



Documentación

NTP 343: Nuevos criterios para futuros estándares de ventilación de interiores

Nouveaux critères pour futurs standards de ventilation des intérieurs
New criterion for future indoors ventilation standards

Redactora:

Ana Hernández Calleja
Licenciada en Ciencias Biológicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

En esta Nota Técnica de Prevención se presentan los resultados de los trabajos de P. O. Fanger y su grupo de trabajo, referentes al establecimiento de nuevos criterios de ventilación en edificios, tendentes a obtener niveles de calidad de aire interior aceptables.

Estos trabajos y sus conclusiones han sido aceptados por la Comisión de la Comunidad Europea/Dirección General para la Ciencia, la Investigación y el Desarrollo, y han sido publicados en su Guidelines for ventilation requirements in buildings.

Introducción

La función primaria de un edificio en el que se desarrollan actividades de tipo no industrial (p.ej.: oficinas, escuelas, viviendas, etc.) es proporcionar a los ocupantes un ambiente confortable y saludable en el que trabajar. Esto depende, en gran medida, de que el sistema de ventilación/climatización tenga un diseño, un funcionamiento y un mantenimiento apropiados.

Estos sistemas, por tanto, deben proporcionar unas aceptables condiciones térmicas (temperatura interior y niveles de humedad), y una calidad de aire interior, así mismo, aceptable; es decir, deben procurar que la mezcla del aire exterior con el interior sea la adecuada, y deben disponer de sistemas de filtración y limpieza del aire capaces de eliminar los contaminantes presentes en el mismo.

La idea de que el aire exterior limpio es necesario para proporcionar bienestar en interiores ha sido expresada desde el siglo XVIII. Benjamín Franklin reconocía que el aire de una habitación es más saludable si se proporcionaba ventilación natural, es decir, si se abrían las ventanas. En el siglo XIX se creía que proporcionar grandes cantidades de aire exterior podía ayudar a rebajar el riesgo de contagio de enfermedades tales como la tuberculosis.

Los estudios realizados durante los años treinta mostraron que, en función del volumen de una habitación, se requerían entre 17 y 30 m³ de aire exterior por hora y ocupante, para diluir los bioefluentes humanos a concentraciones que no causaran molestias debidas al olor.

La **American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers** (ASHRAE), en su estándar 62 de 1973, recomendaba un caudal mínimo de 34 m³ de aire

exterior por hora y ocupante, para el control de los olores. Un mínimo absoluto de 8,5 m³/h/ocupante se recomendaba para prevenir que los niveles de dióxido de carbono (CO₂) sobrepasaran los 2.500 ppm, correspondientes a la mitad del límite de exposición para la industria.

En el estándar 90 de 1975 de esa misma asociación y, en plena crisis energética, se adopta el mínimo absoluto anteriormente expresado, dejando de lado, temporalmente, la necesidad de caudales superiores de ventilación para diluir los contaminantes (p.ej.: el humo del tabaco, los bioefluentes, etc.).

En 1981 en su estándar nº 62 la ASHRAE rectifica y establece su recomendación en 34 m³/h/ocupante para las zonas donde está permitido fumar y 8,5 m³/h/ocupante, en las que está prohibido fumar.

El último estándar que la ASHRAE ha publicado, el nº 62 de 1989, establece, independientemente de si está o no permitido fumar, un mínimo de 25,5 m³/h/ocupante para espacios interiores ocupados y recomienda incrementar este valor cuando el aire que entra en un local no se mezcla adecuadamente en la zona respiratoria o si existen focos de contaminación inusuales.

Otros estándares, como los recomendados en la Norma UNE 100-011-91, los proporcionados por Carrier o por Soler Palau en sus manuales de ventilación, difieren poco de los aquí mencionados. La Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo mantiene, desde el año 1971, unos caudales de ventilación de 30 a 50 m³ de aire exterior y limpio por hora y ocupante.

Fanger y su grupo de trabajo afirman que los actuales estándares de ventilación tienen importantes carencias o defectos: éstos prescriben una cierta cantidad de aire exterior que debe ser suministrada a un espacio interior por ocupante de ese espacio. Según sus opiniones, este hecho no garantiza una buena calidad de aire interior, y manifiestan que existen tres razones por las que estos estándares no funcionan. En primer lugar, porque asumen que los ocupantes son las únicas fuentes de contaminación, cuando estudios recientes muestran que, además de los ocupantes, se deben tener en cuenta otros focos de contaminación, como son los muebles, la moqueta y el propio sistema de ventilación.

