



Madrid  
**Ahorra**  
con Energía



 CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA  
**Comunidad de Madrid**  
[www.madrid.org](http://www.madrid.org)

# Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial





# Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

Madrid, 2014



Fundación de la Energía de  
la Comunidad de Madrid



[www.fenercom.com](http://www.fenercom.com)



 CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA  
**Comunidad de Madrid**  
[www.madrid.org](http://www.madrid.org)

Esta Guía se puede descargar en formato pdf desde la sección de publicaciones de las páginas web:

[www.madrid.org](http://www.madrid.org)

(Consejería de Economía y Hacienda, organización Dirección General de Industria, Energía y Minas)

[www.fenercom.com](http://www.fenercom.com)

La Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, respetuosa con la libertad intelectual de sus colaboradores, reproduce los originales que se le entregan, pero no se identifica necesariamente con las ideas y opiniones que en ellas se exponen y, por tanto, no asume responsabilidad alguna de la información contenida en esta publicación.

La Comunidad de Madrid y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, no se hacen responsables de las opiniones, imágenes, textos y trabajos de los autores de esta Guía.

Depósito Legal: M. 5972-2014

Impresión Gráfica: Gráficas Arias Montano, S. A.  
28935 MÓSTOLES (Madrid)

# Autores

## **Jerry Vinkesteyn**

Director General. Jaga España

## **José Vicente Zamora**

Jefe Departamento Técnico. Jaga España





# Índice



PRESENTACIÓN	9
1. INTRODUCCIÓN	11
1.1. ¿Qué es la ventilación	11
1.2. ¿Por qué ventilar?	11
1.3. ¿Por qué ventilar ahora?	12
1.4. ¿A quién está orientada esta guía?	13
2. BASE NORMATIVA ACTUAL EN RENOVACIÓN DE AIRE: ESTAR POR ENCIMA DE LA NORMATIVA	15
2.1. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)	16
2.1.1. ¿Qué es el RITE?	16
2.2. Código técnico de la Edificación (CTE)	17
2.2.1. HS3 Calidad de aire interior	17
3. TIPOS DE SISTEMAS DE RENOVACIÓN DE AIRE Y CARACTERÍSTICAS	21
3.1. Ventilación natural: Sistema A	21
3.2. Ventilación mecánica: Sistema B	23
3.3. Ventilación mecánica: Sistema C	24
3.4. Ventilación mecánica: Sistema D	26
3.4.1. Admisión mecánica centralizada y extracción mecánica centralizada	27
3.4.2. Admisión mecánica descentralizada y extracción mecánica centralizada	29
3.4.3. Admisión mecánica descentralizada y extracción mecánica descentralizada	31
3.5. Ventilación mecánica: Combinación de Sistemas	33
4. ASPECTOS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LA VENTILACIÓN	35
4.1. Clima interior	35
4.4.1. Calidad del aire interior	36
4.4.2. Confort térmico	39
4.4.3. Nivel sonoro	43
4.4.4. Estanqueidad a infiltraciones de aire	48
4.2. Nivel de ahorro energético	51



## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

4.3. Nivel de regulación	52
4.3.1. Admisión de aire natural por rejillas en las ventanas	52
4.3.2. Regulación de extractores y sistemas mecánicos	53
<b>5. DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN</b>	<b>59</b>
5.1. Selección del sistema de ventilación	59
5.1.1. Influencia del sistema de calefacción - ACS	60
5.2. Dimensionado del sistema de ventilación	60
5.2.1. Método de cálculo	60
5.2.2. Aberturas para el paso de aire	68
5.2.3. Diseño de conductos	71
5.2.4. Extracción de aire en edificios de altura	73
5.2.5. Admisión y extracción de aire en edificios de altura	74
5.2.6. Velocidad en los conductos de las viviendas	75
5.2.7. Pérdida de carga	77
5.2.8. Diámetros recomendados en la práctica	78
5.3. Selección e instalación de componentes	79
5.3.1. Bocas y válvulas de aire	79
5.3.2. Conductos de ventilación	83
5.3.3. Extractor centralizado de vivienda	87
5.3.4. Unidades de ventilación descentralizadas por fachada	88
5.3.5. Unidades de ventilación centralizadas con recuperador de calor	91
5.4. Compensación de la ventilación con chimeneas abiertas	92
<b>6. CONTROL Y AJUSTE DEL SISTEMA</b>	<b>95</b>
6.1. Control de la instalación	95
6.2. Regulación del sistema de ventilación	96
6.3. Mantenimiento y limpieza	100
6.4. Posibles errores en la instalación	103
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>107</b>

# P RESENTACIÓN



Para tener una vivienda confortable y saludable para sus ocupantes es necesario renovar el aire del interior con cierta frecuencia o, lo que es lo mismo, ventilar. Pero, al mismo tiempo, esa operación en las viviendas cuesta energía.

Con el fin de limitar ese consumo de energía y hacer la ventilación más eficiente, existen en el mercado distintos tipos de sistemas, tanto para la nueva construcción como para la rehabilitación.

En la práctica, se ha observado que, pese a incorporar nuevos sistemas de ventilación, siguen existiendo graves deficiencias. Algunos de los puntos críticos en las viviendas son la aparición de corrientes de aire, niveles sonoros molestos y deficiencias en la calidad de aire en determinadas zonas.

Algunos de estos problemas se pueden evitar con un buen diseño, instalación y mantenimiento.

En el norte de Europa, los ecos de esta problemática se han abordado en los medios de comunicación, llegando incluso a debates políticos que conciernen a la salud pública, los cuales han provocado la realización de profundos estudios por parte de organismos públicos y universidades que están marcando las directrices de las nuevas exigencias en ventilación.

En esta Guía de Renovación de Aire Eficiente en el Sector Residencial se va a reflejar una síntesis de la experiencia que acumulan otros países en la ventilación de viviendas, para facilitar la selección entre los diferentes sistemas, el diseño, la instalación y los procedimientos de mantenimiento de los mismos.

**Carlos López Jimeno**

Director General de Industria, Energía y Minas  
Consejería de Economía y Hacienda  
Comunidad de Madrid



# 1

## INTRODUCCIÓN



### 1.1. ¿Qué es ventilación/renovación de aire?

La ventilación o renovación de aire consiste en reemplazar gradualmente el aire viciado o contaminado de una estancia, por aire nuevo, fresco.

La ventilación se puede realizar de forma natural por viento o movimientos térmicos de aire, o de forma mecánica a través de ventiladores.

### 1.2. ¿Por qué ventilar?

Es necesario ventilar para evitar que la humedad y las sustancias nocivas se acumulen en el interior de las viviendas, con el fin de mantener el nivel de salubridad y de confort olfativo de sus ocupantes.

Una persona o mascota exhala alrededor de 10 litros de líquido al día y 19 litros de  $\text{CO}_2$  por hora por la respiración. Además, el aire se contamina por olores de la cocina, humo, formaldehidos y sustancias o partículas que causan alergias.

En una vivienda sin una adecuada ventilación, todas estas sustancias permanecen y se acumulan en su interior a lo largo del tiempo, causando la proliferación de bacterias, moho y ácaros del polvo, y provocando problemas de salud, como irritación de nariz, garganta y ojos, tos, dolor de cabeza, mucosidad, cansancio o rinitis crónica.

Además, la acumulación de  $\text{CO}_2$  por encima de 1.200 ppm disminuye la capacidad de aprendizaje en un 30%, y aumenta los fallos mecánicos en un 50%, por lo que mantenerse por debajo de los 1.200 ppm



## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

ayuda a mantener las prestaciones personales, por ejemplo, a la hora de hacer deberes en casa.



**Foto 1.1.** Una persona o mascota exhala alrededor de 10 litros de líquido al día.

Airear abriendo las ventanas no es lo mismo que ventilar. Sólo sería efectivo para evacuar aire muy contaminado en un tiempo muy reducido, abriendo en lados opuestos de la vivienda para conseguir una ventilación cruzada, pero con un consumo energético muy alto.

Al abrir sólo una ventana sin ventilación cruzada, la temperatura en el interior baja considerablemente en muy poco tiempo, mientras que la calidad de aire sólo se mejora muy lentamente, provocando un elevado consumo energético que no está equilibrado con el beneficio obtenido. Una ventana abierta 10 cm puede duplicar la demanda de calefacción de una estancia.

