alokabizi
sostenible

Calidad del aire interior en viviendas

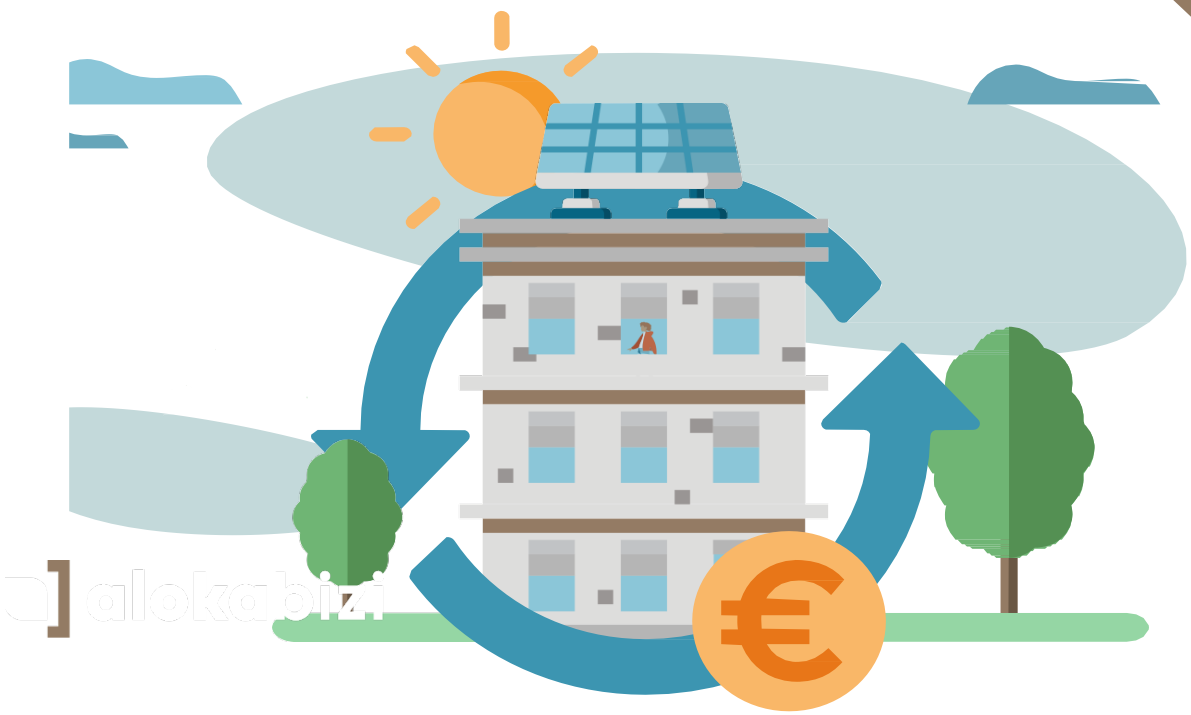
Manual básico de usuario

Alberto MEISS

Dr. Arquitecto
Profesor Titular E.T.S. Arquitectura
Universidad de Valladolid

AESCAI

2023



EUSKO JAURLARITZA GOBIERNO VASCO
LURRALDE PLANGINTZA, ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA
DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES
PCTI 2030 RIS3EUSKADI
alokabide

©

ALOKABIDE | Sociedad pública dependiente del Gobierno Vasco para el desarrollo de la función social de la vivienda a través de la política de alquiler

EDITA:

ALOKABIDE, Sociedad Pública de Alquiler de vivienda protegida del Gobierno Vasco

Departamento de Planificación Territorial, Vivienda y Transportes del Gobierno Vasco

Portal de Gamarra 1A, 2ª planta (Edificio el Boulevard) 01013 Vitoria-Gasteiz

araba@alokabide.eus I bizkaia@alokabide.eus I gipuzkoa@alokabide.eus

www.alokabide.eus

www.euskadi.eus/gobierno-vasco/departamento-medio-ambiente-planificacion-territorial-vivienda/

EDICIÓN:

Diciembre 2023

CONTENIDO:

Este documento ha sido elaborado por ALOKABIDE.