En segundo lugar, la cantidad de aire exterior suministrado es la misma, independientemente de la calidad del aire que se introduce en el espacio. Y, en tercer lugar, no definen claramente el nivel de calidad de aire interior que se desea obtener. Por lo tanto, proponen que los futuros estándares de ventilación deberían basarse en las siguientes tres premisas: la selección de una categoría de calidad del aire para el espacio que se debe ventilar, la carga total de contaminación en el espacio ocupado y la calidad del aire exterior disponible.

Calidad de aire interior

La calidad del aire interior puede definirse como el grado en el que se satisfacen las exigencias del ser humano. Básicamente, los ocupantes de un espacio exigen dos cosas al aire que respiran: percibir el aire fresco, en lugar de viciado, cargado o irritante; y saber que el riesgo para la salud que pudiera derivarse de la respiración de ese aire es despreciable.

Es corriente pensar que el grado de calidad del aire de un espacio depende más de los

componentes de ese aire que del impacto del aire en los ocupantes, por lo que pudiera parecer sencillo evaluar la calidad del aire, pues, conociendo su composición se puede conocer su calidad. Este método de evaluación funciona bien en la industria, en la que se encuentran las sustancias químicas implicadas o derivadas del proceso productivo, para las que se dispone de equipos de medición y de criterios de referencia con los que poder comparar las concentraciones medidas, sin embargo, no sirve para las actividades de tipo no industrial. En estos lugares se pueden encontrar miles de sustancias químicas pero a muy bajas concentraciones, a menudo, mil veces menores que los límites de exposición recomendados; su evaluación, una por una, daría como resultado una falsa valoración en la que la calidad de ese aire sería juzgada como alta. Pero todavía queda un aspecto que se debe considerar y es el alto grado de desconocimiento existente sobre los efectos que la combinación de esos miles de sustancias tienen en el ser humano y que pudiera ser la causa de que ese aire sea percibido como viciado, cargado o irritante.

La conclusión es que los métodos tradicionales utilizados en higiene industrial son insuficientes para definir el grado de calidad del aire que será percibido por los seres humanos. La alternativa al análisis químico es utilizar a las personas como equipos de medición para cuantificar la contaminación del aire.

El ser humano percibe el aire mediante dos sentidos: el del olfato, que está situado en la cavidad nasal, y que es sensible a centenares de miles de sustancias odoríferas, y el sentido químico, situado en las mucosas de la nariz y de los ojos, y que es sensible a un número similar de sustancias irritantes presentes en el aire. Es la respuesta conjunta de estos dos sentidos la que determina cómo será percibido un aire y la que permite emitir un juicio sobre su aceptabilidad.

La idea de Fanger fue cuantificar la contaminación del aire interior mediante su comparación con el olor producido por una fuente de contaminación bien conocida: el cuerpo humano, e introdujo las nuevas unidades que le permitirían evaluar el grado de calidad del aire interior: el **olf** y el **decipol**.

La unidad olf

Un olf (del latín **olfactus**) es la tasa de emisión de los contaminantes (bioefluentes) producidos por una persona estándar. Una persona estándar es un adulto de edad media que trabaja en una oficina o en un puesto de trabajo de tipo no industrial similar, sedentario y en un ambiente térmico neutro, con un nivel de higiene personal equivalente a 0,7 baños al día. Se escogió la contaminación producida por el ser humano para definir el olf por dos razones: la primera era que los bioefluentes emitidos por una persona eran bien conocidos, y la segunda fue que se disponía de abundantes datos sobre la insatisfacción causada por estos bioefluentes.

Cualquier otra fuente de contaminación puede ser expresada por el número de personas estándar (olfs), necesarios para causar la misma insatisfacción que la fuente de contaminación que se trata de evaluar.