### 1.3. ¿Por qué ventilar ahora?

El nivel de aislamientos en España hasta hace muy poco era realmente bajo. Una ventana cerrada no significaba que no entrara aire. Esto provocaba consumos energéticos elevados y discomfort.

Dentro del marco de las nuevas directrices europeas de eficiencia energética, se han de reducir drásticamente los consumos energéticos. El primer paso viene dado por una mejora sustancial de los niveles de aislamiento tanto en muros como en ventanas y cerramientos, evitando que el aire exterior pueda filtrarse en las viviendas como lo hacía antes. Este dato es muy positivo a nivel energético, pero la amenaza más importante de aislar bien una vivienda es que se convierte en una burbuja que acumula sustancias nocivas y acaba no siendo habitable para el humano.

Tenemos que concienciarnos de que aislar mejor aumenta considerablemente el rendimiento energético, pero lleva consigo la necesidad de ventilar.

Antes las viviendas se ventilaban sobradamente por filtraciones o entradas de aire por la mala estanqueidad de ventanas y puertas, de las que no éramos conscientes. Se podría decir que «la mitad de los radiadores de calefacción estaban calentando en el exterior de la vivienda».

Ventilar es necesario, y se ha de realizar de la manera más inteligente posible para aprovechar la ventaja energética que ofrece la mejora de los aislamientos.

#### 1.4. ¿A quién está orientada esta Guía?

Esta Guía está orientada al sector de la vivienda y a todos aquellos profesionales que se enfrenten a los nuevos retos que les plantean las nuevas y cada vez más exigentes normas del Código Técnico de Edificación, en cuanto a la renovación de aire en sus proyectos de viviendas. Y, de una manera especial, para todos los que por encima de cumplir las normativas, buscan una mejora en las prestaciones de sus instalaciones:

- Asesores.
- Prescriptores.
- Instaladores.
- Mantenedores.
- Corporaciones de viviendas y alquiler.
- Conserjes y servicios técnicos.

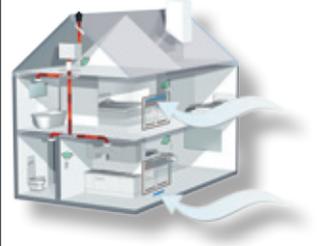
A pesar de que gran parte de las soluciones que se van a ver en esta Guía son también aplicables a colegios, oficinas, residencias o centros de salud, no se profundiza en este tipo de aplicaciones ya que se necesitaría un enfoque diferente, debido a que se ven sujetas a otras normativas.





# 2

## REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS (RITE)



Con la aparición del objetivo europeo del 20/20/20, que consiste en:

1. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20%.
2. Ahorrar el 20% del consumo de energía mediante una mayor eficiencia energética.
3. Incrementar las energías renovables hasta el 20%.

Cada país de la Comunidad Económica Europea ha tenido que trazar su plan de ruta para conseguir estos objetivos o incluso mejorarlos.

Dentro de este marco, en España han aparecido ciertas normativas que marcan los límites en cuanto a la forma y los elementos que deben disponer las nuevas viviendas y las rehabilitaciones, para mejorar la eficiencia y reducir el consumo energético de las mismas.

Una de las exigencias más importantes fue la mejora a aplicar en la calidad de los aislamientos de los edificios, dando lugar a cargas térmicas muy inferiores, pero también a una hermeticidad de las envolventes mucho más alta. Esto crea la necesidad de renovar el aire interior para poder mantener el nivel de salubridad de los espacios interiores de los edificios. A priori, estos dos hechos plantean una contradicción entre evitar la influencia del exterior incrementando los aislamientos e introducir aire del exterior en unas condiciones diferentes a las del interior.

Por este motivo, se refuerza la idea de que la renovación de aire se ha de hacer de una manera inteligente, y que a pesar de que la ventilación de un edificio suponga un consumo de energía, el balance entre la mejora conseguida con los aislamientos y el coste extra por ventilación, arroje un beneficio muy importante con respecto a una vivienda que no disponga de las mismas calidades de construcción y aislamientos.



Pero se ha de tener en cuenta que lo descrito en las normas se ha de tomar como una «base normativa prestacional». Esto quiere decir que los edificios han de alcanzar, como mínimo, lo descrito por las normas, pero que éstas no están cerradas a mejoras, innovaciones o soluciones alternativas, que puedan mejorar los resultados obtenidos a nivel energético por la solución descrita en la normativa.

## 2.1. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)

### 2.1.1. ¿Qué es el RITE?

Tal como definen sus siglas, el RITE es el reglamento que define las exigencias mínimas en las instalaciones térmicas en los edificios, y que viene de la necesidad de transponer la Directiva Europea 2002/91/CE, de eficiencia energética de edificios.

El ámbito de aplicación del RITE son todas las instalaciones térmicas de edificios nuevos y las instalaciones térmicas que se reformen en edificios existentes.

Son consideradas instalaciones térmicas y que quedan dentro del ámbito de aplicación del RITE todas aquellas *«instalaciones fijas de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) y producción de agua caliente sanitaria, destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene de las personas»*.

Dentro del apartado de ventilación se definen los objetivos mínimos de calidad de los espacios interiores en base a la aplicación a la que estén destinados (Tabla 2.1).

**Tabla 2.1.** Clasificación de Calidad de aire interior (RITE).

IDA	CALIDAD	APLICACIONES
IDA 1	ÓPTIMA	Hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías
IDA 2	BUENA	Oficinas, residencias, salas de lectura, museos, aulas y piscinas
IDA 3	MEDIA	Edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles, restaurantes, cafeterías, gimnasios, locales para deporte y salas de ordenadores
IDA 4	BAJA	NO APLICABLE PARA EDIFICIOS DE USO HABITUAL



Por otro lado, se definen los distintos métodos de aplicación en base al objetivo de calidad de aire interior y los distintos métodos de dimensionado de los equipos de ventilación (Tabla 2.2).

**Tabla 2.2.** Métodos de cálculo de ventilación (RITE).

CATEGORÍA CALIDAD DE AIRE	(A)		(B)	(C)	(D)	
	l/s	m <sup>3</sup> /h·persona	dp	ppm CO <sub>2</sub>	l/s·m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup>
IDA 1 ÓPTIMA	20,0	72,0	0,8	+350	No aplicable	
IDA 2 BUENA	12,5	45,0	1,2	+500	0,83	2,99
IDA 3 MEDIA	8,0	28,8	2,0	+800	0,55	1,98
IDA 4 BAJA	5,0	18,0	3,0	+1.200	0,28	1,01

**(A):** Método directo: Caudal del aire exterior por persona.

**(B):** Método directo: Por calidad de aire percibido (decipols)

**(C):** Método directo: Por concentración de CO<sub>2</sub> por encima del aire exterior.

**(D):** Método indirecto: Caudal de aire por unidad de superficie, para locales sin ocupación humana permanente.

**(E):** Método de Dilución: Cuando se conozcan las emisiones de los materiales contaminantes.

## 2.2. Código Técnico (CTE)

### 2.2.1. HS3-Calidad de aire interior

El Código Técnico de la edificación recoge la obligatoriedad de incluir sistemas de renovación de aire: «Los edificios dispondrán de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los edificios, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes».

En el Documento Básico de Higiene y Salubridad HS3 de Calidad de aire interior, se definen las «Exigencias Básicas» que han de cumplir las viviendas en cuanto a los sistemas y caudales de renovación de aire: «Las viviendas deben disponer de un sistema general de ventilación que puede ser híbrida o mecánica».

Además, se define la dirección del movimiento del aire que «debe circular desde los locales secos a los húmedos, para ello los comedores, los dormitorios y las salas de estar deben disponer de aberturas de admisión; los aseos, las cocinas y los cuartos de baño deben disponer



## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

de aberturas de extracción; las particiones situadas entre los locales con admisión y los locales con extracción deben disponer de aberturas de paso».

**Tabla 2.3.** Caudales de ventilación del HS-3 del Código Técnico de la Edificación.

HS-3 Caudales de ventilación mínimos exigidos			
ESTANCIA	l/s	m <sup>3</sup> /h	
Dormitorios	5	18	por ocupante
Salas de estar y comedores	3	10,8	por ocupante
Aseos y baños	15	54	por local
Cocinas	2 50	7,2 180	por m <sup>2</sup> útil (1) por local (2)
Trasteros y zonas comunes	0,7	2,52	por m <sup>2</sup> útil
Aparcamientos y garajes	120	432	por plaza
Almacén de residuos	10	36	por m <sup>2</sup> útil

**(1):** En las cocinas con sistema de cocción por combustión o dotadas de calderas no estancas, este caudal se incrementa en 8 l/s (28 m<sup>3</sup>/h).