Los contenidos de este documento, en la presente edición, se publican bajo la licencia: Reconocimiento – No comercial – Sin obras derivadas 3.0 Unported de Creative Commons (más información http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.es_ES)

Manual básico de usuario

Respirar aire sano

Respirar es vida. Cada día, inhalamos un promedio de 11.000 litros de aire con nuestros pulmones. Es un proceso que no requiere nuestra intervención consciente sino que se da de manera instintiva y automática.

Lo que entra a nuestro cuerpo es un fluido invisible, al cual suponemos adecuado para incorporar el oxígeno que necesitamos para vivir. Pero, al ser invisible a nuestros ojos, ¿podemos tener la certeza de que esto es así?

Para reflexionar sobre esto, cambiemos un momento de fluido y centrémonos en otro necesario para la vida: el agua. Si tenemos sed…

¿de cuál de estos vasos beberíamos?

La respuesta es clara a la vista: independientemente de su posterior análisis químico, escogeríamos sin dudar al vaso de la izquierda.

Volviendo otra vez al aire, al no poder visualizarlo no podemos saber realmente si estamos respirando algo inocuo u algo que pueda afectar de manera muy grave a nuestra salud.

A través de esta pequeña guía, veremos una primera aproximación a este tema.

Repercusión del aire contaminado en la salud humana

Fue en el año 2013 cuando la AGENCIA INTERNACIONAL PARA LA INVESTIGACIÓN DEL CÁNCER (IARC) publicó las conclusiones que relacionaban la contaminación del aire ambiental con la incidencia de muerte por cáncer.

Así, el aire contaminado se clasificó como cancerígeno para los humanos (Grupo 1), ya que existe evidencia suficiente de que la exposición a ciertos compuestos y al material particulado causa cáncer de pulmón, accidentes cerebrovasculares y neumopatías crónicas y agudas, entre ellas el asma.

La ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS), al publicar en 2021 los límites recomendados de ciertos contaminantes, estimó que la mala calidad del aire ambiental fue la causa de 4,2 millones de muertes prematuras en todo el mundo por año. De ellas, según los últimos datos de 2019, unas 307.000 muertes prematuras tuvieron lugar en el territorio de la Unión Europea.

Esto se debe a que el 99% de la población mundial vive en lugares donde no se respetan las directrices OMS sobre la calidad del aire.

¿Cuánto tiempo pasamos en casa?

El INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE) realizó a lo largo de los años 2009 y 2010 una encuesta de empleo del tiempo para conocer cuándo, cómo y dónde se desarrollan las actividades de las personas a lo largo del año.

En Euskadi la vivienda representa el espacio de mayor tiempo de estancia en la población de 10 o más años. El tiempo medio (anualizado) de residencia diaria es 16 horas y 9 minutos (67,3% del día), no manifestando diferencias sustancias respecto al resto de España.

Aunque el estudio no hace diferencias entre población activa, pasiva o estudiante, sí se verifica que resulta imprescindible asegurar una buena calidad del aire en el interior de las viviendas si queremos que ésta no afecte negativamente la salud de sus ocupantes.

¿Qué contaminantes puede contener el aire?

Existe una serie de compuestos contaminantes que, por su magnitud, incidencia y facilidad de detección, están incluidos en todos los estudios sobre calidad del aire: el dióxido de carbono, el material particulado, el ozono, el radón y los compuestos orgánicos volátiles.

Dióxido de carbono (CO_2)

El dióxido de carbono es, con toda seguridad, el compuesto que más información suministra respecto a la capacidad de ventilación de un recinto. Esto ocurre porque su generación está estrechamente vinculada a la presencia humana, puesto que es un desecho de la respiración, por lo que su acumulación se corresponde con la estancia de los usuarios.

En sí mismo, el dióxido de carbono es incoloro e inodoro y no es un gas tóxico ni peligroso para la salud humana a bajas concentraciones. Incluso, en caso de contacto de las personas a un ambiente con alto contenido de CO_2, los trastornos en la salud suelen ser reversibles con tiempos de exposición bajos y moderados.

Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono es un gas incoloro, inodoro e insípido que surge a partir de la combustión incompleta de los combustibles a base de carbono por la ausencia del suficiente oxígeno.

La inhalación de monóxido de carbono acumulado es tóxica porque actúa sobre la hemoglobina, disminuyendo la necesaria para el transporte de oxígeno a los tejidos.