En la figura 1 aparece la curva de definición de un olf. Esta curva muestra cómo la contaminación producida por una persona estándar (olf) es percibida con diferentes tasas de ventilación, y permite obtener el porcentaje de insatisfechos, es decir, aquellos que percibirán el aire como inaceptable justo después de haber entrado en la habitación. La curva está basada en los resultados obtenidos en los experimentos realizados en dos auditorios en Dinamarca. Los bioefluentes fueron emitidos por más de mil personas consideradas como estándar, y la calidad del aire juzgada por 168 hombres y mujeres que emitieron su opinión justo después de entrar en el espacio ocupado.

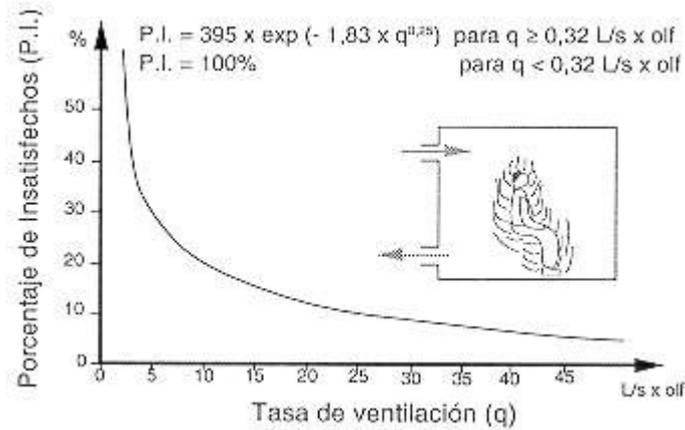


Fig. 1: Curva de definición del olf

La unidad decipol

La concentración de los contaminantes del aire depende de la fuente de contaminación y de la dilución ocasionada por la ventilación. La contaminación del aire percibida se define como la concentración de bioefluentes humanos que causarían la misma insatisfacción que la concentración del aire contaminado que se trata de evaluar. Un decipol (del latín **pollutio**) es la contaminación causada por una persona estándar (1 olf) con una tasa de ventilación de 10 l/s de aire no contaminado.

1 decipol = 0,1 olf/(l/s)

En la figura 2, derivada de los mismos datos que la figura anterior, se muestra la relación entre la calidad del aire percibida expresada en porcentaje de insatisfacción y en decipol.

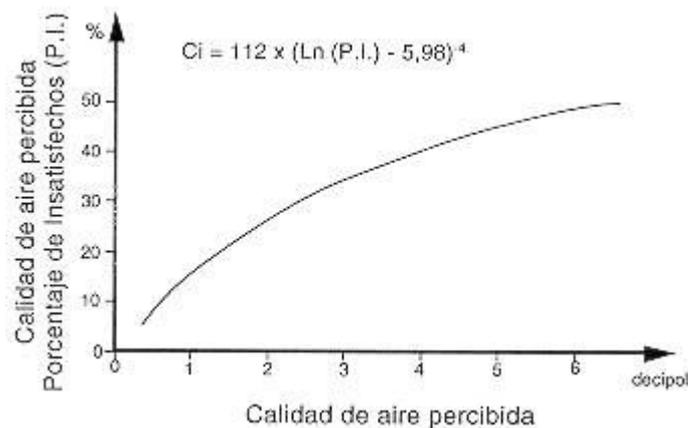


Fig. 2: Relación entre la calidad de aire percibida expresada en porcentaje de insatisfechos y en decipol

Para determinar la tasa de ventilación requerida desde el punto de vista de confortabilidad, es esencial seleccionar el grado de calidad del aire que se desea alcanzar en el espacio ocupado. En la tabla, y derivadas de las figuras 1 y 2, se proponen tres categorías o niveles de calidad. Cada uno de ellos corresponde a un cierto porcentaje de insatisfechos. La elección de uno u otro nivel dependerá, principalmente, del destino del espacio y de consideraciones de tipo económico.

Tabla 1: Niveles de calidad de aire interior

Categoría (Nivel de calidad)	Calidad de aire percibida		Tasa de ventilación requerida (*)
	% insatisfechos	decipol	l/s x of
A	10	0,6	16
B	20	1,4	7
C	30	2,5	4

(*) Asumiendo que el aire exterior es limpio y la eficacia de la ventilación es igual a uno

Como se comentaba anteriormente, los datos proceden de los experimentos realizados con paneles de jurados, pero es importante tener en cuenta que algunos de los contaminantes presentes en el aire que son peligrosos (p.ej.: los compuestos cancerígenos, los microorganismos o las sustancias radiactivas) no se reconocen por los sentidos y que los efectos sensoriales de otros contaminantes no están cuantitativamente relacionados con su toxicidad.

