al ambiente laboral y, aparte de aumentar la higiene personal, las empresas han tenido que tomar medidas para impedir la propagación de este virus en el trabajo. Se puede completar la información consultando:

- Directrices de buenas prácticas para prevenir el riesgo de exposición laboral al coronavirus SARS-CoV-2 por actividades/sectores .
- Procedimiento de actuación para los servicios de prevención de riesgos laborales frente a la exposición al SARS-CoV-2 del Ministerio de Sanidad.
- Desinfectantes y métodos de desinfección frente al SARS-CoV-2 (Compendio no exhaustivo de fuentes de información) del INSST.

3.3.4 Protozoos

Los protozoos son animales microscópicos unicelulares que se alimentan de bacterias y otras partículas orgánicas en humidificadores y en aguas estancadas de desagües, así como en los sistemas de ventilación y climatización (poco probable en ambientes interiores).

"El tamaño de estos organismos hace que su presencia en los bioaerosoles sea menos frecuente, ya que tienden a sedimentar rápidamente. Si existieran evidencias de que algún tipo de problema se puede relacionar con organismos patógenos de este grupo, se deberían analizar sus reservorios (humidificadores, aguas estancadas), para poder determinar el origen de los problemas y eliminar los focos de contaminación" (NTP 409: Contaminantes biológicos: criterios de valoración).

3.3.5 Polen

El polen se origina principalmente en plantas de exterior, siendo las concentraciones en el aire exterior mucho mayores que en el interior. Por tanto, los problemas respiratorios, como las alergias, asociados a la presencia de polen en el aire interior del edificio, se deberán a situaciones de elevada concentración exterior. En el caso de edificios ce-

rrados, puede deberse a un mal funcionamiento del sistema de filtración del aire de renovación o a la existencia de aberturas al exterior no controladas, así como a la entrada de personas que transportan estos alérgenos en sus ropas.

3.3.6 Caspa y pelos de animales

La caspa y los pelos de los animales son una fuente de alérgenos que pueden originar rinitis o asma en individuos susceptibles. Su presencia en el aire interior de los edificios es generalmente debida a personas que tienen en su casa animales de compañía (perros, gatos) y transportan estos alérgenos en sus ropas.

3.3.7 Insectos

Los insectos, así como sus excretas, pueden causar alergias respiratorias. Por otro lado, los fragmentos de pulgas de gato, polillas de la ropa y cucarachas (siendo las más comunes Periplaneta americana, Blatella germanica y Blatta orientalis, que requieren ambientes cálidos y húmedos, con una humedad relativa superior al 50%) también pueden causar alergias, aunque su incidencia es menor.

3.3.8 Ácaros

Los ácaros son muy comunes en el polvo doméstico, pudiendo parasitar al hombre y a los animales y originando, ellos mismos o sus excretas, reacciones alérgicas, siendo los más frecuentes en ambientes interiores Dermatophagoides pteronyssinus y D. farinae. Crecen de manera óptima cuando la humedad relativa se encuentra entre el 70% y el 80%, pudiendo estar presentes en oficinas con una ventilación y limpieza deficiente, así como en muebles tapizados y revestimientos de paredes y suelos, tales como moquetas, telas y cortinas. Puede completar la información en:

NTP 652: Sensibilización laboral por exposición a ácaros (I): ácaros en el ambiente laboral.

NTP 653: Sensibilización laboral por exposición a ácaros (II): técnicas de muestreo y prevención.

3.3.9 Compuestos orgánicos volátiles microbianos

Los compuestos orgánicos volátiles microbianos (COVM) pueden ser producidos por una amplia variedad de microorganismos, aunque algunos están asociados a especies particulares. El denominado alcohol de seta, 1-octen-3-ol (que posee un olor a setas frescas) se encuentra entre los producidos por numerosos mohos, otros compuestos volátiles menos frecuentes son la geosmina (olor terroso) y la 6-pentil-alfa-pirona (olor a coco). Entre las bacterias, especies de *Pseudomonas* producen pirazinas con olor a "patata mohosa".

PRINCIPALES PROBLEMAS DE SALUD RELACIONADOS CON LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR

Como ya se ha visto, una deficiencia en la calidad del aire interior puede dar lugar a efectos (sobre los trabajadores/as) que afectan a su:

- Salud
- Confort
- Productividad

Estos efectos adversos pueden comprender una gran variedad de síntomas y/o molestias, incluyendo, en algunos casos, enfermedades concretas.

4.1 Síndrome del Edificio Enfermo (SEE)

La OMS, en 1982, definió el "*Sick Building Syndrome*" o "Síndrome del Edificio Enfermo" (SEE) 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" más información en (NTP 289: Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo).

La incidencia de este síndrome es desconocida aunque la OMS estima que afecta al 30% de los edificios modernos causando molestias a entre el 10% y el 30% de sus ocupantes. La OMS establece dos tipos de edificios enfermos:

- **Edificio temporalmente enfermo.** Se trata de un edificio nuevo o recién renovado en el que los síntomas van disminuyendo a medida que pasa el tiempo. Suelen desaparecer al cabo de los seis meses aproximadamente. Suelen ser debidos a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles producidos por los recubrimientos de paredes, suelos y materiales de la construcción.

- **Edificio permanentemente enfermo.** En este caso los síntomas se siguen mostrando durante años. Suelen estar asociados a deficiencias de las instalaciones fijas como, por ejemplo, la iluminación, climatización y ventilación, o a problemas de los materiales de construcción.

Según la OMS estos edificios presentan una serie de características comunes: casi siempre tienen un sistema de ventilación forzada que generalmente es común a todo el edificio; son de construcción ligera y poco costosa; las superficies interiores están en gran parte recubiertas con material textil, incluyendo paredes, suelos y otros elementos de diseño interior; practican el ahorro energético; se mantienen relativamente calientes con un ambiente térmico homogéneo y se caracterizan por ser edificios herméticos en los que, por ejemplo, las ventanas no pueden abrirse.Puede consultarse más información en el (Documento divulgativo Síndrome del Edificio Enfermo).

Los factores que pueden influir en la aparición del SEE son:

Factores físicos: iluminación inadecuada, ruido, temperatura desajustada, humedad relativa, ventilación y movimiento del aire, que son factores que influyen en el confort en el lugar de trabajo.

Factores químicos: la exposición simultánea a varios factores químicos puede causar problemas constantes de salud.

Factores biológicos: una amplia variedad de microorganismos como hongos (mohos y levaduras), bacterias y virus pueden encontrarse en el ambiente interior.

Factores psicosociales: estos pueden desempeñar un papel importante aumentando el estrés del personal. La organización del trabajo, la insatisfacción en general, el tiempo de trabajo, la actividad, la comunicación y relación, etc. juegan un papel principal en el desarrollo de síntomas atribuidos a SEE.

Contaminación exterior: el aire exterior que entra en un edificio puede ser una fuente de contaminación atmosférica del interior.

Los síntomas característicos que se suelen producir en los ocupantes de los edificios son:

- Irritación de ojos, nariz y garganta.
- Sequedad de piel y mucosas.
- Eritema cutáneo.
- Fatiga mental, somnolencia.
- Cefaleas, vértigos.
- Mayor incidencia de infecciones de vías respiratorias altas.
- Dificultad respiratoria, jadeo, ronquera, asma, disfonía, tos.
- Alteraciones del gusto y del olfato.
- Náuseas.

Estos síntomas no suelen estar acompañados de ninguna lesión orgánica o signo físico, de manera que el SEE se diagnostica, a menudo, por exclusión; suelen desaparecer poco después de abandonar el edificio y son más frecuentes por la tarde que por la mañana, las quejas son más abundantes cuanto menos control se tiene sobre el entorno interior.

En definitiva, con el nombre de SEE se recoge una serie de sintomatología inespecífica que a su vez es provocada por múltiples factores, situación que dificulta la identificación de los mismos.