Ozono (O_3)

Es frecuente pensar en el ozono como beneficioso para el hombre, puesto que así sucede en las capas superiores de la atmósfera al filtrar las radiaciones pro-cedentes del espacio exterior (ozono troposférico). Sin embargo, cuando el ozono se concentra en el entorno respirable de las personas resulta perjudicial para su salud.

Normalmente, la concentración al ozono en el interior de los edificios es menor a aquella a la que las personas se exponen en el ambiente exterior. La exposición continuada disminuye la capacidad defensiva del sistema inmuno-lógico y alteraciones en la función pulmonar.

Dióxido de nitrógeno (NO_2)

Su generación está relacionada con el uso de aparatos de gas en los hogares (cocina y calefacción a gas o queroseno) y al humo del tabaco.

En concentraciones bajas puede acarrear irritación de ojos, nariz, garganta y pulmones y el desarrollo de procesos alérgicos. En exposiciones prolongadas hay riesgo de edema pulmonar. Una alta concentración puede causar efectos en la sangre, hígado, pulmón y bazo.

Amoniaco (NH_3)

La emisión del amoniaco en forma de gas está asociado a ciertos productos de limpieza para múltiples superficies y se presenta normalmente en una forma des-tilada, utilizándose normalmente diluido en agua.

Una concentración potencialmente perjudicial se detecta por el potente olor que acompaña al gas. Esta concentración puede causar irritación en ojos y mucosas.

Compuestos orgánicos volátiles (VOC)

La denominación de compuestos orgánicos volátiles incluye prácticamente a todos aquellos compuestos que contienen carbono.

Los VOC se intervienen mayoritariamente en la composición de sólidos o líquidos presentes en el interior de los espacios habitables. Lo hacen en forma de materiales de acabados y mobiliario, en productos de limpieza o en productos del funcionamiento de equipos y dispositivos.

En el caso del aire interior, los VOC constituyen un ejemplo de contaminantes en donde es difícil la consideración de la peligrosidad sobre la salud humana de cada

componente por separado, pero que adquieren efectos similares y peligrosos cuando actúan como mezcla total.

Formaldehído (HCHO)

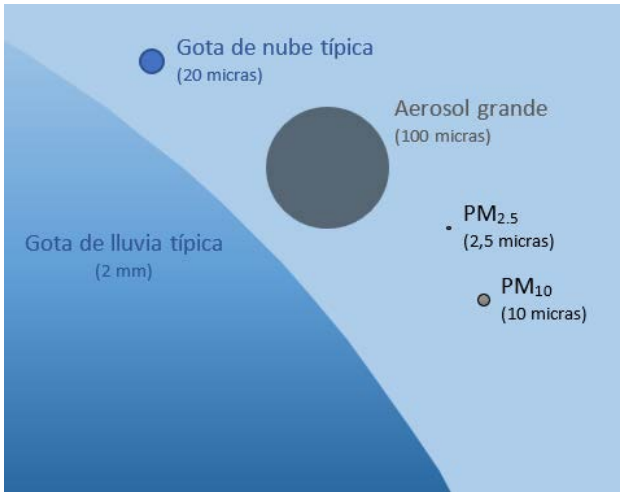
Compuesto incluido en la familia de los VOC, pero con características específicas que hacen recomendable su estudio particular.

Las fuentes básicas de emisión en interiores son los procesos de combustión, los acabados interiores y muchos productos de uso general.

Cuando el formaldehído es inhalado, el 90% queda retenido en la cavidad nasal. Los efectos se manifiestan en percepción de olor, irritación de las mucosas, afección pulmonar (asma y alergia) y eccema cutáneo.

Materia particulada (PM)