**(2):** Caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (extractor propio, campana extractora).

En cada vez más países a nivel europeo se están modificando las normas para calcular los caudales de ventilación en zonas de estar, basándose en caudales por m<sup>2</sup> en vez de por personas, pero fijando unos caudales mínimos y máximos. Con este método se solucionan los problemas prácticos que se dan cuando existen cocinas abiertas al salón o salas de estar de grandes dimensiones con pocos dormitorios.

Se ha de destacar nuevamente que estos datos reflejan las exigencias básicas del RITE y el CTE para alcanzar un mínimo nivel de eficiencia energética del sistema de renovación de aire que se aplique. Pero será responsabilidad del instalador ofrecer otras opciones en cuanto a materiales, sistemas o componentes que mejoren las prestaciones generales de la vivienda, proporcionen caudales de ventilación superiores a los exigidos cuando se desee, o sensores que disminuyan el caudal cuando no se necesite; además de informar al cliente de las mejoras que se pueden alcanzar con los distintos sistemas aplicables, y el balance entre costes y prestaciones de las distintas opciones.

Existen en el mercado sistemas de calidad de aire interior alternativos, como los purificadores o ionizadores. Estos sistemas nacen en Estados Unidos por la problemática que tenían derivada de los grandes siste-

mas de conductos centralizados, que a la larga, estaban convirtiéndose en focos de bacterias, partículas de polvo, ácaros y mohos.

La forma de eliminar todas estas partículas en suspensión era dotándolas de cargas eléctricas que pudieran ser atraídas por cargas de signo contrario o por complejos sistemas de filtrado del aire interior. Sin embargo, aunque se reduzca la cantidad de partículas en suspensión en el aire, no se mejora la calidad del aire en cuanto a la cantidad de oxígeno, humedad y CO<sub>2</sub> presente en el aire.

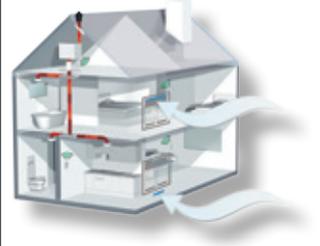
Por lo tanto, estos sistemas no se pueden considerar como métodos de ventilación de espacios interiores en viviendas, y no son indicados para incluir en esta Guía.





# 3

## TIPOS DE SISTEMAS DE RENOVACIÓN DE AIRE Y CARACTERÍSTICAS



A medida que han ido evolucionando los sistemas constructivos y, sobre todo, a nivel de las envolventes y aislamientos, han ido apareciendo sistemas de ventilación que satisficieran las necesidades de calidad de aire en las viviendas.

Hasta el momento actual, y en un futuro muy cercano, el nivel de hermeticidad de las viviendas va alcanzando niveles en los que se hace obligatorio un aporte de aire que asegure una buena calidad de aire interior.

Los sistemas básicos de ventilación están clasificados a nivel internacional de la siguiente manera:

### Ventilación natural:

- Sistema A: Entrada natural y extracción natural.

### Ventilación mecánica:

- Sistema B: Entrada mecánica y extracción natural.
- Sistema C: Entrada natural y extracción mecánica.
- Sistema D: Entrada mecánica y extracción mecánica.
- Sistemas combinados.

### 3.1. Ventilación natural. Sistema A

En los sistemas de ventilación natural sin ventiladores, se utiliza la presión del viento sobre las fachadas y los movimientos de aire por diferencias de temperatura. Este sistema existe en muchas viviendas antiguas, donde el aporte se recibía a través del mal sellado de puertas y



## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

ventanas. En la vivienda moderna ya no se utiliza debido a su desconfort y su elevado consumo energético en calefacción. Además ya no aparece en las nuevas normativas, por lo que no mejora la clasificación energética de los edificios.

El sistema A de ventilación natural toma el aire a través de aberturas regulables en fachada y se extrae por conductos verticales.

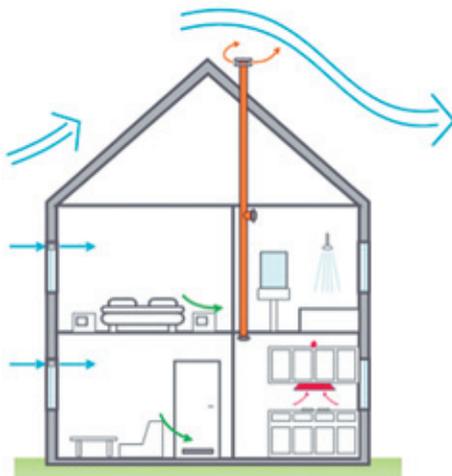


Figura 3.1. Sistema tipo A.

### Ventajas:

- Sistema sencillo.
- No consume electricidad.
- Silencioso, al no tener motores.

### Desventajas:

- Los caudales de aire no están garantizados, dependen de las corrientes térmicas y de la presión del viento de la calle.
- Con viento contra la fachada hay desconfort y demasiado caudal, lo que produce un aumento del consumo energético.
- No dispone de mecanismos de ahorro energético.
- Desconfort en invierno debido a corrientes de aire por diferencias de temperatura.
- Mal aislamiento acústico del exterior.

### 3.2. Ventilación mecánica. Sistema B

En los sistemas de ventilación mecánica se utilizan uno o más ventiladores para realizar la admisión de aire.

Con este sistema de ventilación la admisión de aire se realiza de forma mecánica por medio de un ventilador a través de conductos, mientras que la extracción se produce de forma natural por rejillas en las zonas húmedas.

Es el sistema que se utiliza en los coches, con un ventilador de entrada y extracción por sobrepresión en las rejillas en la parte posterior.



Figura 3.2. Sistema tipo B.

#### Ventajas:

- Se puede controlar mejor la admisión de aire.
- Se puede filtrar el aire exterior.
- Se puede evitar la entrada de ruido de la calle.
- Se puede aplicar algún tipo de control bajo demanda.

#### Desventajas:

- No se le pueden implementar elementos importantes de ahorro energético.
- Se tienen que calcular y equilibrar bien los conductos de admisión de aire y bocas para evitar un nivel sonoro molesto.
- Se debe hacer una limpieza periódica de los conductos de admisión obligatoriamente.



### 3.3 Ventilación mecánica. Sistema C

En este sistema la admisión de aire fresco se realiza a través de rejillas regulables de forma natural o mecánica en fachada.

La extracción del aire sucio se hace por medio de un extractor conectado con conductos a las zonas húmedas (baños, aseos y cocina), por donde se extrae el aire viciado al exterior.

Todavía se utiliza este sistema en viviendas de nueva construcción, y es uno de los sistemas que más se ha instalado en las últimas tres décadas.



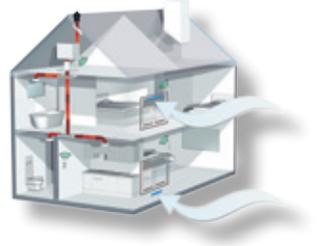
Figura 3.3. Sistema tipo C.

#### Ventajas:

- Sistema bastante sencillo.
- Gracias a la extracción forzada, los caudales necesarios están garantizados.
- Mínimo mantenimiento.

#### Desventajas:

- Se tienen que calcular y equilibrar bien conductos y bocas para evitar un nivel sonoro molesto.
- Con viento contra la fachada hay disconfort y un caudal excesivo que aumenta el consumo energético.
- Se produce disconfort en invierno debido a corrientes de aire por diferencias de temperatura.



- Se le pueden implementar elementos de ahorro energético de forma limitada (comprobar la calidad de aire interior).
- Limitado aislamiento acústico del exterior.

### Mejoras:

Debido a las exigencias en materia de ahorro energético y calidad de aire interior, el sistema C ha evolucionado con nuevos sistemas de control para reducir los puntos negativos:

- Rejillas de admisión pasivas auto-regulables. El mecanismo se activa por la presión del viento en fachada para reducir la sobre-ventilación en caso de viento.
- Rejillas de admisión activas auto-regulables. Limitan el exceso de ventilación por presión de viento en la fachada y regulan el caudal de aire según demanda (por ejemplo, por  $\text{CO}_2$  o por horario).