Las principales medidas de prevención que se pueden tomar serían:

– Mantener una buena limpieza de los conductos de ventilación, para evitar presencia de bioaerosoles.

– Controlar el aporte de aire, mantener una temperatura confortable, asegurarse de que las tomas de aire exterior estén bien protegidas y mantener un nivel de humedad entre el 40% y el 60%.

– Mantener un buen clima laboral y unas condiciones de trabajo adecuadas entre todos los empleados.

– Mejorar la iluminación: utilizar una iluminación adecuada a las necesidades del edificio evi-

tando en la medida de lo posible el exceso de brillo y los destellos causantes de estrés visual generador de irritación de ojos y dolores de cabeza. Además, el uso prolongado de pantallas de visualización requerirá una iluminación particularmente bien diseñada.

– Eliminar los ruidos molestos.

– Limpiar regularmente moquetas y otras superficies que puedan acumular sustancias contaminantes o que puedan retenerlos eléctricamente, sustituyendo aquellos materiales en el caso de que sea necesario por otros más neutros desde el punto de vista electrostático.

– Controlar el uso de productos químicos contaminantes para la limpieza e incluso el uso de impresoras.

– Mantener durante las horas de trabajo una higiene postural que nos ayude a evitar posibles traumatismos o alteraciones provocadas por una mala postura.

4.2 Enfermedades Relacionadas con el Edificio (ERE)

Se define este tipo de enfermedades como un conjunto de síntomas definidos, a menudo acompañados por signos físicos y anormalidades clínicas, que pueden afectar solo a unos pocos ocupantes del edificio y que tienen una etiología conocida.

Suelen ser poco frecuentes, pero pueden originar graves problemas de salud. Su etiología está localizada en el propio edificio pudiendo ser de origen infeccioso, alérgico o de tipo irritativo:

– Infecciosa: por transmisión de agentes infecciosos a través de los sistemas de acondicionamiento de aire, como en el caso de la enfermedad de los legionarios, o de persona a persona, como la tuberculosis o las infecciones virales.

– Dispersión de antígenos dentro del edificio como en las neumonitis por hipersensibilidad, fiebre de los humidificadores, asma, etc.

– Tóxicas: por difusión de irritantes o tóxicos volátiles presentes en el ambiente como monóxido de carbono, formaldehído, órgano-fosforados, etc.

Las diferencias con el SEE son:

- Origen conocido.
- Afecta a menor número de personas.
- Menos frecuentes pero a menudo más graves.

Son aquellas en las que se demuestra un vínculo entre la exposición relacionada con el edificio y la enfermedad.

Se clasifican en dos grupos:

- Personas con enfermedades conocidas que sufren un empeoramiento clínico al permanecer en un edificio con problemas de calidad de aire interior. Ejemplos: asma bronquial, rinitis alérgica o dermatitis atópica. El empeoramiento se produce por la presencia de alérgenos o por las propias condiciones ambientales del interior del edificio.
- Enfermedades específicas producidas por causas identificables presentes en el edificio (véase NTP 288: Síndrome del edificio enfermo: enfermedades relacionadas y papel de los bioaerosoles).

A continuación se comentan algunas de las consecuencias más frecuentes:

- **La fiebre por inhalación** es una reacción febril causada por la exposición a aerosoles o polvos orgánicos. Los síntomas aparecen entre 4 y 12 horas después de la exposición e incluyen fiebre, cefalea y malestar general.
- La **fiebre del humidificador** aparece en edificios no industriales como consecuencia de los humidificadores u otros tipos de unidades de ventilación que sirven como reservorio para el crecimiento de bacterias u hongos y como método de formación de aerosoles de estos contaminantes. A diferencia de las enfermedades mediadas por mecanismos inmunitarios (por ejemplo, neumonitis por hipersensibilidad, asma relacionada con los edificios), las fiebres por inhalación no requieren un período de sensibilización. El trastorno puede ocurrir después de la exposición inicial. En general, los episodios agudos no necesitan tratamiento aparte de los antipiréticos y el retiro del paciente del ambiente contaminado. Las fiebres por inhalación de cualquier tipo suelen prevenirse mediante el mantenimiento correcto de los sistemas de ventilación.
- La *Legionella pneumophila* se registró por primera vez en 1976 después de una crisis en una convención de la Legión Estadounidense en Filadelfia, Pennsylvania, de allí el nombre de enfermedad de los legionarios o **legionelosis**. Este cuadro es la forma neumónica de la infección generalmente causada por el serogrupo 1 de *Legionella pneumophila*. La infección no neumónica se llama fiebre de Pontiac, que se manifiesta como una enfermedad febril, de tipo viral.
- **El asma ocupacional** es la obstrucción reversible de las vías aéreas que aparece después de meses o años de sensibilización a un alérgeno que se encuentra en el lugar de trabajo. Los síntomas consisten en disnea, sibilancias, tos y, en ocasiones, síntomas de alergia en las vías respiratorias superiores. El diagnóstico se basa en los antecedentes ocupacionales, que

incluyen la evaluación de las actividades laborales, los alérgenos en el ambiente de trabajo y una asociación temporal entre el trabajo y los síntomas. El tratamiento consiste en retirar a la persona del entorno de trabajo y el uso de fármacos contra el asma según sea necesario.

– **La neumonitis por hipersensibilidad** es un síndrome con tos, disnea y astenia causada por la sensibilización y la subsiguiente hipersensibilidad contra antígenos medioambientales (con frecuencia, ocupacionales). Existen formas agudas, subagudas y crónicas; todas se caracterizan por inflamación intersticial aguda y desarrollo de granulomas y fibrosis con la exposición prolongada. Para más detalle, (NTP 802: Agentes biológicos no infecciosos: enfermedades respiratorias).

4.3 Lipoatrofia Semicircular

La lipoatrofia semicircular es una lesión, atribuible a las condiciones de trabajo, que consiste en una atrofia localizada en el tejido adiposo subcutáneo que se caracteriza por la aparición de depresiones en forma semicircular en la superficie de la piel y que puede darse en diferentes zonas del cuerpo (muslos, antebrazos, abdomen…). Es visible y palpable, presenta lesiones que son visibles a simple vista: espesor de entre 1-4 cm, profundidad de 1-10 mm y longitud que va desde los 5 hasta los 20 cm. Lo más habitual es que se produzcan a una altura de entre 71-72 cm del suelo.

- Su aparición tiene un periodo de latencia de 3-4 meses.
- Se trata de una lesión asintomática que no afecta ni a la musculatura ni a la dermis ni la epidermis.
- Es una lesión reversible, a los 6-12 meses, siempre que se hayan adoptado las medidas preventivas adecuadas.
- Afecta en mayor medida a mujeres que a hombres.
- Se trata de una lesión por sensibilización, por tanto, trabajadores/as expuestos/as a las mismas condiciones no tienen por qué desarrollar la lesión.

La lipoatrofia semicircular se debe a una combinación entre factores personales y algunos ambientales:

Factores personales: un factor de riesgo es ser mujer, con una edad comprendida entre los 30-40 años, trabajando en una oficina con alta carga electromagnética; también puede influir el uso de ropa ajustada o de poca calidad, malos hábitos como ir arrastrando los pies, utilizar zapatos con suela de goma, no sentarse adecuadamente en la silla o no tener una que se adapte a sus necesidades y una incorrecta hidratación.

Factores relacionados con el puesto de trabajo:

- Microtraumatismos continuados en la zona de la lesión, por ejemplo, al apoyar durante la jornada laboral los muslos en la parte superior de la mesa de trabajo.
- Niveles de humedad relativa ambiental inferiores al 50%.
- Superficies de trabajo con estructuras metálicas.
- Elevados niveles de electricidad estática.
- Elevados niveles de campos electromagnéticos.