Fuentes de contaminación

En opinión de Fanger y su equipo, uno de los fallos de los actuales estándares de ventilación radica en que éstos consideran que los ocupantes son las únicas fuentes de contaminación y manifiestan que los futuros estándares deberían tener en cuenta todas las posibles fuentes de contaminación. Además de los ocupantes y sus actividades, incluida la posibilidad de que fumen, existen otros focos que contribuyen significativamente a la contaminación del aire, por ejemplo: el mobiliario, la moqueta, los materiales de construcción, los productos de decoración, los de limpieza y el propio sistema de ventilación.

Será el conjunto de esas fuentes de contaminación el que determinará la carga de contaminación de un aire. Esta carga puede ser expresada como contaminación química o como contaminación sensorial expresada en olf y que integra el efecto de varias sustancias químicas percibido por los seres humanos.

Carga de contaminación química

La contaminación proveniente de un material puede ser expresada por la tasa de emisión de cada sustancia química. La carga total de contaminación química se estima mediante la adición de todas las fuentes y se expresa en μ g/s.

En la actualidad, puede resultar difícil estimar esta carga de contaminación debido a que los datos disponibles sobre las tasas de emisión de muchos de los materiales de uso común son escasos.

Carga sensorial

Es la causada por aquellas fuentes de contaminación que tienen impacto en la calidad del aire percibida; su valor se halla mediante la adición de los olfs de las diferentes fuentes de contaminación existentes en un espacio. Como en el caso anterior, todavía no hay disponible mucha información sobre los olf/m² de muchos de los materiales, por lo que resulta más práctico estimar la carga sensorial de todo el edificio, incluyendo los ocupantes, el mobiliario y el sistema de ventilación.

En la tabla 2 aparece la carga en olfs de los ocupantes con diferentes tipos de actividad, si son fumadores o no, y la producción de diversos compuestos como son el dióxido de

carbono (CO_2), el monóxido de carbono (CO) y el vapor de agua. En la tabla 3 se muestran algunos ejemplos del grado de ocupación típica en diferentes espacios. Por último, en la tabla 4 se reflejan los resultados de la carga sensorial, en olf/m^2 obtenidos en varios edificios.

Tabla 2: Contaminación debida a los ocupantes

	Carga sensorial olf/ocupante	CO₂ l/(h x ocupante)	CO (c) l/(h x ocupante)	Vapor de agua (d) g/(h x ocupante)
Sedentario, 1-1,2 met (a)				
0% fumadores	1	19		50
20% fumadores (b)	2	19	11×10^{-3}	50
40% fumadores (b)	3	19	21×10^{-3}	50
100% fumadores (b)	6	19	53×10^{-3}	50
Ejercicio físico				
Bajo, 3 met	4	50		200
Medio, 6 met	10	100		430
Alto (atleta), 10 met	20	170		750
Niños				
Guardería, (3-6 años), 2,7 met	1,2	18		90
Escuela, (14-16 años), 1,2 met	1,3	19		50

(a) 1 met es la tasa metabólica de una persona sedentaria, en reposo, (1 met = $58 \text{ W}/\text{m}^2$ de superficie de piel).

(b) Consumo medio, 1,2 cigarrillos/hora por fumador. Tasa media de emisión, 44 ml de CO por cigarrillo.

(c) Del humo del tabaco.

(d) Aplicable a personas próximas a la neutralidad térmica.

Tabla 3: Ejemplos de grado de ocupación de edificios

Edificio	Ocupantes/m²
Oficinas	0,07
Salas de conferencias	0,5
Teatros, salas de actos, etc.	1,5
Escuelas (aulas)	0,5
Guarderías	0,5
Viviendas	0,05

Tabla 4: Contaminación debida al edificio

	Carga sensorial olf/m ²	
	Media	Intervalo
Oficinas (a)	0,3	0,02 - 0,95
Escuelas (aulas) (b)	0,3	0,12 - 0,54
Guarderías (c)	0,4	0,20 - 0,74
Salas de actos (d)	0,5	0,13 - 1,32
Edificios poco contaminantes (e)		0,05 - 0,1

(a) Datos obtenidos en 24 oficinas ventiladas mecánicamente.