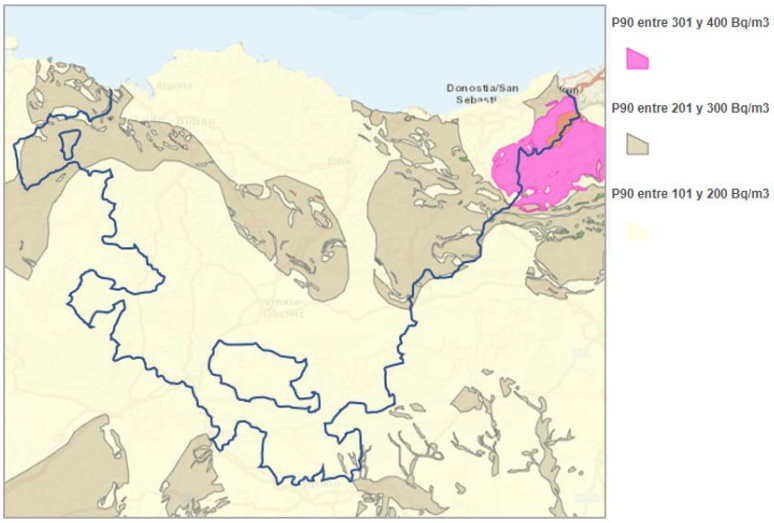
La materia particulada presente en el aire está integrada por una mezcla heterogénea y compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas de materia sólida o líquida microscópica en suspensión y volátil. Se denominan también aerosoles por cuanto constituyen una mezcla de sólidos y líquidos con aire, de tamaños muy diversos, desde unas pocas moléculas invisibles a otras de hasta 100 micras.



Radón

El radón es un gas noble, incoloro, inodoro e insípido que se genera del uranio que de forma natural está presente en la corteza terrestre en cantidades variables, dependiendo de la composición de rocas y suelo. Los terrenos susceptibles de emitir radón son aquellos dispuestos en zonas graníticas y sobre yacimientos de fosfatos.

Es considerado cancerígeno siendo el principal riesgo de su inhalación el cáncer de pulmón.



Ácaros

Los ácaros son pequeños arácnidos de tamaño diminuto, difíciles de apreciar a simple vista. Suelen habitar en recintos con temperaturas templadas y humedades relativas altas, y forman colonias en fibras textiles, particularmente naturales, como colchones, almohadas, alfombras, cojines, armarios, tapicería, etc.

En sí mismos, los ácaros son inofensivos para las personas, con la excepción de las afecciones severas que pueden provocar a las personas alérgicas.

Contaminantes derivados de las mascotas

Las alergias derivadas de mascotas consisten en la reacción alérgica a la inhalación de proteínas que se encuentran en las células de la piel, saliva u orina de los animales de compañía. Cualquier animal que tenga pelos puede provocar este tipo de alergia,

siendo al perro la más habitual, seguida de la del gato, por ser las mascotas más difundidas.

Plantas de interior

Las molestias derivadas de las plantas de interior provienen de una elección equivocada de cultivo interior, puesto que hay especies que emiten polen al que ciertas personas son alérgicas.

Moho u hongos

El moho u hongos se corresponde con organismos microscópicos que pueden crecer a partir de esporas que encuentran superficies húmedas a las que adherirse y desarrollarse. La clave para inhibir el moho es el control de la humedad.

Al producir alérgenos e irritantes, su inhalación puede provocar reacciones alérgicas en individuos sensibles, tales como rinitis alérgica, irritación nasal y erupciones cutáneas. Los casos graves pueden dar lugar origen a ataques de asma.

Humo del tabaco

El humo del tabaco no es en sí mismo un contaminante específico sino una amalgama muy compleja de muchos otros contaminantes volátiles, tanto orgáni-cos como inorgánicos. Además de la nicotina, el humo del tabaco contiene más de 4000 sustancias, entre las que figuran numerosas toxinas y carcinógenos.

El humo del tabaco en el interior del edificio está asociado con diversas en-fermedades graves que llevan a la muerte prematura en adultos, incluso aquellos fumadores pasivos, y en niños. La inhalación del humo irrita las vías respirato-rias y tiene efectos inmediatos sobre el corazón y los vasos sanguíneas de las personas.

Calidad del aire en el entorno exterior

El aire interior de las viviendas se considera de peor calidad que el del entorno de los edificios, al punto que se utiliza este aire exterior para ventilar y eliminar o diluir la contaminación interior.

Sin embargo, en la práctica, existen contaminantes específicos del entorno urbano y suburbano que penetran al interior de los edificios en el proceso de ventilar; a su vez, la concentración de estos contaminantes pueden limitar la capacidad de dilución en el aire interior o requerir la obligatoriedad del uso de filtros en el proceso de transferencia.