Las medidas preventivas que se deben adoptar para evitar la aparición de la lipoatrofia serían:

– mantener valores de humedad relativa por encima del 50%,

– evitar el cableado sin protección adicional cerca de las patas de las mesas de oficina,

– eliminar las cajoneras totalmente metálicas,

– usar materiales para los muebles de oficina que no se carguen de electricidad estática, utilizar tableros sintéticos en mesas de trabajo para reducir la conductividad y la acumulación de cargas en las mismas,

– utilizar calzado de cuero y evitar el de goma,

– instalar tomas a tierra de las partes metálicas de las mesas,

– el suelo se puede revestir con pavimentos conductivos o disipativos de resistencia eléctrica, dejando a un lado los suelos sintéticos o vinílicos,

– garantizar una buena hidratación personal,

– cambiar de postura para mejorar el riego sanguíneo,

– prescindir de ropa muy ajustada,

– no apoyar los muslos en el borde de la mesa,

– disponer suficiente espacio entre la mesa y las piernas,

– evitar golpes con los cantos de las mesas por lo que deberán ser anchos y redondeados.

No existe un tratamiento para la Lipoatrofia, no se puede regenerar el tejido adiposo, los síntomas se irán reduciendo en el momento en el que se eliminen los factores de riesgo; sin embargo, puede llegar a pasar bastante tiempo hasta que desaparezcan por completo.

4.4 Síndrome de Sensibilidad Química Múltiple

La Sensibilidad Química Múltiple (SQM), también conocida como Intolerancia ambiental idiopática, es una enfermedad adquirida, crónica y no psicológica, que manifiesta síntomas en múltiples sistemas orgánicos como respuesta a una mínima exposición a múltiples compuestos químicamente (tolerados por la mayoría de las personas/trabajadores) no relacionados. Las reacciones producidas dependen de los órganos afectados, la duración y concentración de la exposición, la susceptibilidad de la persona y las sinergias que se puedan producir en el momento de la exposición.

La SQM es un síndrome con 4 grados de severidad, que marcan diferentes niveles de incapacitación y aislamiento. No existe una prueba diagnóstica específica, por lo que el diagnóstico es clínico y se basa en los síntomas referidos por el paciente y en su historia de exposición a agentes químicos. Consultar (El Documento de Consenso Sensibilidad Química Múltiple 2011). El diagnóstico se basa en una serie de síntomas que presentan los afectados; no existe ninguna prueba analítica ni ninguna exploración específica que permita confirmar el diagnóstico y se deben realizar exploraciones para descartar otras enfermedades.

Hay 6 criterios diagnósticos aceptados por la mayoría de los investigadores:

- la enfermedad es crónica,
- los síntomas se reproducen al repetir la exposición al agente,
- los síntomas se presentan ante exposiciones a muy baja concentración,
- los síntomas mejoran o desaparecen cuando se eliminan las sustancias químicas desencadenantes,
- los síntomas aparecen frente a múltiples agentes químicos, sin relación entre ellos,
- pueden estar afectados múltiples órganos del cuerpo.

Los agentes causantes son de lo más variado; van desde agentes ambientales, como las pinturas y el humo, pasando por plaguicidas y disolventes hasta el calor o el herpes zoster, incluidos alimentos, aditivos alimentarios, y medicamentos, como puede verse en la NTP 557: Intolerancia ambien-

tal idiopática (IAI): sensibilidad química múltiple (SQM) y fenómenos asociados.

Los síntomas cuando se está expuesto a agentes químicos (ambientadores, limpiadores del hogar, humo, insecticidas, pegamento, asfalto, tinta, medicamentos, cosméticos, pintura, etc.) o ambientales (exposición solar, ondas eléctricas o magnéticas, sonoras, etc.) pueden ser: ahogo, irritación de las mucosas y de las vías respiratorias, taquicardias, dolor de cabeza, confusión mental, mareos, náuseas, diarrea, fatiga extrema y/o dolor, que no mejoran hasta dejar de estar en contacto con el desencadenante. Una vez evitado el desencadenante, los síntomas pueden durar días o incluso semanas (ver la tabla de sistemas/órganos implicados y principales síntomas referidos por las personas afectadas en la NTP 557: Intolerancia ambiental idiopática (IAI): sensibilidad química múltiple (SQM) y fenómenos asociados.

4.5 Enfermedad Psicogénica de Masas

Son trastornos que dan lugar a quejas numerosas de los trabajadores/as sobre las condiciones ambientales del edificio, cuyo origen es psicosocial en lugar de toxicológico.

Las causas son: estrés, elevada carga física y mental, situaciones negativas o conflictivas en la organización, mal clima de trabajo, etc.

Muchos brotes comienzan con un «desencadenante» ambiental, un mal olor o una sustancia de aspecto sospechoso. Cuando esto sucede, los trabajadores/as pueden comenzar a experimentar síntomas de enfermedad al mismo tiempo; en algunos casos, una persona se enferma y otras personas en el grupo también comienzan a sentirse enfermas. Se extiende como una epidemia y puede producir: nauseas, falta de aire, dolor de cabeza, mareos, aumento de la frecuencia cardiaca, dolor de estómago o diarrea, todos ellos producidos por el estrés y la ansiedad .

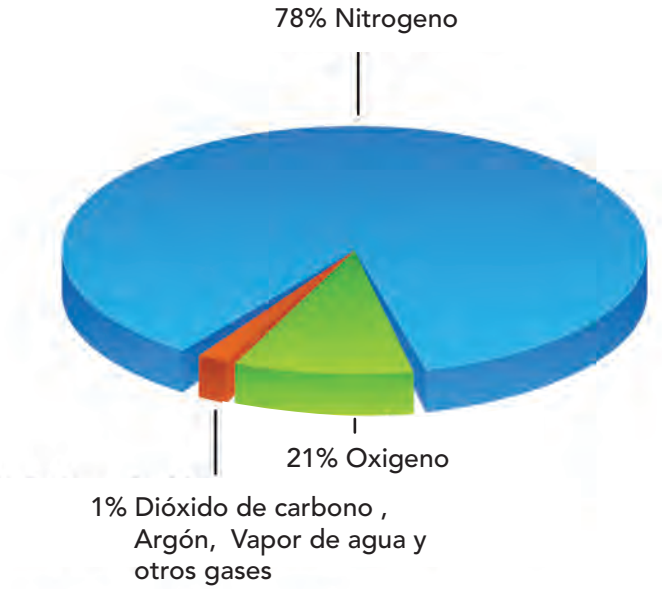
VENTILACIÓN EN EDIFICIOS NO INDUSTRIALES

Calidad del Ambiente Interior en el trabajo

Como se ha visto, la presencia de contaminantes químicos y biológicos en el ambiente laboral va a influir en la salud y productividad. El sistema más empleado para evitar estos problemas de contaminación es una correcta renovación del aire para impedir que se distribuya por todo el edificio y diluirla para su eliminación mediante el uso de los sistemas de ventilación.

El aire que respiramos es una mezcla de gases en proporciones ligeramente variables, compuesto por un 78% de nitrógeno, un 21% de oxígeno, un 0,93% de argón, un 0,04% de dióxido de carbono y pequeñas cantidades de otros gases. También contiene una cantidad variable de vapor de agua. Para aliviar la problemática sobre la calidad del aire interior en un edificio deberemos tener en cuenta una serie de variables, como la calidad del aire del exterior y el diseño del sistema de ventilación y acondicionamiento del aire, sobre todo hoy en día en que los edificios son cada vez más herméticos. El aire dentro de un edificio se puede deteriorar por:

- Emisiones de los ocupantes, según sus actividades: calor, CO_2, vapor de agua, aldehídos, alcoholes, humo de tabaco, microorganismos…
- Emisiones de los materiales de construcción y decoración y del mobiliario, entre otros: formaldehido, compuestos orgánicos volátiles, etcétera.
- Causas debidas a las instalaciones de ventilación-climatización. Emisiones de los componentes: partículas sólidas en suspensión, aerosoles, microorganismos (bacterias, hongos), etc.
- Calentamiento o enfriamiento excesivos.
- Sequedad o humedad excesivas del aire.