(b) Datos obtenidos en 6 escuelas ventiladas mecánicamente.

(c) Datos obtenidas en 9 guarderías ventiladas mecánicamente.

(d) Datos obtenidos en 5 salas de actos ventiladas mecánicamente.

(e) Objetivo que se debe alcanzar en los nuevos edificios.

Calidad de aire exterior

Otra de las premisas que completan la elaboración de los futuros estándares de ventilación es la calidad del aire exterior disponible. En la publicación de la Organización Mundial de la Salud (OMS), **Air quality guidelines for Europe**, aparecen los valores de exposición recomendables para ciertas sustancias, tanto para interiores como para exteriores.

En la tabla 5 se muestran los niveles de calidad de aire exterior percibida, así como las concentraciones de varios contaminantes químicos típicos de exteriores.

Tabla 5: Niveles de calidad del aire exterior

	Calidad de aire percibida (*) decipol	Contaminantes ambientales (**)			
		CO ₂ mg/m ³	CO mg/m ³	NO ₂ µg/m ³	SO ₂ µg/m ³
En el mar, la montaña	0	680	0-0,2	2	1
Ciudad, calidad alta	< 0,1	700	1-2	5-20	5-20
Ciudad, calidad baja	> 0,5	700-800	4-6	50-80	50-100

(*) Los valores de la calidad del aire percibida son valores promedio diarios.

(**) Los valores de los contaminantes corresponden a concentraciones medias anuales.

Se debe tener en cuenta que la calidad del aire exterior, en muchos casos, puede ser peor que lo indicado en la tabla o en la guía de la OMS, en esos casos, es necesario realizar una limpieza del aire previa a su introducción en los espacios ocupados.

Eficacia de la ventilación

Otro factor importante que tiene repercusión en el cálculo de la ventilación requerida es la eficacia de la ventilación (E_v), que se define como la relación entre las concentraciones de contaminación en la extracción del aire (C_e) y en la zona respiratoria (C_r).

$$E_v = C_e / C_r$$

La eficacia de la ventilación depende de la distribución del aire y de la ubicación de las fuentes de contaminación en el local. Si se produce una mezcla completa del aire y de los contaminantes, la eficacia de la ventilación es igual a uno; si la calidad del aire es mejor en la zona respiratoria que en la extracción, la eficacia es mayor que uno y se puede alcanzar la calidad del aire deseada con tasas de ventilación inferiores. Por contra, se necesitarán

tasas de ventilación superiores cuando la eficacia de la ventilación sea inferior a uno, es decir, cuando la calidad del aire en la zona respiratoria sea inferior a la de la zona de extracción.

Para estimar la eficacia de la ventilación es útil dividir los espacios en dos zonas, una correspondiente a la zona de entrada del aire y la otra, al resto de la habitación. En sistemas de ventilación cuyo principio de funcionamiento sea por mezcla, la zona de suministro de aire se encuentra, habitualmente, por encima de la zona respiratoria, y las mejores condiciones se consiguen cuando la mezcla es tan buena que las dos zonas se convierten en una. En sistemas de ventilación por desplazamiento del aire existe una zona de suministro ocupada por las personas y una zona de extracción por encima; las mejores condiciones se logran cuando la mezcla entre las dos zonas es mínima.

La eficacia de la ventilación es pues función de la ubicación y características de los elementos de suministro y extracción del aire y de las fuentes de contaminación. Además, es función de la temperatura y del caudal de aire suministrado. Es posible calcular la eficacia de un sistema de ventilación mediante simulación numérica o bien mediante medición. Cuando estos datos no estén disponibles, se pueden utilizar los valores que aparecen en la figura 3 para diferentes principios de ventilación. Estos valores tienen en consideración el impacto de la distribución del aire, pero no, la ubicación de las fuentes de contaminación, por lo que se asume que éstas se encuentran uniformemente distribuidas por todo el espacio ventilado.