### Extracción central individualizada:

Dentro del sistema C se puede conseguir un importante ahorro energético mediante un moderno extractor inteligente que cuente con varias bocas de conexión configurables. Estas bocas se conectan a todas las estancias mediante conductos individuales. Se puede elegir qué tipo de sensor instalar para cada estancia ( $\text{CO}_2$ , VOCs o humedad relativa), y cuál será el caudal.

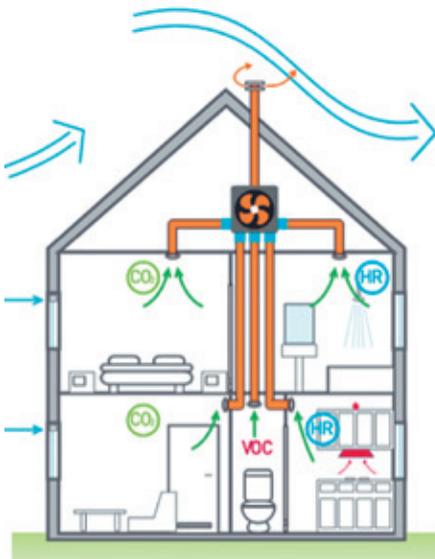


Figura 3.4. Sistema tipo C inteligente.



## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

Estos extractores también tienen la ventaja de incorporar un sistema de auto-equilibrado de la instalación, por lo que el instalador tendrá asegurada la regulación del sistema y los caudales necesarios en cada una de las estancias, además de no necesitar prever abertura de tránsito de aire en las puertas.

Estos extractores ofrecen al sistema de renovación de aire un rendimiento similar a un sistema D descentralizado por fachada con sensores de CO<sub>2</sub> o con un recuperador de calor centralizado.



**Foto 3.1.** Extractor central con válvulas individualizadas por estancia modulantes inteligentes con sensores de CO<sub>2</sub>, VOC o humedad.

### 3.4. Ventilación mecánica. Sistema D

Este sistema tiene la admisión y la extracción mecánica, por lo que los caudales quedan garantizados.

Introducido hace una década, es un sistema relativamente nuevo. Se ha de tener en cuenta el nivel sonoro, que se puede ver influido negativamente por motores de baja calidad, una mala instalación de conductos u otros factores. Prácticamente en todas sus versiones se ofrecen tecnologías para mejorar al máximo la eficiencia energética del sistema. Existen en el mercado varias versiones de este sistema:

- Admisión mecánica centralizada y extracción mecánica centralizada.
- Admisión mecánica descentralizada y extracción mecánica centralizada.
- Admisión mecánica descentralizada y extracción mecánica descentralizada.

### 3.4.1. Admisión mecánica centralizada y extracción mecánica centralizada

El sistema tiene tanto la admisión como la extracción mecánica centralizadas, utilizando una red de conductos por toda la vivienda. Debido a que el aire es extraído e introducido de forma centralizada, los caudales son iguales, por lo que el sistema funciona equilibradamente.

Este sistema permite unificarse en un equipo recuperador de calor compuesto por un intercambiador de calor, filtros de aire, un ventilador para impulsión y otro para extracción. El aire frío del exterior se precalienta por intercambio con el aire que se extrae del interior sin que se mezclen, lo cual reduce la carga de calefacción por ventilación.

Debido al funcionamiento centralizado, la ventilación es permanente en todas las estancias independientemente de su ocupación o calidad de aire.



Figura 3.5. Sistema tipo D centralizado.

#### Ventajas:

- Los caudales están garantizados.
- Con recuperador de calor, la admisión de aire no provoca corrientes de aire.
- Menor sensibilidad del viento contra la fachada.



## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

- Buen rendimiento energético.
- Se puede filtrar el aire de admisión.

### Desventajas:

- Consumo eléctrico de los ventiladores.
- Limpieza obligatoria del sistema de conductos.
- Se tienen que calcular y equilibrar bien los conductos de admisión de aire, de extracción, las bocas y la unidad de recuperación de calor para evitar un nivel sonoro molesto.
- Si no dispone de un bypass puede haber un aumento de la temperatura interior no deseado.
- En caso de temperaturas bajo cero, el intercambiador puede pararse o desviar el caudal por bypass para evitar la formación de hielo, desapareciendo su rendimiento.

Este sistema ha tenido mucha popularidad en países centroeuropeos debido a que en su clima, el rendimiento energético puede ser bastante bueno y evita los puntos negativos del sistema C, siempre y cuando se cumpla con una lista de requisitos muy bien definidos.

Sin embargo, en la práctica se han encontrado bastantes inconvenientes derivados, sobre todo, de la complejidad del diseño y la instalación del sistema, dando lugar a problemas por el nivel sonoro de los ventiladores y las bocas de admisión, de equilibrio de los caudales en la instalación de conductos, y un reducido rendimiento energético cuando la estanqueidad de la vivienda no es elevada.

Hay que prestar especial atención a que en una instalación con conductos por toda la vivienda, las pérdidas de carga pueden ser elevadas en algunos de ellos, por lo que la instalación completa debe ser equilibrada midiendo los caudales mediante el uso de equipos específicos. De lo contrario, la vivienda está expuesta a graves deficiencias de calidad de aire, convirtiéndose en un problema de salud pública, llegando a ser debate parlamentario en algún país europeo.

El sistema está indicado para vivienda de nueva construcción. En rehabilitación su implantación es más difícil debido a la instalación de conductos centralizados a todas las estancias de la vivienda.



### Rendimiento del recuperador de calor:

El rendimiento de los recuperadores de calor viene dado según medidas de laboratorio con cuatro parámetros base, por ejemplo: 18 °C de temperatura interior, 5 °C de temperatura exterior, humedad relativa mínima y un caudal seleccionado de 150 m<sup>3</sup>/h.

En estas condiciones óptimas, se pueden obtener resultados en algunos equipos superiores al 90%. La variación en cualquiera de los parámetros disminuirá el rendimiento de los mismos.

Esta condición ha de tenerse en cuenta en el cálculo de las cargas térmicas por ventilación para compensar la entrada de aire frío, ya que el rendimiento estacional puede ser inferior al 40%.

### 3.4.2. Admisión mecánica descentralizada y extracción mecánica centralizada

Este es un nuevo sistema que aprovecha las ventajas de los sistemas C y D, reduciendo las desventajas de ambos. El sistema dispone de distintas unidades de admisión mecánicas descentralizadas sin necesidad de conductos, que están físicamente separadas de una unidad centralizada de extracción.

Las unidades de admisión de aire tienen que estar en la pared de fachada y pueden ser independientes o estar integradas en un radiador o fancoil.

La extracción es centralizada desde las zonas húmedas (baño, aseo y cocina).

Para conseguir un alto rendimiento energético se puede regular el sistema, instalando sensores de CO<sub>2</sub> en las estancias con aporte de aire exterior y sensor de humedad en la extracción centralizada.

El sistema no recupera el calor de extracción, pero compensa por la facilidad de realizar un control bajo demanda inteligente que reduce el volumen total de renovación de aire.



Figura 3.6. Sistema tipo D con admisión descentralizada.

#### Ventajas:

- Los caudales necesarios están siempre garantizados.
- No requiere conductos de admisión de aire.
- Se puede filtrar el aire de admisión.
- Mínimo mantenimiento.
- Fácil instalación en rehabilitación.
- Se puede instalar en zonas con elevado ruido exterior.
- *Night cooling* muy eficiente (refrescamiento nocturno). El sistema D centralizado también tiene la posibilidad, pero es menos eficiente.
- Buen rendimiento energético.

#### Desventajas:

- Hay que integrar las perforaciones en fachada con el diseño de la vivienda.
- Hay que prever conexión eléctrica cercana a cada unidad de ventilación.

El sistema garantiza el caudal de aire necesario en cada estancia y no requiere equilibrado del aporte por parte del instalador, ya que es descentralizado sin conductos y cada unidad cuenta con su propio sensor de CO<sub>2</sub>.

Debido a su sencillez, es aplicable tanto en vivienda nueva como en rehabilitación.

En viviendas que no disfruten de un buen nivel de estanqueidad, este sistema reduce más el caudal que aportan las unidades de ventilación, ya que se verá reducido en la medida que existan infiltraciones de aire no controladas.