Se entiende por "ventilación" el proceso de suministrar aire limpio y eliminar aire contaminado o viciado por medios naturales o mecánicos, con el fin de proporcionar el oxígeno necesario para la

respiración, diluir los contaminantes, evitar la dispersión de contaminantes hacia zonas no deseadas y, cuando es posible, controlar la temperatura y la humedad en el interior de un recinto.

Normalmente se distinguen dos tipos:

- Ventilación general por dilución: consiste en la mezcla de aire contaminado con aire exterior con el fin de reducir los niveles de contaminación hasta valores aceptables (véase NTP 741: Ventilación general por dilución).

- Ventilación por extracción localizada: consiste en la captación del contaminante en el mismo foco de generación, evitando que se difunda al ambiente de trabajo. Es un sistema indicado cuando existe un foco emisor de algún tipo de contaminante químico en una actividad laboral. Este equipamiento consta de cuatro elementos básicos:

  a. **Campana:** es la parte del sistema a través de la cual son captados los contaminantes.

  b. **Conducto:** lugar por el que el aire extraído cargado de contaminante circula hasta al ventilador.

  c. **Depurador:** sistema de tratamiento/purificación del aire del que, cuando la concentración, peligrosidad u otras características del contaminante lo aconsejen y de cara a la protección del medio ambiente atmosférico, dispone la instalación de extracción localizada.

  d. **Ventilador:** mecanismo que proporciona la energía necesaria para que el aire circule a través de la campana, el conducto y el depurador a un caudal establecido y venciendo la pérdida de carga del sistema para más detalle se puede consultar la (NTP 672: Extracción localizada en el laboratorio).

En el caso de la ventilación general, se distinguen dos tipos de ventilación:

– Natural, si el movimiento se debe a causas naturales.

– Forzada, cuando el movimiento es producido por medios mecánicos (ventiladores).

Dentro de la ventilación forzada se puede distinguir:

– Ventilación por extracción. Actúa gracias a la depresión provocada en el local por el funcionamiento de un extractor mecánico. Es adecuado cuando interese conseguir que los locales (cocinas, aseos, laboratorios, etc.) queden en depresión respecto a los locales vecinos, cuando existan focos contaminantes en una posición fija permanentemente, cuando no se prevean equipos que consuman aire durante su funcionamiento. Es el sistema que

se emplea normalmente en garajes, donde se produce CO (muy venenoso), que debe eliminarse inmediatamente.

– Ventilación por impulsión. La entrada del aire se efectúa por medios mecánicos (ventilador de impulsión) produciéndose una sobrepresión, el aire fluye hacia el exterior por las aberturas dispuestas para ello, a su paso barre los contaminantes interiores y deja el local lleno del aire puro exterior. Es adecuado cuando el aire atmosférico esté sensiblemente contaminado (se pueden añadir filtros en la admisión).

– Ventilación por impulsión-extracción. Tanto la entrada como la salida del aire se efectúan por medios mecánicos. Es el sistema más completo y se empleará cuando en los locales sea necesario un barrido perfecto o la instalación sirva a un conjunto de locales que, según su uso, unos deban estar en sobrepresión u otros en depresión.

En los sistemas de ventilación/climatización, se produce la entrada de aire exterior, que se mezcla con aire reciclado y pasa a través de las unidades de limpieza dotadas de pre-filtros y filtros, donde se produce retención de partículas. Posteriormente, en las unidades de climatización, el aire se enfría o se calienta, según las necesidades climáticas. Algunos sistemas de refrigeración disponen de torres de refrigeración, donde el agua que se encuentra en ellas absorbe calor de los refrigerantes, disipándolo a la atmósfera, y siendo recogida en un depósito, desde donde es enviada de nuevo a las unidades de refrigeración. Para controlar los niveles de humedad del aire, se emplean sistemas de humidificación, que añaden al aire vapor de agua mediante el rociado de agua en la corriente de aire, la evaporación del agua desde los depósitos donde está contenida o por inyección directa de vapor de agua en el flujo de aire.

Junto con la humedad, el factor que más influye en el deterioro de la calidad del aire interior es el estado y mantenimiento del sistema HVAC [H (*heating,* calefacción), V (*Ventilating,* ventilación), AC (*air conditioned*, aire acondicionado)]. Los principales problemas pueden estar causados por:

– Ubicación inadecuada de las tomas de aire exterior: no deben estar próximas a focos de contaminación (a nivel de calle con tráfico rodado, próximas a la expulsión del sistema o a otras extracciones como lavabos o torres de refrigeración).

– Existencia de aberturas no controladas: el aire exterior no tratado se infiltra en el edificio por grietas y resquicios.

– Limpieza del aire insuficiente (filtros inadecuados o mal instalados): la entrada de contaminación se puede producir porque los

elementos de limpieza instalados no son los adecuados para retener y eliminar del aire los diferentes contaminantes, o están mal instalados.

– Suministro insuficiente de aire exterior.

– Presiones inadecuadas entre los locales: si el local donde se genera el contaminante se encuentra a presión positiva con respecto a los locales adyacentes, se creará un flujo de aire desde el local contaminado hasta los que se encuentren en las inmediaciones.

– Mala distribución del aire: en ocasiones, las ventanas o difusores de aire no están distribuidos de manera uniforme o adecuada en relación con la distribución de los trabajadores/as.

– Mantenimiento y limpieza deficientes de los sistemas de ventilación y climatización: puede dar lugar a polvo, suciedad o crecimientos microbiológicos en los conductos y otros lugares de los circuitos, originando partículas, bacterias, por ejemplo (*Legionella pneumophila*), etc.

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 establece que la renovación mínima del aire en los locales de trabajo será de 30 metros cúbicos 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 metros cúbicos por hora y trabajador en los demás casos a fin de evitar el aire viciado y los olores desagradables (Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo del INSST).

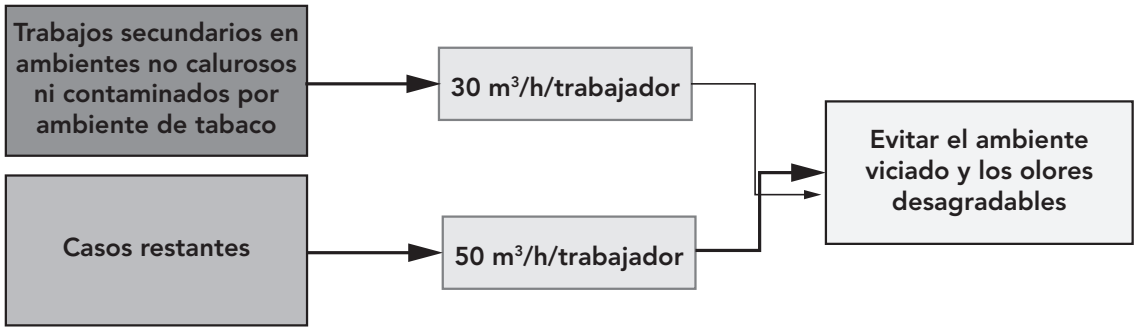


Figura 8. Requisitos mínimos de ventilación general.

Por otra parte, el uso del edificio determina qué normativa regula las exigencias de la ventilación interior:

- Para los edificios de viviendas (y sus locales auxiliares) es de aplicación el Documento Básico HS3 (exigencias básicas de salubridad) del Código Técnico de la Edificación (CTE), que establece inequívocamente unos caudales de ventilación mínimos para cada local.
- Para el resto de edificios, es de aplicación el RITE en su apartado sobre calidad del aire interior-IT1.1.4.2-y, que se refiere a la norma UNE-EN 13779 (DB HE2) anulada por UNE-EN 16798-3:2018(Ventilación de los edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos).