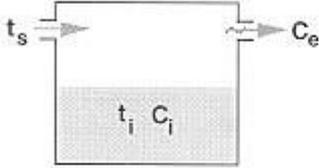
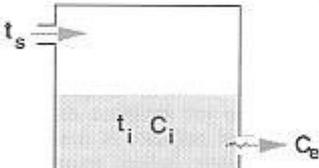
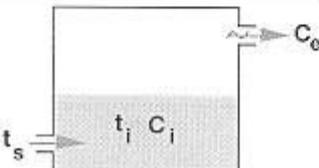
Principio de ventilación	Diferencia de temperaturas entre suministro de aire y zona respiratoria ($t_s - t_i$) °C	Eficacia de la ventilación
Ventilación por mezcla 	< 0 $0 - 2$ $2 - 5$ > 5	$0,9 - 1,0$ $0,9$ $0,8$ $0,4 - 0,7$
Ventilación por mezcla 	< 5 $0 - 5$ > 0	$0,9$ $0,9 - 1,0$ $1,0$
Ventilación por desplazamiento 	> 2 $0 - 2$ < 0	$0,2 - 0,7$ $0,7 - 0,9$ $1,2 - 1,4$

Fig. 3: Eficacia de la ventilación en la zona respiratoria según diferentes principios de ventilación

Cálculo de la ventilación requerida

En la figura 4 se muestran las ecuaciones de cálculo de la ventilación requerida tanto desde el punto de vista de la confortabilidad como de la protección de la salud

Confort	Salud
(1)	(2)
$Q_c = 10 \times \frac{G}{C_i - C_0} \times \frac{1}{E_v}$	$Q_s = \frac{G}{C_v - C_0} \times \frac{1}{E_v}$
Q_c Caudal requerido para confort (l/s)	Q_s Caudal requerido para salud (l/s)
G Carga sensorial total (olf)	G Concentración de contaminación química (μ /s)
C_i Calidad de aire interior deseada (decipol)	C_v Criterio de valoración (μ g/l)
C_0 Calidad del aire exterior (toma) (decipol)	C_0 Concentración del compuesto (toma) (μ g/l)
E_v Eficacia de ventilación	E_v Eficacia de la ventilación

Fig. 4: Ecuaciones para el cálculo de la ventilación requerida

Ventilación requerida para confort

El cálculo empieza con la decisión sobre la calidad del aire interior que se desea obtener en el espacio ventilado (ver tabla 1), y la estimación de la calidad del aire exterior disponible (ver tabla 5).

El siguiente paso consiste en estimar la carga sensorial, para ello, de las tablas 2, 3, 4 se seleccionan las cargas correspondientes a los ocupantes, al edificio y al grado de ocupación por metro cuadrado de superficie. El valor total se obtiene sumando estos datos.

Dependiendo del principio de funcionamiento del sistema de ventilación y de la figura 3 se estima la eficacia de la ventilación. Aplicando la ecuación (1) se obtendrá la ventilación requerida.

Ventilación requerida para la protección de la salud

Un procedimiento análogo al descrito, y utilizando la ecuación (2) se sigue para obtener el caudal de ventilación necesario para prevenir los problemas de salud. Para su cálculo es necesario identificar la sustancia o grupo de sustancias químicas críticas y estimar su concentración en el aire; se debe, así mismo, disponer de un criterio de valoración, tener en cuenta los efectos del contaminante y la sensibilidad de los ocupantes que se desea proteger; por ejemplo, niños o ancianos.

Lamentablemente, todavía es difícil estimar la ventilación requerida para la protección de la salud debido a la falta de información sobre algunos de los términos que intervienen en el cálculo: las tasas de emisión de los contaminantes (G), los criterios de valoración para interiores (C_v), etc.

Los estudios de campo realizados demuestran que en los espacios en los que se requiere una ventilación para alcanzar unas condiciones de confortabilidad, la concentración de sustancias químicas es muy baja. No obstante, en esos espacios pueden existir fuentes de contaminación peligrosas para la salud; en estos casos, lo recomendable es eliminar, sustituir o controlar los focos de contaminación en lugar de diluir los contaminantes

mediante la ventilación general.

Ejemplo de cálculo

A continuación se incluyen algunos de los ejemplos que aparecen en el documento de la Comisión de la Comunidad Europea mencionado con anterioridad.