Para el análisis de los contaminantes atmosféricos, la Organización Mundial de la Salud (OMS) es la referencia a nivel mundial. En sus informes sobre la calidad del aire exterior indica claramente que el contaminante con mayor impacto es el material particulado en suspensión (PM_{10} y $PM_{2,5}$), razón por la cual es común su monitoreo constante en las principales ciudades del orbe. En los países desarrollados suelen estar acompañados por altas concentraciones de dióxido de nitrógeno NO_2 y ozono O_3.

La gran mayoría de los contaminantes presentes en el aire exterior tienen su correspondencia en el aire interior. Sin embargo, las fuentes de generación (y su concentración) difieren entre el exterior y el interior de los edificios.

Exigencias de calidad del aire

La población, en general, está expuesta a tanto a procesos de breve (desde unas pocas horas a días) como de prolongada exposición (desde meses a años) a los contaminantes presentes en el aire, tanto en el interior como en ámbito exterior de los edificios. Las Directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre la calidad del aire ofrecen una orientación general relativa a los umbrales y límites para los contaminantes del aire considerados críticos.

Normalmente las directrices establecidas desde la OMS suelen ser más estrictas, pues se fijan en función del impacto que tiene el aire contaminado en la salud de las personas, a partir de paneles de expertos científicos. Las normativas a nivel nacional y

europeo utilizan las directrices de la OMS como referencia, pero estableciendo los parámetros propios, adaptados a procesos escalonados de implementación y a las circunstancias geográficas especiales. Las directrices de la Unión Europea representan por tanto un compromiso de tipo político que incluye en su consideración otros factores como la viabilidad técnica y económica y la relación costo versus beneficio.

Contaminante	Directrices OMS (2021)	Directivas UE (2008)	RD 102/2011 España
PM_{10} [2]	45 µg/m^3 (0,0009 ppm) media en 24 h	50 µg/m^3 (0,001 ppm) media en 24 h [1]	50 µg/m^3 (0,001 ppm) media en 24 h
	15 µg/m^3 (0,0003 ppm) media anual	40 µg/m^3 (0,0008 ppm) media anual	40 µg/m^3 (0,0008 ppm) media anual
$PM_{2.5}$ [2]	15 µg/m^3 (0,00015 ppm) media en 24 h	-	-
	5 µg/m^3 (0,00005 ppm) media anual	25 µg/m^3 (0,00025 ppm) media anual [4]	25 µg/m^3 (0,00025 ppm) media anual [4]
NO_x	-	30 µg/m^3 media anual [5]	30 µg/m^3 media anual [5]
NO_2	25 µg/m^3 (0,013 ppm) media en 24 h	200 µg/m^3 (0,105 ppm) media en 1 h [6]	200 µg/m^3 (0,105 ppm) media en 1 h [6]
	10 µg/m^3 (0,005 ppm) media anual	40 µg/m^3 (0,021 ppm) media anual	40 µg/m^3 (0,021 ppm) media anual
O_3	60 µg/m^3 (0,03 ppm) media en 8 hs [3]	180/240 µg/m^3 (0,09/0,12 ppm) media h [7]	180/240 µg/m^3 (0,09/0,12 ppm) media h [7]
	100 µg/m^3 (0,05 ppm) media en 8 hs	120 µg/m^3 (0,06 ppm) media en 8 h [8]	120 µg/m^3 (0,06 ppm) media en 8 h [8]
SO_2	-	350 µg/m^3 (0,134 ppm) media en 1 h [9]	350 µg/m^3 (0,134 ppm) media en 1 h [9]
	50 µg/m^3 (0,019 ppm) media en 24 h	125 µg/m^3 (0,048 ppm) media en 24 h [10]	125 µg/m^3 (0,048 ppm) media diaria [10]
	-	20 µg/m^3 (0,008 ppm) media anual [5]	20 µg/m^3 (0,008 ppm) media anual [5]
CO	4 mg/m^3 (3,44 ppm) media en 24 h	10 mg/m^3 (8,60 ppm) media en 8 h	10 mg/m^3 (8,60 ppm) media en 8 h
$C_{10}H_8$	10 µg/m^3 (0,0019 ppm) media anual [11]	-	-
HCHO	100 µg/m^3 (0,08 ppm) media en 0,5 hs [11]	-	-
C_6H_6	No existe un nivel seguro [11]	5 µg/m^3 (0,0015 ppm media anual	5 µg/m^3 (0,0015 ppm) media anual