El RITE considera como instalaciones térmicas las instalaciones fijas de climatización (como son calefacción, refrigeración y ventilación) y de producción de agua caliente sanitaria, destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene de las personas. El ámbito de aplicación será para todos los edificios de nueva construcción y para las instalaciones térmicas en los edificios construidos cuando se realicen reformas (todo cambio que suponga una modificación del proyecto o memoria técnica con el que fue ejecutada y registrada una instalación térmica) y operaciones de mantenimiento.

En el RITE se disponen unas exigencias técnicas a cumplir (o Instrucciones Técnicas, IT). Una de ellas marca las exigencias mínimas de bienestar e higiene (IT 1.1), en las que se exige, entre otras, mantener una calidad térmica del ambiente, una calidad del aire interior adecuada a cada actividad y asegurar una calidad del ambiente acústico, limitando el nivel de ruido y vibraciones en las instalaciones térmicas. Especifica que se deberá disponer de un sistema de ventilación para el aporte de aire 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. El reglamento establece que las instalaciones térmicas deben contribuir a que el aire interior de los recintos ocupados sea saludable, eliminando el aire contaminado producido como consecuencia de su uso habitual. Para ello, se requiere el aporte de un caudal de ventilación mínimo de aire exterior capaz de renovar el aire interior extrayendo el aire viciado.

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

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

IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias, museos, aulas, bibliotecas;

IDA 3 (aire de calidad media): edificios comerciales, salones de actos, cafeterías, gimnasios;

IDA 4 (aire de calidad baja).

Teniendo en cuenta la clasificación del aire interior, el RITE especifica en su Instrucción Técnica 1.1.4.2.3 el caudal mínimo del aire exterior de ventilación. Este se debe calcular de acuerdo con alguno de los métodos indicados a continuación:

– **Método indirecto de caudal de aire exterior por persona** (tabla 9). Válido sólo para locales con ocupantes con actividad ligera (1,2 met), no fumadores y donde la fuente principal de contaminación es la humana. No tiene en cuenta la calidad del aire exterior.

Tabla 9. Caudales de aire exterior en litros/segundo por persona.

CATEGORÍA	DM³/s POR PERSONA
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

– **Método directo por calidad del aire percibido**. Los valores son los de la tabla 10. Establece la máxima contaminación admisible en el ambiente interior, en decipol (la contaminación producida por una persona estándar con actividad sedentaria es de 1 olf siendo un decipol (dp) la contaminación asociada a la presencia de una persona estándar si se ventila el local con 10 l/s de aire no contaminado). El método no tiene en cuenta otros contaminantes distintos a los percibidos por el olfato.

Tabla 10. Valores de aire percibido en decipol.

CATEGORÍA	DP
IDA 1	0,8
IDA 2	1,2
IDA 3	2,0
IDA 4	3,0

– **Método directo por concentración de CO_2** (en ppm). Adecuado para locales con elevada actividad metabólica.

Tabla 11. Concentración de CO_2 (en partes por millón en volumen) por encima de la concentración en el aire exterior.

CATEGORÍA	PPM
IDA 1	350
IDA 2	500
IDA 3	800
IDA 4	1.200

- **Método indirecto de caudal de aire por unidad de superficie** (tabla 12). Válido para locales sin ocupación permanente, no tiene en cuenta la calidad del aire exterior.

Tabla 12. Caudal de aire exterior por unidad de superficie en locales no dedicados a ocupación humana permanente.

CATEGORÍA	$DM^3/(s*m^2)$
IDA 1	no aplicable
IDA 2	0,83
IDA 3	0,55
IDA 4	10,28

- **Método de la dilución de los contaminantes en el aire**. Sólo en ambientes donde se conocen las tasas de emisión de los contaminantes (industrias).

Normalmente se recomienda el uso del método indirecto de caudal de aire exterior por persona (tabla 9); debido a una mayor facilidad en el cálculo del caudal de ventilación, no es necesario tomar mediciones (como podría ser conocer la concentración de CO_2 en el tercer método). Esto no implica que este método sea el más efectivo o el de mayor eficiencia energética, puesto que esto dependerá de cada aplicación.

Respecto a la calidad del aire exterior, el RITE lo clasifica de acuerdo con los siguientes niveles:

- **ODA 1:** Aire puro que se ensucia sólo temporalmente (por ejemplo, polen).
- **ODA 2:** Aire con concentraciones altas de partículas y/o de gases contaminantes.
- **ODA 3:** Aire con concentraciones muy altas de gases contaminantes (ODA 3G) y/o de partículas (ODA 3P).

En función de la categoría del aire exterior (ODA) y del aire interior requerida (IDA), se establecen los tipos de filtración mínimos para garantizar la calidad del aire. Mediante la instalación de estos filtros, se pueden reducir los niveles de partículas contaminantes y mejorar la calidad del aire que respiran las personas. También se recomienda emplear pre-filtros para mantener limpios los componentes de los sistemas de ventilación.

Tabla 13. Tipos de filtración mínimos para garantizar la calidad del aire.

	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F5
ODA 2	F7+F9	F6+F8	F5+F7	F5+F6
ODA 3	F7+ GF(*)+F9	F7+GF+F9	F5+F7	F5+F6

Los filtros se clasifican, según la norma UNE-EN ISO 16890 (ver apartado 7), en:

- Clase G (G3, G4): Filtros gruesos; son prefiltros que se utilizan antes de otro tipo de filtros (por ejemplo F) para alargar su vida útil.
- Clase M (M5, M6 o a veces F5, F6): Filtros medios.
- Clase F (F7 a F9): Filtros finos.

En aquellos casos en los que el aire está más contaminado (como, por ejemplo, el ODA 3/IDA 1 y 2) se deberán instalar un filtro de gas (GF) y/o un filtro químico o físico-químico entre las dos etapas de filtración. También se recomienda emplear prefiltros para mantener limpios los componentes de los sistemas de ventilación.

En la actual pandemia provocada por el coronavirus SARS-CoV-2 y considerando la vía de transmisión por aerosoles, la ventilación juega un papel clave como medida preventiva frente a la propagación del virus en ambientes interiores, contribuyendo a la reducción de los contagios (para más información puede consultar la publicación del INSST: La ventilación como medida preventiva frente al coronavirus SARS-CoV-2).

RITE Y NORMAS TÉCNICAS

Calidad del Ambiente Interior en el trabajo

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), aprobado por el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, establece las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios, con el objetivo de que los inmuebles sean más sanos para las personas y eficientes energéticamente. El 5 de abril de 2013 se aprobó el Real Decreto 238/2013, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del RITE, incorporando a las operaciones de mantenimiento preventivo que han de llevarse a cabo en las instalaciones de potencial útil superior a 70 kW las siguientes actuaciones con carácter anual:

- Revisión de la red de conductos según criterio de la norma UNE 100012. "Higienización de sistemas de climatización".

- Revisión de la calidad ambiental según criterios de la norma UNE 171330. "Calidad Ambiental en Interiores".

Estas revisiones, que deberán justificarse por el titular/ empresa de mantenimiento del edificio para la emisión del "Certificado de Mantenimiento" anual que establece el RITE, implican, entre otros aspectos, la realización de un diagnóstico de la calidad ambiental interior, la inspección higiénico-sanitaria de las instalaciones de ventilación/ climatización y la ejecución de una serie de muestreos higiénicos ambientales de los parámetros relevantes en la calidad del aire.

La calidad del aire interior de un gran edificio depende en parte del estado de higienización y de conservación de su sistema de ventilación. La higienización tiene el objetivo de eliminar los contaminantes y los depósitos de suciedad que se encuentran presentes, de forma visible o no, en el sistema. Consiste en la realización de un proceso de limpieza pudiendo, sólo en los casos en que se prescriba, ir acompañado de un proceso de desinfección.