Probablemente es el sistema más apropiado para evitar que los dormitorios tengan demasiada temperatura, incluso en invierno, manteniendo una buena calidad de sueño.

Debido a los sistemas de calefacción de alta inercia que tienen reacciones muy lentas a la regulación, puede ser necesario un aporte extra de aire fresco que ayude a bajar la temperatura de los dormitorios por la noche.

En este caso, se aumentará el caudal de aire fresco de forma manual por encima de la demanda que indica el sensor de CO<sub>2</sub>.

### 3.4.3. Admisión mecánica descentralizada y extracción mecánica descentralizada

Otra variante sobre la ventilación mecánica centralizada es la ventilación mecánica descentralizada con recuperador de calor. Cada unidad de ventilación, compuesta por dos ventiladores y recuperador de calor, está montada en la pared de fachada de cada uno de los espacios habitados.

Esta unidad de ventilación de aire puede ser independiente o estar integrada en un radiador o fancoil.



**Foto 3.2.** Sistema de ventilación con aporte y extracción de aire descentralizado con recuperador de calor, sensor de CO<sub>2</sub> y sensor de humedad.





## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

El sistema permite con facilidad una regulación por demanda: contiene un sensor de CO<sub>2</sub> y otro sensor de humedad que determinan la necesidad de caudal de la estancia donde esté instalado en cada momento.

Debido a que el aire es extraído e introducido por la unidad en la misma estancia, los caudales son iguales, por lo que el sistema está equilibrado.

En el caso de instalación en salón y dormitorios, la extracción en las zonas húmedas necesita una especial atención. Habrá que prever admisión de aire para el baño, puesto que este aire no se conseguirá a través de las zonas de estar. Por lo tanto, la extracción por las zonas húmedas puede bajar a un caudal mínimo, puesto que no es necesario calcular el caudal de extracción de salón y dormitorio.

El caudal necesario para el baño sólo aumentará mediante la señal de un sensor de presencia o un sensor de humedad, para extraer mayor caudal cuando haya ocupantes que puedan estar utilizando, por ejemplo, espráis.

En viviendas con un nivel medio de estanqueidad, la admisión vendrá de las infiltraciones de aire.

En la práctica, este sistema principalmente se utiliza de forma combinada con otros sistemas de ventilación (ver apartado 5).

### **Ventajas:**

- Los caudales necesarios están siempre garantizados.
- No provoca corrientes de aire.
- No requiere conductos de admisión de aire.
- Se puede filtrar el aire de admisión.
- Fácil instalación en rehabilitación.
- Buen rendimiento energético.

### **Desventajas:**

- Consumo eléctrico de los ventiladores.
- Para las zonas húmedas se requiere un sistema de extracción adicional.

- Si no dispone de un *bypass*, en los meses que no es necesaria la calefacción puede haber un aumento de la temperatura interior no deseada, sobre todo en dormitorios.

Debido a su sencillez, es aplicable tanto en vivienda nueva como en rehabilitación.

### 3.5. Ventilación mecánica. Combinación de sistemas

En la práctica existe la posibilidad de buscar la mejor solución para un proyecto haciendo combinaciones de los distintos sistemas que pueden ser perfectamente válidos.

La combinación entre el sistema C y D es la más habitual. En este caso, se puede dar más confort y ahorro energético en el salón, instalando, por ejemplo, un recuperador de calor descentralizado (ver apartado 4.3), y en los dormitorios rejillas de ventilación pasivas o unidades de renovación de aire descentralizadas por fachada con sensor de CO<sub>2</sub>.



Figura 3.7. Sistema combinado.



# 4

## ASPECTOS QUE DEFINEN LA CALIDAD DE LA VENTILACIÓN



La valoración de un sistema de renovación de aire depende de distintos factores que, en conjunto, definirán el rendimiento real del mismo.

Se han concretado en estos tres aspectos generales:

- **Clima interior**, las condiciones ambientales en las que se van a encontrar las personas que se encuentren dentro del edificio y su percepción. Éste, a su vez, depende de distintos factores que influyen en el estado de confort de las personas.
- **Nivel de ahorro energético**, las características técnicas y cualitativas del sistema que definan la eficiencia energética y el consumo que se producirá a consecuencia de su funcionamiento.
- **Nivel de regulación**, el sistema de regulación forma una parte importante del punto anterior, pero de tal importancia que merece un tratamiento independiente, ya que será uno de los factores que más influencia tendrá sobre el consumo energético de la vivienda.

### 4.1. Clima interior

El clima interior depende de cuatro factores principales que interactúan entre ellos y demuestran que, para obtener un edificio adecuado, el proyectista debe tener en cuenta todos ellos de una manera equilibrada.



Figura 4.1. Variables que influyen en la calidad de aire interior.

#### 4.1.1. Calidad de aire interior (CAI)

Hay tres factores que influyen en la calidad de aire interior:

- Sustancias químicas ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{NO}_2$ , formaldehidos, Radón, hidrocarburos aromáticos, etc.).
- Partículas en suspensión (polvo, amianto, lana de roca, fibra de vidrio, etc.).
- Microorganismos (ácaros, esporas de hongos, polen, olores corporales, bacterias, etc.).

Todos estos productos se encuentran en las viviendas provenientes del tráfico, materiales de construcción y aislamientos, mobiliario, impresoras, detergentes, plásticos, cosméticos, malas combustiones, plantas y por los propios usuarios de las mismas.

Se puede observar que gran parte de los contaminantes dentro de una vivienda se producen en el interior de la misma.

En una vivienda bien aislada y, por consiguiente, energéticamente eficiente, todos estos contaminantes se quedan en el interior. Por este motivo, la ventilación cobra una vital importancia en la vivienda actual.

#### Nivel de VOC

Bajo la denominación de VOC (Compuestos Orgánicos Volátiles) existe un gran abanico de sustancias que se consideran contaminantes y



que provienen tanto de mobiliario y materiales de construcción como de la ropa o productos de limpieza.

En la última década se ha observado un incremento en las concentraciones de VOC en las viviendas, debido a la importación masiva desde países en los que no existe una legislación estricta sobre el uso de sustancias contaminantes en la fabricación de productos.

La composición puede variar incluso a lo largo del día, y es difícil delimitar unos valores máximos aconsejables en una vivienda, sobre todo, cuando la percepción de los mismos es, en la mayoría de los casos, subjetiva. Se podría considerar que un valor por debajo de 300 mg/m<sup>3</sup> debería ser suficiente para reducir las quejas por calidad de aire interior.

### Nivel de CO<sub>2</sub>

El nivel de CO<sub>2</sub> es un índice importante para identificar la calidad de aire interior. Un nivel de 1.200 ppm de CO<sub>2</sub> debería ser el máximo para evitar influencias negativas sobre la salud, además de ser un buen referente sobre otros valores, como los Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC), que evolucionan de forma paralela y que afectan a la sensación olfativa. Sin embargo, el objetivo para una adecuada calidad de aire debería establecerse entre 1.000 y 1.200 ppm de CO<sub>2</sub>.

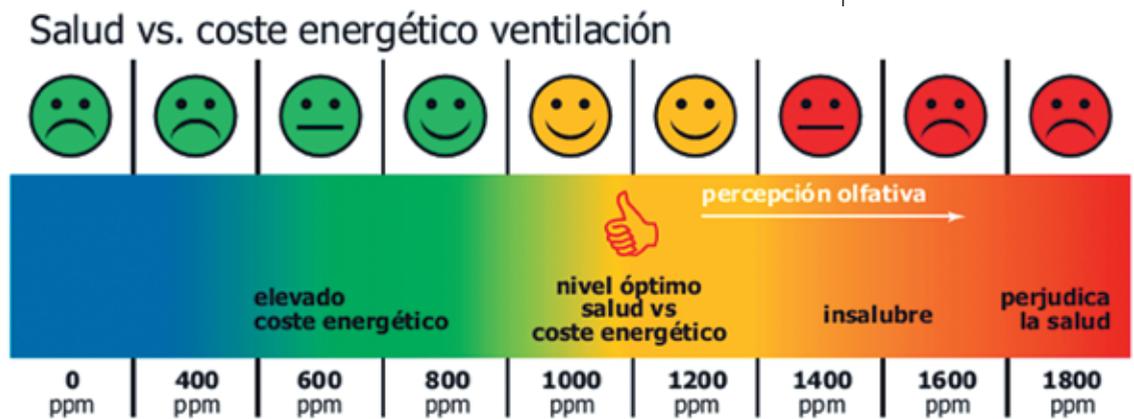


Figura 4.2. Equilibrio entre consumo energético absorbido por la ventilación y salubridad del aire interior.



## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

En una vivienda también hay una gran producción de humedad proveniente de la ducha, cocina y secado de ropa. Además, tanto para calentar como para enfriar aire húmedo hace falta más energía, por lo que supone un consumo extra en climatización.

Para evitar todos aquellos problemas que el exceso de humedad pueda conllevar, es necesario extraer el aire húmedo, y realizarlo desde las zonas donde exista mayor producción de humedad para evitar que se expanda hacia otras zonas de la vivienda.

En la cocina se utiliza una campana de extracción para eliminar humedad, olores y sustancias que emanan de la misma, pero, además, es necesaria una extracción para controlar la calidad del aire.

En los baños es aconsejable instalar sistemas de extracción auto-regulables con sensor de humedad. El extractor aumentará el caudal en los momentos en los que el sensor detecte incrementos en la humedad relativa, por ejemplo, cuando una persona se esté duchando.

### ***¿Es necesario mantener el caudal mínimo exigido para una buena calidad de aire?***

La normativa tiene una exigencia mínima de caudales de ventilación. Sin embargo, en la práctica es posible reducir estos caudales mínimos manteniendo una buena calidad de aire aplicando sistemas de regulación bajo demanda, o también mediante un control manual para poder bajar el régimen de la ventilación cuando no haya ocupación o ésta sea muy baja.

Actualmente, en el mercado existen distintos productos que reducen sus caudales mediante la información obtenida de sensores de CO<sub>2</sub> (por ejemplo, en salones y dormitorios), VOCs (por ejemplo, en aseos) o humedad (por ejemplo, en baños y cocinas).

No obstante, todos estos sistemas modulantes de manera inteligente, han de ser capaces de cumplir con los requerimientos mínimos que marca el Código Técnico de Edificación (ver tabla 2.3).

### **Dilución del aire de extracción**

Un detalle importante a controlar en una instalación de renovación de aire en una vivienda, es que la entrada de aire no se pueda ver influenciada por la proximidad de una salida contaminada, tanto de extracción de la propia vivienda como de posibles gases de combustión, aireadores de alcantarillado o humos de cocinas. Ha de tenerse especial cuidado en casas adosadas o pareadas, en las que las instalaciones pueden tener muy cerca salidas de la vivienda contigua de gases de combustión de caldera o chimenea.

En el HS del RITE se pueden encontrar las medidas mínimas a considerar en diferentes configuraciones de las tomas y puntos de extracción en un sistema de ventilación.

#### **4.1.2. Confort térmico**

El confort térmico interior comprende todos los parámetros que influyen en la sensación térmica de una persona. Éste se puede diferenciar en dos tipos:

- Confort térmico general (sensación térmica).
- Confort térmico local.

El confort térmico general se determina por la temperatura del aire, la temperatura media de radiación, la humedad del aire, la velocidad de aire, el metabolismo (nivel de actividad de las personas) y la vestimenta utilizada.

El confort térmico local viene dado por las pérdidas de confort debidas a sensaciones de calentamiento o enfriamiento demasiado elevados de una parte del cuerpo debido a corrientes de aire, asimetrías de radiación de frío (por ejemplo, un ventanal de cristal) o de calor (por ejemplo, una fuente de calor), y elevada estratificación en la temperatura del aire entre el suelo y techo.





## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

La admisión de aire genera una cierta velocidad de aire en la zona de ocupación.

Se define como zona ocupada el espacio interior de una estancia y que se comprende entre los planos paralelos a:

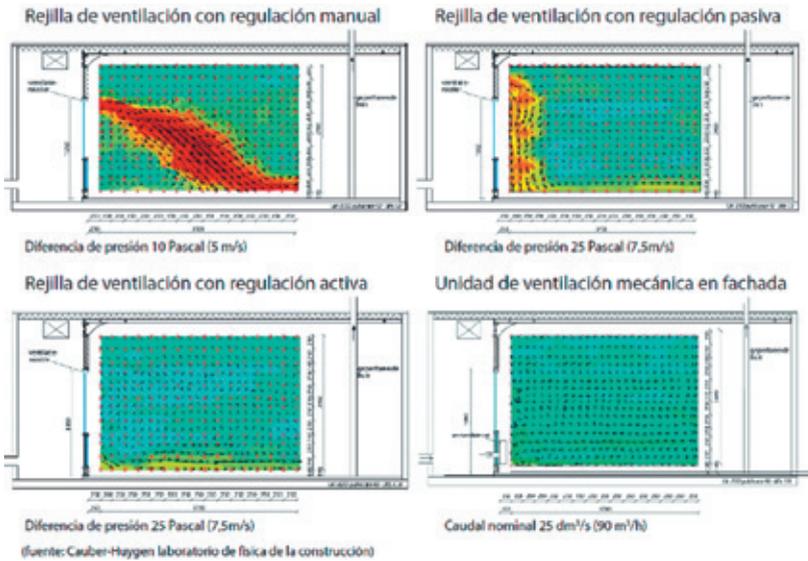
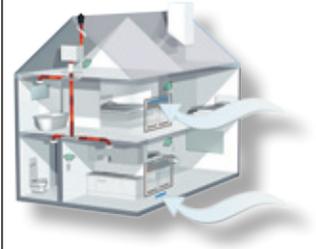
- 1 metro de la fachada.
- 0,5 metros de las paredes interiores.
- 2 metros del suelo para personas de pie.

Las rejillas de admisión natural de aire en fachada deberían estar, como mínimo, a 1,8 m de altura sobre el suelo para evitar problemas de confort. Además, deben disponer de algún dispositivo de control para evitar el disconfort por presiones elevadas en fachada por viento.

En realidad, sí se pueden tener aplicaciones con la entrada de aire a cualquier altura, siempre y cuando se cumplan los requisitos mínimos de velocidad de aire y confort en la zona ocupada. En la práctica, existen sistemas de admisión de aire modernos con el aporte de aire inferior a 1,8 metros, cuyo confort térmico se ha demostrado que se pueden aplicar perfectamente. Por ejemplo, las unidades de ventilación mecánicas descentralizadas que pueden combinarse con un emisor o radiador de bajo contenido de agua, tipo convector, con suelo radiante o incluso un sistema de aire acondicionado por conductos, ofreciendo mayor confort.

### **Estudios de confort**

El Organismo de Investigación de la Industria de Holanda, TNO, conjuntamente con la ingeniería Cauberg&Huygen, ha investigado la diferencia en confort entre distintos tipos de rejillas de ventilación en ventanas a más de 1,8 metros de altura frente a unidades mecánicas de admisión de aire en fachada descentralizadas a  $\pm 50$  cm de altura.



**Figura 4.3.** Estudio en cámara climática del confort térmico para ventilación con admisión de aire descentralizada y calefacción a baja temperatura.

**Tabla 4.1.** Porcentaje del espacio de ocupación con velocidad del aire inferior a 0,2 m/s con distintos sistemas de ventilación.

Tipo de Rejilla		Rejilla Standard	Rejilla Pasiva autoregulable	Rejilla Activa autoregulable	Unidad ventilación mecánica en fachada		
Presión de aire (viento)		10 Pa	10 Pa	25 Pa	10 Pa 25 Pa		
Caudal					90 m <sup>3</sup> /h		
Velocidad de aire	Menos de 0,2 m/s	32%	76%	81%	87%	88%	94%
	0,20 - 0,24 m/s	12%	7%	2%	6%	5%	3%
	> 0,24 m/s	56%	17%	17%	7%	7%	3%

**Nota:** La unidad de ventilación mecánica en fachada se ha medido sin radiador de baja temperatura incorporado evitando el confort que se podría obtener por ello.

El objetivo de cualquier sistema es mantener la velocidad del aire en la zona ocupada por debajo de 0,2 m/s. Se pueden observar diferencias importantes entre los distintos sistemas de ventilación, obteniendo resultados que van desde el 32% hasta el 94% de la zona de ocupación dentro del nivel de confort dependiendo del sistema seleccionado.