Edificio de oficinas

El edificio se encuentra situado en una ciudad con una calidad de aire exterior muy buena (de la tabla 5, $C_0 = 0$ decipol). Se desea obtener una calidad del aire interior correspondiente a la categoría C (de la tabla 1, $C_i = 2,5$ decipol o el 30% de insatisfechos). Está permitido fumar y se estima una proporción de fumadores del 40% (de la tablas 2, 3 olf por ocupante), el grado de ocupación es de 0,07 ocupantes por metro cuadrado.

Los materiales utilizados son de tipo estándar (de la tabla 5, 0,3 Olf/m²). El principio de funcionamiento de la ventilación es por desplazamiento y se estima una eficacia de 1,3.

Ocupantes $3 \times 0,07 = 0,2 \text{ olf/m}^2$

Edificio $0,3 \text{ olf/m}^2$

Carga total $0,5 \text{ olf/m}^2$

$$Q_c = 10 \times \frac{0,5}{2,5 - 0} \times \frac{1}{1,3} = 1,51 / \text{s(m}^2)$$

Escuela

El edificio está situado en una ciudad con una calidad de aire media (de la tabla 5, $C_0 = 0,3$ decipol). La calidad del aire interior deseada corresponde a la categoría C (de la tabla 1, $C_i = 2,5$ decipol o el 30% de insatisfechos). No está permitido fumar, por lo tanto 1,3 olf por ocupante (ver tabla 2). El grado de ocupación es de 0,5 ocupantes por metro cuadrado. Se utilizan materiales con tasas de emisión bajas (de la tabla 4, 0,1 olf/m²). La eficacia de la ventilación es de 1.

Ocupantes $3 \times 0,5 = 0,65 \text{ olf/m}^2$

Edificio $0,1 \text{ olf/m}^2$

Carga total $0,75 \text{ olf/m}^2$

$$Q_c = 10 \times \frac{0,75}{2,5 - 0,3} \times \frac{1}{1,0} = 3,41 / \text{s(m}^2)$$

Desde el punto de vista de protección de la salud, se toma en consideración la presencia de formaldehído procedente de los tableros de madera conglomerada utilizados en el edificio, el área es de 3 m² por metro cuadrado de suelo, la tasa de emisión es de 40 mg/h (m²), el límite de exposición propuesto por la OMS es de 100 mg/m³ para la población y de

10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para grupos especialmente susceptibles.

$$\text{Población } Q_s = \frac{0,033 \times 1000}{100} \times \frac{1}{1,0} = 0,331 / \text{s}(\text{m}^2)$$

$$\text{Grupo susceptible } Q_s = \frac{0,033 \times 1000}{10} \times \frac{1}{1,0} = 3,31 / \text{s}(\text{m}^2)$$

Bibliografía

(1) COMISIÓN DE LA COMUNIDAD EUROPEA

Guidelines for ventilation requirements in buildings

Luxemburg: Office for publications of the European Communities, 1992

(2) WEEKES, D.M. and GAMMAGE, R.B. (ed.)

The practitioner's approach to indoor air quality investigations

Akron, Ohio. American industrial hygiene association. 1990

(3) ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD

Air quality guidelines for Europe

Copenhagen: WHO. Regional Office for Europe, European Series Nº 23, 1987

(4) CAIN, W.S. et al.

Ventilation requirements in buildings-Control of occupancy odor and tobacco smolke odor

Atmospheric Environment 1983; 17 (6): 1.183-1.197

(5) BERG-MUNCH, B., CLAUSEN, G. and FANGER, P.O.

Ventilation requirements for the control of body odor in spaces occupied by women

Environ. Int. 1986; 12:195-199

(6) FANGER, P.O.

Introduction of the olf and the decipol units to quantify air pollution perceived by humans indoors and outdoors

Energy build. 1988; (12): 1-7

(7) FANGER, P.O., LAURIDSEN, J., BLUYSSSEN, P. and CLAUSEN, G.

Air pollution sources in offices and assembly halls, quantified by the olf unit

Energy build. 1988, (12): 7-19

(8) FANGER, P.O.

The new comfort equation for indoor air quality

ASHRAE Journal 1989; (10): 33-38

(9) CONE, J.E. and HODGSON, M.J. (ed)

Problem buildings: building-associated illness and the sick building syndrome

Occupational Medicine 1989; 4 (4)