Como dice la norma UNE 100012 "Higienización de sistemas de climatización"en el apartado de generalidades:

"*Como calidad aceptable del aire se define el aire que no contiene sustancias contaminantes en cantidades tales que resulten nocivas para la salud y cuya calidad sea satisfactoria para el 80% de las personas expuestas. Además, el aire debe estar libre de aditivos y sustancias perjudiciales para la salud procedentes de las operaciones de higienización". "El sistema de ventilación no debe contribuir a la producción, amplificación y/o distribución de contaminantes, por lo cual es de gran importancia contar con un servicio regular de mantenimiento y un control del funcionamiento del SVAA, así como un seguimiento de sus condiciones higiénicas*".

El fin de esta norma es valorar la higiene de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de aire (SVAA). Para ello se desarrollan criterios de

valoración, criterios de descontaminación (higienización) y criterios de validación (eficacia) de la calidad higiénica del SVAA.

Por otra parte, el objeto de la norma UNE 171330 es describir una metodología para la realización de una inspección de calidad ambiental en interiores.

La norma UNE-171330 consta de tres partes:

Parte 1- Diagnóstico inicial de la calidad y salud ambiental en interiores

Objeto: Describir una metodología para la elaboración de un diagnóstico inicial de la calidad y salud ambiental en interiores.

Las diversas fases del proceso de diagnóstico se representan en esta norma mediante un diagrama de flujo que permite hacerse una idea muy clara de todas sus implicaciones. Cada una de estas fases se encuentra posteriormente desarrollada en el texto, lo cual incluye todos los subprocesos así como la mayor parte de las instalaciones que se pueden encontrar.

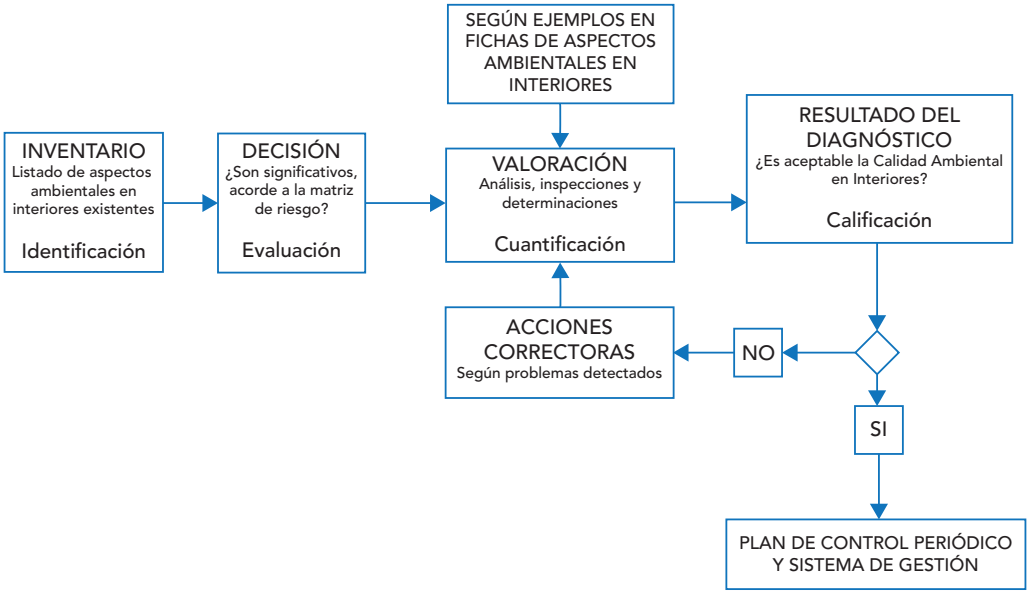


Figura 3. Fases del diagnóstico inicial de la calidad y salud ambiental en interiores Norma UNE-171330-1.

La identificación inicial tiene que contener información referente a:

- Ubicación del edificio.
- Usos, actividades y distribución del edificio.
- Materiales de construcción.
- Instalaciones (aire acondicionado, agua, combustibles, electricidad, aparcamientos, almacenes).
- Mantenimiento del edificio.
- Remodelación del edificio.

Estos aspectos se tienen que complementar con datos de quejas por parte de los ocupantes, evidencias médicas o informes previos sobre la calidad o salud ambiental en espacios interiores.

La norma tiene una matriz desarrollada para ayudar en la evaluación de riesgos potenciales asociados a los aspectos ambientales en interiores. Esta matriz confronta la probabilidad de que se produzca un problema ambiental (en cuatro niveles de baja a muy alta) con sus posibles efectos (ligeros, considerables o graves).

	Probabilidad			
Efectos	**Baja**	**Media**	**Alta**	**Muy alta**
Ligeros	No significativo	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar
Considerables	Re-evaluar periódicamente	Re-evaluar periódicamente	Valorar	Valorar
Graves	Valorar	Valorar	Valorar	Valorar

La probabilidad se basa en datos históricos, datos de las instalaciones, datos ambientales previos, etc. y, por supuesto, en la experiencia del equipo que está realizando la inspección. Los efectos pueden ser:

- **Ligero:** no supondría daños graves pero sí acciones correctoras a medio/largo plazo.
- **Considerable:** afectaría al confort de los usuarios y supondría acciones correctoras a corto plazo.
- **Grave:** alteración de la salud de los usuarios y supondría acciones correctoras inmediatas.

Cuando la matriz nos indica que un aspecto ambiental es significativo, se pasa a la valoración

(cuantificación del riesgo real). En esta etapa se pueden realizar desde simples inspecciones hasta muestreos y análisis de laboratorio.

Al finalizar esta fase de diagnóstico se marca una calificación junto a un informe y el posible establecimiento de medidas correctoras, asimismo se prevé un sistema de evaluación continua y un sistema de gestión del proceso.

Parte 2- Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior

Tiene por objeto la verificación de las inspecciones de calidad de ambientes interiores así como la verificación de los resultados obtenidos tras estas como continuación al proceso de diagnóstico descrito en la primera parte. Aporta la metodología a aplicar en la valoración de los aspectos ambientales mediante la inspección y toma de muestras de contaminantes del ambiente interior. La norma fija la descripción del proceso de inspección y especifica:

- Número de puntos del muestreo.
- Control de calidad.
- Criterios de conformidad.
- Los métodos a seguir en cuanto al análisis y criterios de valoración de cada parámetro obtenido.
- Parámetros mínimos que hay que medir en la inspección de calidad ambiental interior:
  - Temperatura y humedad relativa y/o valoración del confort térmico.
  - Dióxido de carbono.
  - Monóxido de carbono.
  - Partículas en suspensión (PM 2,5).
  - Bacterias y hongos en suspensión.

La norma establece una serie de parámetros complementarios cuya determinación no es obligatoria, pero en cualquier caso se debe justificar la necesidad o no de medir dichos parámetros en base a las características del edificio a inspeccionar. Dentro de estos parámetros complementarios se encuentran, entre otros: iluminación ambiental, ruido, campos electromagnéticos, campos eléctricos, electricidad estática, formaldehido, ozono, compuestos orgánicos volátiles, análisis de confort térmico según la norma UNE-EN ISO 7730, fibras en suspensión, olores, óxido de nitrógeno, dióxido de azufre y gas radón.

Para la valoración de los parámetros analizados se definen con claridad dos tipos de criterios:

- **Criterio de confort:** su objetivo es garantizar que el ambiente interior no resultará molesto para la mayoría de los ocupantes.

– **Criterio Valor Límite:** su objetivo se vincula a la protección de la salud de los ocupantes del edificio. Son concentraciones o valores que nunca deben rebasarse y que, en el caso de superarse para cualquier parámetro, supondrá una NO CONFORMIDAD TOTAL del edificio inspeccionado.