[1] No debe superarse en más de 35 días/año.
[2] El valor PM_{10} es la medida más extendida como indicador, puesto que incluyen toda la fracción de partículas de tamaño inferior a 10 micras. Entre ellas se cuentan las $PM_{2.5}$, cuya razón característica en las zonas urbanas resulta de 0,5 en los países en desarrollo y de 0,5 a 0,8 en los países desarrollados.
[3] Media de valores octohorarios diarios a lo largo de los seis meses consecutivos con registros superiores de O_3.
[4] Valor límite anual a partir del 1 de enero de 2020 se establece en 20 µg/m^3 de media.
[5] Valor límite para la protección de los ecosistemas.
[6] No debe superarse en más de 18 días/año.
[7] 180 µg/m^3 de media horaria: umbral de información. 240 µg/m^3 de media horaria: umbral de alerta.
[8] Media anual a partir de valores octohorarios. No debe superarse en más de 25 días/año, en una media de 3 años.
[9] No debe superarse en más de 24 días/año.
[10] No debe superarse en más de 3 días/año.
[11] Directrices 2010 de la OMS para Calidad de Aire Interior

Calidad del aire en el HS3 del Código Técnico de la Edificación

La Exigencia básica HS 3 “Calidad del aire interior” establece que se aportará un caudal suficiente de aire exterior para eliminar los contaminantes producidos de forma habitual durante el uso normal de los edificios.

En concreto, la Sección HS 3 se aplica al interior de los edificios de viviendas, además de sus almacenes de residuos, trasteros y aparcamientos y garajes.

El texto del Documento Básico recoge que “en los locales habitables de las viviendas debe aportarse un caudal de aire exterior suficiente para conseguir que en cada local la concentración media anual de CO_2 sea menor que 900 ppm y que el acumulado anual de CO_2 que exceda 1.600 ppm sea menor que 500.000 ppm·h”.

Estándares de certificación

La gran ventaja de los estándares de certificación de edificios es el control de calidad que se realiza una vez que la obra concluye, por lo que los valores a certificar son los reales a los cuales están expuestos los usuarios del edificio. En este sentido, la exigencia HS 3 del CTE no pasa de una exigencia en fase de proyecto, la cual puede no corresponderse con la realidad construida posterior.

Los estándares de certificación son muchos, cada uno orientado a un cierto matiz específico: algunos se enfocan principalmente a la eficiencia energética, otros a la sostenibilidad, al impacto económico, al mantenimiento integral, a las condiciones de uso, etc. Son pocos los estándares de certificación que hacen hincapié en la calidad del aire interior y menos aún los que se centran únicamente en esta cualidad.

Conceptos generales de la ventilación

El mecanismo básico utilizado para mejorar la calidad del aire interior es la ventilación de los espacios. Y dado que la presencia de aire limpio en un recinto es un componente esencial para unas condiciones saludables, la ventilación se constituye en una de las instalaciones que más incidencia tiene en la salud y en el confort de las personas.

Sin embargo, en la actualidad se da la paradoja que el progreso tecnológico, que está mejorando la calidad de los edificios en general, no se corresponde necesariamente con una mejora en la calidad del aire en sus espacios interiores. Esto podría deberse a diversos motivos, tales como:

- Los edificios más modernos tienden a ser más herméticos, tanto por necesidades energéticas como de protección acústica.
- El uso de nuevos materiales (constructivos o acabados), productos de limpieza, insecticidas, etc., son fuente de emisión de nuevas sustancias contaminantes.
- Mayor sensibilidad humana ante nuevas patologías, tanto alérgicas como a otras relacionadas con el aire.

La mayoría del común de la gente tiene una idea de lo que es la ventilación en términos generales, pero no es consciente de la importancia que tiene en su vida cotidiana.

"La ventilación en edificios suministra la cantidad requerida de aire fresco hacia el interior bajo condiciones climáticas y ambientales determinadas. El proceso incluye ***suministrar aire fresco y extraer el viciado*** *a través de los cerramientos,* ***distribuir y hacer circular el aire entrante****, y* ***prevenir la contaminación interior"***

¿Cuánto hay que ventilar?

La primera premisa, que puede sorprender, es que abrir las ventanas no significa ventilar de manera adecuada. Así la normativa actual de calidad del aire interior no contempla la ventilación natural como un mecanismo válido a la hora de asegurar que se cumplen los estándares mínimos de calidad necesarios.