Se demuestra, por tanto, que se puede realizar admisión de aire a menos de 1,80 metros de altura consiguiendo mayor confort, mientras sean equipos adecuados y comprobados en un estudio de confort.



### **Situación en invierno**

Con temperaturas de admisión de aire bajas, el movimiento de aire en la zona ocupada se percibe como corrientes de aire.

Con rejillas de ventilación de aire en las ventanas, se ha de diseñar bien su capacidad y tiene que haber dispositivos para poder minimizar el caudal.

Con unidades de renovación de aire descentralizadas (sistema D), tiene que haber aberturas de aporte de aire con una alta inducción que impulsan a una temperatura de aproximadamente 17 °C, por lo que no hará falta precalentamiento.

Con sistema D descentralizado en fachada con recuperador de calor, el aire es dirigido hacia arriba y a aproximadamente 17 °C, por lo que no hará falta precalentarlo. Además, esta versión suele estar integrada en un radiador, por lo que se optimiza su confort.

Un sistema D con una unidad de renovación de aire mecánica en fachada lanza el aire hacia arriba mezclándose con el aire interior. Además, suele estar integrado dentro de un radiador, por lo que se optimiza su confort.

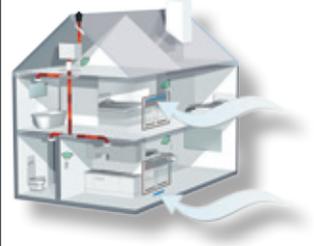
### **Situación en verano**

Los sistemas de renovación de aire mecánicos permiten que en verano, o en temporadas intermedias, se pueda aprovechar la menor temperatura nocturna exterior para bajar la temperatura interior (*night cooling*).

Este método aporta dos grandes ventajas:

- Refrescar la inercia térmica del edificio con un coste energético mínimo.
- Retrasar la puesta en marcha de los sistemas de refrigeración.

Con rejillas de ventilación de aire en las ventanas, éstas no se pueden abrir más que la dimensión instalada para realizar la renovación de aire. Se puede mejorar la temperatura interior aumentando al máximo el caudal del extractor.



En el sistema D con recuperador de calor centralizado se activa el bypass para que pase el aire nocturno exterior más fresco directamente a la casa, haciéndolo funcionar al caudal máximo. El aire entrante primero pasará por los conductos que están influenciados por la propia inercia térmica del edificio, y podría afectar a la temperatura del aire que llega a las estancias reduciendo su efectividad.

El sistema con recuperador de calor descentralizado en fachada no suele tener bypass, por lo que el aire entrante será precalentado con el aire más caliente de la vivienda, no siendo ideal para *night cooling*.

Las unidades de renovación de aire mecánicas en fachada pueden aumentar el caudal de forma manual hasta casi el 100% de su capacidad, por ejemplo 200 m<sup>3</sup>/h por unidad, dando el mayor caudal de aire fresco a la casa de todos los sistemas. Simultáneamente se puede aumentar también al máximo el caudal del extractor consiguiendo un alto rendimiento del *night cooling*.

### 4.1.3. Nivel sonoro

El ruido, junto con las corrientes de aire, es uno de los dos puntos sobre los que se reciben mayor número de quejas de los usuarios de sistemas de renovación de aire.

El ruido en el interior de la vivienda puede provenir de las instalaciones propias de la vivienda o de la calle a través de las rejillas de ventilación. En una vivienda bien aislada, el ruido exterior se ve atenuado. Por este motivo, hay una mayor percepción del ruido de las instalaciones interiores.

Así, al diseñar un sistema de ventilación es importante evitar los ruidos producidos por las instalaciones (velocidad de aire en conductos, diámetros de conductos, ruido de ventiladores, efecto Venturi) y la entrada de ruido de la calle a través del sistema de renovación de aire.

Actualmente, las exigencias máximas de ruido en las normativas no son muy altas, ya que provienen de 2007. En breve se publicarán nuevas directrices europeas con el objetivo de establecer la potencia sonora máxima en una vivienda en 35 dB(A). Este nivel será el mínimo exigible, quedando a discreción de cada país reducir dicho límite. En algunos países europeos ya se han reducido estos niveles a 30 dB(A)



en zonas comunes de la vivienda y 25 dB(A) en dormitorios debido a las numerosas quejas de los usuarios sobre los sistemas de ventilación.

Por tanto, queda al criterio del usuario, junto con el técnico o instalador, la selección del sistema y el fabricante según el nivel de exigencia en cuanto al nivel sonoro que se desee aplicar a la instalación.

### **Interpretación de los datos de nivel sonoro indicados por los fabricantes**

Una correcta interpretación de los valores reflejados en las fichas técnicas de los productos evitará resultados inesperados o desagradables una vez instalados los equipos.

Para evitar estos problemas habrá que tener en cuenta algunas consideraciones:

#### **1. Distancia de medición en campo abierto entre la fuente de ruido y el equipo de medición.**

No es lo mismo si el fabricante ha realizado la medición a 1 metro o a 5 metros de la fuente de ruido. Pueden existir diferencias de hasta 15 dB(A) en el mismo equipo. En la Tabla 4.2 se puede apreciar la diferencia entre la potencia sonora y el nivel sonoro a distintas distancias de medición.

**Tabla 4.2.** Reducción de la presión sonora de un equipo según la distancia a la que se realice la medición.

Distancia de medición en metros	1	2	3	4	5	6
Reducción en dB(A)	-10	-17	-20	-23	-25	-27

#### **2. El espacio en el que se realiza la prueba.**

El fabricante ha de indicar el volumen de la estancia en la que se realiza la prueba o si ésta se realiza en campo abierto, y el tiempo de reverberación de dicha estancia. Entre un dormitorio de 12 m<sup>2</sup> a una sala de 52 m<sup>2</sup> pueden haber diferencias superiores a 4 dB(A).

#### **3. El régimen del motor al que se realiza la prueba.**

Si se realiza una prueba sobre un equipo modulante ha de proporcionarse la curva de los niveles sonoros desde el mínimo hasta el máximo, o al menos al máximo régimen nominal del equipo.



#### 4. La diferencia entre potencia sonora y presión sonora.

El valor de la potencia sonora siempre es mayor que el de la presión sonora. La presión sonora se mide en una estancia con elementos acústicos, a criterio del medidor de la prueba, que reducen el nivel sonoro real. Por eso es importante que el técnico de la instalación, que es el que informa al usuario final, compruebe en qué tipo de estancia acústica está medido.

La potencia sonora está medida en una estancia vacía reverberante con ausencia de elementos acústicos. Aquí las mediciones de todos los fabricantes son iguales. El responsable del nivel sonoro en una instalación sólo puede hacer cálculos de cómo se va a comportar un equipo en la instalación de una obra con los datos de la potencia sonora.

#### **Origen del ruido en el sistema de ventilación**

Por el mero hecho de estar en funcionamiento, una instalación de ventilación produce un determinado nivel sonoro que es producido por:

1. Ruido directo del equipo.
2. Ruido por vibraciones de motores y ventiladores.
3. Ruido por el paso de aire a través de conductos, curvas y bocas.
4. Por transmisión de voz.

#### **Medidas para reducir el ruido de una instalación de ventilación**

Teniendo en cuenta cuáles son los posibles focos, habrá que tomar las medidas oportunas durante la instalación con el objetivo de que las emisiones sonoras estén dentro de las normativas y no provoquen quejas de los usuarios:

##### **1. Medidas para reducir el ruido directo de los equipos.**

Una unidad centralizada de ventilación provoca ruido por el movimiento de aire y el motor. Es importante seleccionar un equipo cuya calidad pueda ayudar a conseguir un bajo nivel sonoro.

Para evitar molestias, los extractores deben instalarse en un espacio cerrado pero accesible (despensa, sala de caldera, lavadero o des-



ván, etc.), evitando su instalación en zonas comunes o que puedan transmitir el ruido a otras estancias (pasillos o huecos de escalera).

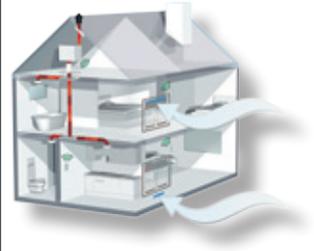
También pueden ser necesarias medidas de reducción de sonido a través de los conductos mediante silenciadores en los conductos.