Se considera conforme un edificio cuando cumple todos y cada uno de los siguientes requisitos:

- Al menos el 75% de los puntos analizados se encuentra por debajo del valor límite.
- Se conoce la causa del incumplimiento del 25% y se proponen medidas correctoras.
- Las lecturas no sobrepasan en ningún punto los valores límites máximos.
- Se encuentran bajo control otros aspectos ambientales de especial riesgo (Legionella pneumophila, lipoatrofia semicircular, etc.).

Parte 3- Sistema de gestión de los ambientes interiores

Tiene por objeto establecer la política, las responsabilidades de la Dirección, los recursos y las pautas de implementación, operación, medición, análisis y mejora que incluyen los requisitos que debe cumplir un sistema de gestión de calidad de ambiente interior, de forma similar a otras modalidades de gestión en las organizaciones, de cara a las auditorías y a la certificación de una calidad ambiental del edificio adecuada.

La norma UNE 171330-3 establece requisitos para un sistema de gestión de la Calidad de los Ambientes Interiores y es de aplicación para cualquier organización que desee:

a) establecer un sistema de gestión de la Calidad de los Ambientes Interiores;

b) implementar, mantener y mejorar de manera continua un sistema de gestión de la Calidad de los Ambientes Interiores;

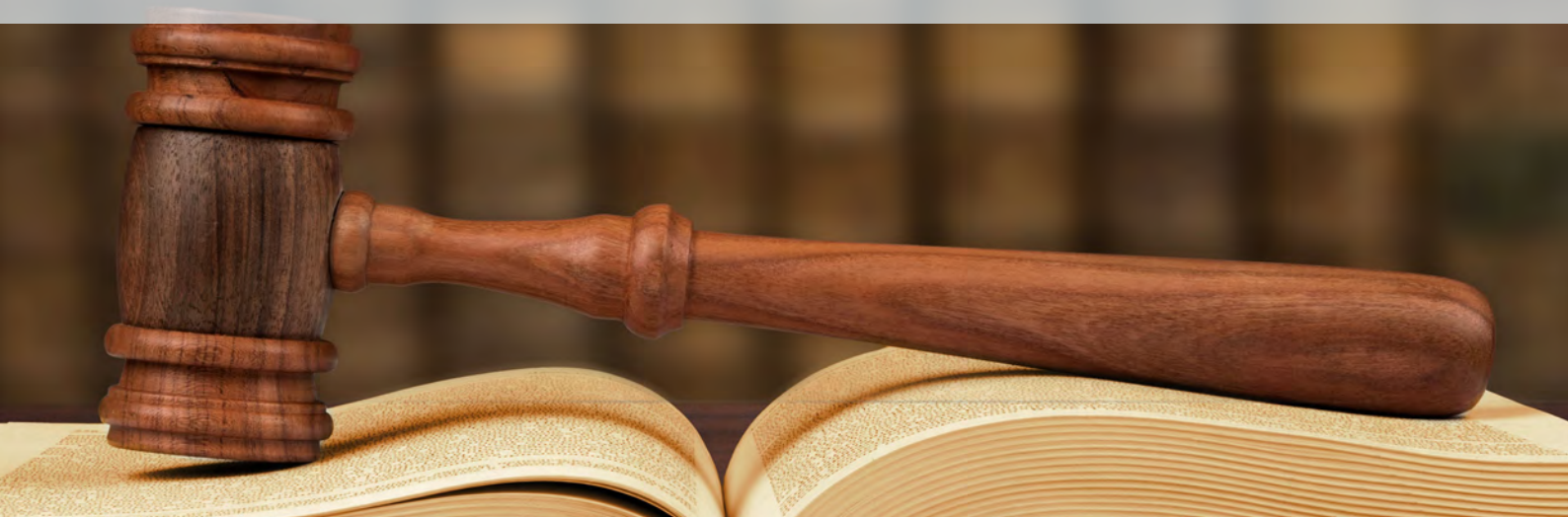
c) asegurarse de su conformidad con la política de Calidad de los Ambientes Interiores establecida;

d) demostrar la conformidad con esta norma.

El campo de aplicación de esta norma son los ambientes interiores de todo tipo de recintos, instalaciones y edificaciones, exceptuando aquellas que se destinan exclusivamente a la actividad desarrollada en procesos industriales y/o agrícolas.

El 24 de marzo de 2021 se publicó en el BOE el RD 178/2021, que modifica el RITE; con estas modificaciones se pretende alcanzar los objetivos de eficiencia energética establecidos en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030 (PNIEC).

LEGISLACIÓN



La legislación referida a lo largo de este documento puede consultarse a través de internet en el sitio web del INSST – http://www.insst.es – donde, además, se puede acceder a diversa documentación elaborada por el propio Instituto así como a enlaces de instituciones y organismos europeos e internacionales.

La normativa citada en este documento es la existente en el momento de su finalización.

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

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.

Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.

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.

Real Decreto 117/2003, de 31 de enero, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes en determinadas actividades.

Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.

Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.

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.

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los tra-

bajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.

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.

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

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.

Instrucción IS-33, de 21 de diciembre de 2011, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural.

UNE 171330: "Calidad ambiental en interiores":

- Parte 1 (2008): Diagnóstico de calidad ambiental interior.
- Parte 2 (2014): Procedimientos de inspección de calidad ambiental interior.
- Parte 3 (2010): Sistema de gestión de los ambientes interiores.

UNE 100012:2005 "Higienización de sistemas de climatización".

UNE 171212:2008 "Calidad de aire en interior. Buenas prácticas en operaciones de limpieza".

UNE-EN 13779:2005 "Ventilación de edificios no residenciales. Requisitos de prestaciones de los sistemas de ventilación y acondicionamiento de recintos".

UNE-EN 12792:2004 "Ventilación de edificios. Símbolos, terminología y símbolos gráficos".

UNE-EN 16636:2015 "Servicios de gestión de plagas. Requisitos y competencias".

UNE-EN 481:1995 "Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles".

UNE-EN 12464-1: 2012 Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores".

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.

UNE-EN ISO 16890 Filtros de aire utilizados en ventilación general:

- Parte 1: Especificaciones técnicas, requisitos y clasificación según eficiencia basado en la materia particulada.
- Parte 2: Medición de la eficiencia fraccional y de la resistencia al flujo de aire.
- Parte 3: Determinación del rendimiento gravimétrico y la resistencia al flujo de aire en relación con la masa del polvo de ensayo capturada.
- Parte 4: Método de acondicionamiento para determinar la eficiencia fraccional mínima de ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto - Año 2008. https://www.insst.es/documents/94886/203536/Guía+técnica+para+la+evaluación+y+prevención+de+los+riesgos+relacionados+con+la+exposición+al+amianto/0aecc8f0-d55c-4eee-becb-17db44e5768c.

- Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al ruido - Año 2009. https://www.insst.es/documents/94886/789467/Guía+Técnica+para+la+evalua-ción+y+prevención+de+los+riesgos+rela-cionados+con+la+exposición+al+ruido.pdf/85821846-2195-4359-94eb-08fdc6457dce?t=1605800480683.

- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo - Año 2009. https://www.insst.es/documents/94886/789467/ATMÓSFERAS+EXPLOSIVAS.pdf/68908603-7c12-4c78-b792-9d16f463f0a0?t=1605800557437.

- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas - Año 2009. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas - Año 2009.

- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con agentes químicos - Año 2013. https://www.insst.es/documents/94886/789467/Guía+técnica+para+la+evaluación+y+prevención+de+los+riesgos+relacionados+con+agentes+químicos.pdf/423a7e16-6bcc-4b10-a59e-7d9d40f99fed?t=1605800484784.

- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos - Año 2014. https://www.insst.es/documents/94886/789467/Guía+técnica+para+la+evaluación+y+prevención+de+los+riesgos+relacionados+-con+la+exposición+a+agentes+biológicos.pdf/f2f4067d-d489-4186-b5cd-994abd-1505d9?t=1605800483796.