Esto se debe a que la ventilación natural es un proceso aleatorio, caótico e incontrolado…

El proceso por el cual el aire exterior penetra de manera natural al interior de un edificio se basa en un diferencial de presiones entre ambos lados del cerramiento. Dicho diferencial se producirá por la acción directa del viento sobre las fachadas del edificio o por un gradiente de temperaturas que provocan corrientes convectivas del aire. Dichos fenómenos físicos fluctúan constantemente a lo largo de las horas del año (con cambios bruscos en el viento y las temperaturas) lo que provoca oscilaciones en la entrada del aire exterior, desde una ausencia absoluta de ventilación hasta acontecimientos de sobreventilación (con el consecuente despilfarro energético).

En consecuencia, a partir de ahora hablaremos de ventilación “controlada”, pues el caudal entrante se hace cuantificando de la manera más rigurosa posible el flujo mínimo necesario para asegurar una calidad saludable en el aire interior y de manera continuada a lo largo del tiempo. Este flujo controlado de aire exterior de ventilación tiene por función el diluir o desplazar los contaminantes generados y presentes en el interior de los espacios arquitectónicos.

No existe un único consenso respecto al caudal mínimo necesario para ventilar adecuadamente. Dicho cálculo se puede hacer considerando el control de uno o varios contaminantes y distinta ocupación de los espacios, por lo que es necesario establecer los distintos procedimientos para adoptar posteriormente el que se considere más conveniente.

DB-HS 3 “Calidad del aire interior”

Normativamente, en los edificios de viviendas, almacenes de residuos, trasteros, y aparcamientos y garajes se utiliza el cálculo de caudales establecido en el Documento Básico HS 3 “Calidad del aire interior”.

A partir de una serie de escenarios de ocupación, establece que se debe aportar un caudal de aire exterior suficiente para que el control de la concentración media anual de CO_2 sea menor que 900 ppm y que el acumulado anual de CO_2 que exceda de 1600 ppm sea menor que 500.000 ppm·h.

La determinación del caudal mínimo necesario, que cumpla las condiciones del párrafo anterior, se puede realizar mediante dos procedimientos:

- Ventilación de caudal constante: mantiene el valor del caudal de ventilación en el tiempo, independientemente de la ocupación, uso u otros factores. Así se establece un caudal continuo de entrada de aire fresco, con admisión en los locales secos (dormitorios, comedor y sala de estar) y extracción en los locales húmedos.

Tipo de vivienda	Caudal mínimo q_v, en l/s				
	Locales secos [1][2]			Locales húmedos [2]	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores [3]	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

[1] En los locales secos de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor.
[2] Cuando en un mismo local se den usos de local seco y húmedo, cada zona debe dotarse de su caudal correspondiente.
[3] Otros locales pertenecientes a la vivienda con usos similares (salas de juego, despachos, etc.)

- Ventilación de caudal variable: se modifica el valor del caudal de ventilación en el tiempo en función de la ocupación, uso u otros factores. Normalmente su funcionamiento se comanda mediante la monitorización del CO_2 y/o de la tasa de humedad, o con detectores de presencia de personas.

Ventilación incontrolada: las infiltraciones

Existe una variable más a considerar en la calidad del aire interior, que son las infiltraciones de aire. Éstas se definen como el movimiento incontrolado (no deseado) de aire a través de las imperfecciones de la envolvente, las cuales afectan a la hermeticidad del edificio.

El que sea un proceso no controlado distingue las infiltraciones de la ventilación, puesto que esta última se basa en el control del caudal de aire que entra y sale del edificio con el fin de renovar el aire interior. En cambio, las infiltraciones aprovechan los defectos o daños en los materiales y sistemas de cerramientos de la envolvente arquitectónica para penetrar por ellos al producirse un diferencial de presiones debidas al viento o a las temperaturas.

Para que sean “visibles” es útil el uso de la termografía infrarroja para detectar el flujo de aire no acondicionado a través de los cerramientos.

La presencia de infiltraciones tiene un impacto muy significativo en el deterioro de la calidad del aire interior y en la demanda energética. Normalmente, el procedimiento habitual para cuantificar el nivel de hermeticidad de las viviendas es el ensayo de presurización, comúnmente denominado “BlowerDoor test”.