- Guía técnica para la evaluación y la prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo - Año 2015. https://www.insst.es/documents/94886/789467/Guía+técnica+para+la+evaluación+y+la+prevención+de+los+riesgos+relativos+a+la+utilización+de+los+lugares+de+trabajo.pd-f/7bd724be-cf42-42aa-a12e-30aee39c6884?t=1605800486185.

- Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo - Año 2017. https://www.insst.es/documents/94886/789467/Agentes_can-

cerigenos.pdf/41dc7243-eba7-4ddf-a6a1-31694843a7a1?t=1605800483094.

- Iluminación en el puesto de trabajo, Documento divulgativo. INSST 2015. https://www.insst.es/documents/94886/96076/Iluminacion+en+el+puesto+de+trabajo/9f9299b8-ec3c-449e-81af-2f178848fd0a.

- Jean-Jacques Vogt. Enciclopedia de la OIT: Capítulo 42. Calor y frio. Capítulo 42.

- Xavier Guardino Solá. Enciclopedia de la OIT: Capítulo 44. Calidad del aire interior. Riesgos generales. Capítulo 44.

- Juan Guasch Farrás. Enciclopedia de la OIT: Capítulo 45. Control ambiental en interiores. Capítulo 45.

- Berenguer. M.J. y col "El síndrome del edificio enfermo. Metodología de evaluación". INSHT. Madrid, 2004. https://www.insst.es/documents/94886/96076/el+sindrome+del+edificio+enfermo.pdf/bc268bbc-7dd5-4036-83ed-762a1c9e7ea6?t=1526635764956.

- Álvarez Bayona Teresa. Centro Nacional de Nuevas Tecnologías Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo "Aspectos ergonómicos de las vibraciones". Noviembre 2014. https://www.insst.es/documents/94886/96076/Aspectos+ergonomicos+de+las+vibraciones.pdf/97befb6a-7ca4-4fee-bf01-58104c1aed1b.

- Álvarez T, García. M.P., Martin I. "Calidad de ambiente interior en oficinas" INSHT. Diciembre 2015. https://www.insst.es/documents/94886/96076/CAI+en+oficinas.pdf/cf678a1a-ac21-40a7-9c31-a22efe5428d3.

- Formaldehído en la industria de fabricación de tableros. INSHT 2016. https://www.insst.es/documents/94886/96076/Formaldehido/9d0297a4-8e99-4362-870a-ce15a92c18af.

- El Ozono como desinfectante frente al SARS-CoV-2.

- La ventilación como medida preventiva frente al coronavirus SARS-CoV-2.

- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). **Notas Técnicas de Prevención (NTP):**

NTP 243: Ambientes cerrados: calidad del aire. https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_243.pdf/9f6cbba4-ac26-4d0b-aae7-068068ca6e66914.

NTP 288: Síndrome del edificio enfermo: enfermedades relacionadas y papel de los bioaerosoles. https://www.insst.es/documents/94886/327166/

ntp_288.pdf/5076f767-d258-4a8a-9bbe-e724af-d8e62c.

NTP 289: Síndrome del edificio enfermo: factores de riesgo. https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_289.pdf/7299d03d-aba7-4b06-8adb-5d5732fb5eb9.

NTP 290: El síndrome del edificio enfermo: cuestionario para su detección. https://www.insst.es/documents/94886/327166/2_ntp_290.pdf/30db-9f6f-d401-4f69-929d-e735cfaf5855.

NTP 313: Calidad del aire interior: riesgos microbiológicos en los sistemas de Ventilación/climatización. https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_313.pdf/383a6fc7-adfe-4d5d-92dc-49b7220be3d5.

NTP 315: Calidad del aire: gases presentes a bajas concentraciones en ambientes cerrados. https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_315.pdf/63c9f422-9414-4ed3-8266-8d8bfa1d2ab5.

NTP 335: Calidad de aire interior: evaluación de la presencia de polen y espora fúngicas. https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_335.pdf/1d35773c-35e2-4682-acdd-cd36e9e76cba.

NTP 343: Nuevos criterios para futuros estándares de ventilación de interiores. https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_343.pdf/d89f5d0c-f868-4181-8ed6-83a354d8fd49.

NTP 358: Olores: un factor de calidad y confort en ambientes interiores. https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_358.pdf/fc68af20-c49c-475f-b54a-8ec0374f7b95.

NTP 380: El síndrome del edificio enfermo: cuestionario simplificado. https://www.insst.es/documents/94886/326827/ntp_380.pdf/abeb79f1-6df0-4859-9dfb-169311c20dc9.

NTP 431: Caracterización de la calidad del aire en ambientes interiores. https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_431.pdf/e82a-58de-737c-4da8-bac4-3edefa3abfed.

NTP 440: Radón en ambientes interiores. https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_440.pdf/3700e855-5f14-459e-9790-305bef11e26e.

NTP 466: Calidad del aire: determinación ambiental de formaldehído y medición de su contenido en tableros. https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_466.pdf/de96c84f-4aa6-4d9e-adac-c36b25d51c20.

NTP 488: Calidad de aire interior: identificación de hongos. https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_488.pdf/b3aaaa0f-8664-4142-8749-26b0a362c3ed.

NTP 503: Confort acústico: el ruido en oficinas. https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_503.pdf/182d0939-8e1e-488d-9f74-98fa93709759.

NTP 521: Calidad de aire interior: emisiones de materiales utilizados en la construcción decoración y mantenimiento de edificios. https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_521.pdf/974832e1-d26f-41b6-9913-8e50baf8b9d0.

NTP 538: Legionelosis: medidas de prevención y control en instalaciones de suministro de agua. https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_538.pdf/4f52d14a-744b-46ee-ac49-ea8619dd00e9.

NTP 549: El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior. https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_549.pdf/e9364a82-6f1b-4590-90e0-1d08b22e1074.

NTP 557: Intolerancia ambiental idiopática (IAI): sensibilidad química múltiple (SQM) y fenómenos asociados.
https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_557.pdf/a705fd0c-32fa-4015-940b-3f6c-072106f9?version=1.0&t=1614698528407.

NTP 595: Plaguicidas: riesgos en las aplicaciones en interior de locales. https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_595.pdf/54d86a4f-5530-4085-8184-5f77cc41561e.

NTP 607: Guías de calidad de aire interior: contaminantes químicos. https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_607.pdf/0c6960b6-b461-4d21-9757-e4ea03004327.

NTP 641: Fibras minerales artificiales y otras fibras diferentes del amianto (I): toxicología y clasificación. https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_641.pdf/354da490-8ef4-4c90-89b4-d0efac-796cbd.

NTP 642: Fibras minerales artificiales y otras fibras diferentes del amianto (II): evaluación y control. https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_642.pdf/88fc8ff8-2380-44ff-8770-113ede71b386.

NTP 742: Ventilación general de edificios. https://www.insst.es/documents/94886/327446/ntp_742.pdf/08383321-e605-4355-b830-c783a7d50b9c.

NTP 1064: Calidad del aire interior. Contaminantes biológicos (I): estrategia de muestreo. https://www.insst.es/documents/94886/329558/ntp-1064w.pdf/273f6a27-124e-4908-8a07-3d9cd6571401.

NTP 1065: Calidad del aire interior. Contaminantes biológicos (II). Tipos de muestreo. https://www.insst.es/documents/94886/329558/ntp-1065w.pdf/0542df2c-757a-46b8-b75b-2d0246a156a5.

NTP 1085: Calidad del aire interior. Equipos y materiales de oficina: contaminantes químicos. https://www.insst.es/documents/94886/333553/ntp-1085M.pdf/40a03b7f-0925-439b-b80f-c5330a-d87c63.

DD.117.1.22