## 2. Medidas para reducir el ruido por vibraciones de los motores y ventiladores.

- Cuando el montaje se haga sobre pared, suelo o techo, la superficie debe tener una masa de, al menos,  $200 \text{ kg/m}^2$ . Se debe evitar anclar sobre paredes de cartón/yeso.
- En el caso de ser una instalación colectiva con montaje a suelo, la masa mínima será de  $400 \text{ kg/m}^2$ .
- En construcciones de madera, se ha de reforzar la zona de anclaje para reducir la transmisión del ruido.
- Conectar los conductos a la unidad con un manguito flexible para evitar la transmisión de vibraciones (salvo equipos que dispongan de sistemas de amortiguación interna).

## 3. Medidas para reducir el ruido por el paso de aire a través de conductos, curvas y bocas.

- La velocidad máxima del aire en las derivaciones de los conductos a las bocas debe ser de  $3 \text{ m/s}$  en la velocidad más alta del ventilador.
- Para unidades mecánicas de admisión de aire en fachada, utilizar tubo de  $\text{Ø}125 \text{ mm}$ .
- Con extracción mecánica, la velocidad máxima de aire a caudal nominal en los conductos principales de  $\text{Ø}125 \text{ mm}$  debe ser de  $5 \text{ m/s}$ .
- Para admisión y extracción mecánica, en los conductos principales de  $\text{Ø}150 \text{ mm}$  la velocidad máxima de aire ha de ser de  $4 \text{ m/s}$  a caudal nominal.
- Utilizar preferentemente tubos circulares, ya que originan menos turbulencias.
- Evitar curvas pronunciadas e intentar utilizar curvas de  $45^\circ$  cuando sea posible.
- Utilizar curvas con el interior liso.



- Evitar el uso de tubo flexible. En el caso de tener que utilizarlo para embocar una toma difícil de encarar, hacerlo estirado al máximo para que la superficie interior sea lo más lisa posible.
- Dimensionar los conductos y bocas para que el caudal esté equilibrado en toda la instalación.
- Sellar los conductos con cinta adhesiva en las uniones.
- Seleccionar adecuadamente las bocas de aire.
- Existe la posibilidad de añadir elementos absorbentes de ruido (silenciadores).

#### 4. Medidas para reducir el ruido por transmisión de voz.

El paso de conductos por tabiques entre dos estancias puede crear un puente acústico que permita la fuga de ruido entre dos estancias debido a una inadecuada instalación del paso de los conductos por la vivienda. Esto se puede evitar sellando los espacios libres entre los conductos y los tabiques utilizando espuma de poliuretano o pasamuros de goma.



**Foto 4.1.** Inadecuado acabado contra el ruido de transmisión de voz.

La ventilación sólo por medio de un extractor (sistema C) es menos sensible a este fenómeno, ya que las bocas sólo se encuentran en las zonas húmedas.

Si hubiera un problema de transmisión de voz por el conducto, hay soluciones en el mercado, como silenciadores de transmisión de voz, que se introducen dentro de un conducto de  $\varnothing 125$  mm justo antes de la boca de aire.

En edificios de varias viviendas, puede haber conductos de extracción comunitarios que pueden transmitir la voz entre distintas vivien-



das. Se deben tomar medidas para evitar la transmisión de voz a través del sistema de ventilación.

### **Soluciones para la reducción de sonido**

Para reducir la transmisión del ruido por conductos existen distintas soluciones. Los principales tipos silenciadores para conductos son:

- **Silenciador flexible**

El silenciador flexible dispone en su interior de lana mineral para hacer la atenuación del ruido. Se tiene que montar sólidamente y su eficacia es menor en bajas frecuencias.

Con diámetros grandes disminuye su rendimiento, por lo que, en general, se recomienda instalar hasta  $\varnothing 150$  mm. No se puede utilizar como curva de la instalación.

Debe ser fácilmente accesible para mantenimiento y sustitución cuando esté sucio.

- **Silenciador circular**

El silenciador circular dispone de conductos interior y exterior de metal con un núcleo interior de material absorbente.



Foto 4.2. Tipos de silenciadores acústicos para tubos de ventilación.

#### **4.1.4. Estanqueidad a infiltraciones de aire de la vivienda**

La estanqueidad y la permeabilidad al aire indican la pérdida de volumen de aire a través de la envolvente del edificio. Ambos conceptos son opuestos.

En la normativa se utiliza el concepto de permeabilidad y exige limitaciones a las infiltraciones de aire. Estas exigencias tienen como objeti-



vo limitar las pérdidas de energía y evitar la entrada de aire húmedo procedente, por ejemplo, de sótanos.

En la práctica, es el concepto de estanqueidad el que tiene un uso más directo. Las mejoras en las exigencias de calidad en la estanqueidad vienen dadas por los objetivos de mejora en el rendimiento energético de las viviendas.

Pero siempre hay que garantizar una permeabilidad mínima que evite problemas como humedades intersticiales, y garantizar un mínimo en caso de avería del sistema de ventilación.

Las normativas indican una máxima permeabilidad permitida en las zonas de ocupación de la vivienda. Por supuesto, lo que le interesa al ocupante es reducir la permeabilidad para reducir el consumo de energía y ahorrar en sus gastos mensuales.

Se pueden evitar filtraciones no deseadas en:

- Los puntos móviles de puertas y ventanas.
- Intersección entre fachada y tejado.
- Sellado de juntas entre ventanas y fachada.
- El buzón.
- Por debajo de la puertas exteriores.
- Cajas de enchufes e interruptores.

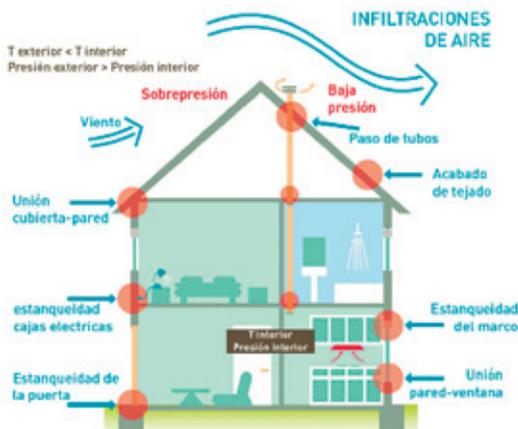


Figura 4.4. Puntos sensibles de sufrir infiltraciones de aire en una vivienda.



### Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

Además, en viviendas con un sótano o forjado sanitario, es importante limitar la permeabilidad y sellar alrededor de tubos y desagües en baños y cocina, para evitar la entrada de humedad a la zona ocupada.

En los nuevos sistemas con control bajo demanda por calidad de aire interior, por ejemplo por sensores  $\text{CO}_2$  descentralizados, el caudal aportado disminuye en la medida que existan infiltraciones de aire no controladas. De esta manera se reduce el consumo de energía en calefacción y el consumo eléctrico de los ventiladores. Con recuperador de calor centralizado (sistema D), al ser un caudal constante, es más importante tener el mínimo de infiltraciones posible (aproximándose al máximo al estándar Passive Haus).

Al usuario le conviene limitar las infiltraciones de aire por razones de confort y por pérdidas de energía por ventilación no deseada. La hermeticidad al paso de aire se puede determinar con la ayuda de una prueba llamada *blower door test*, que calcula la estanqueidad de una vivienda a través de un ventilador montado en la puerta.

En pruebas realizadas en viviendas supuestamente bien construidas, simulando una presión exterior equivalente a fuerza 5, se han obtenido como resultado pérdidas superiores a nueve renovaciones por hora. Esto significa que habrá pérdidas de energía muy importantes. El objetivo que se va a marcar a nivel europeo será de una renovación por hora.



Foto 4.3. Blower Door Test.



## 4.2. Nivel de ahorro energético

Ventilar cuesta energía debido al consumo de los ventiladores del sistema de ventilación mecánica y por tener que atemperar el aire fresco que entra desde el exterior en la vivienda. Existen múltiples sistemas de renovación de aire, pero cada uno tiene unas características y alcanza una eficiencia energética.

Hay unas pautas que minimizan el consumo de energía de la ventilación:

- Reducir el caudal de aire de ventilación, mientras se garantiza la salud de las personas y la vivienda (ver sistemas con control de demanda por CO<sub>2</sub>, VOC, sensores de presencia, tiempo u otro tipo de control).
- Sistemas que recuperan energía del aire extraído.
- Aplicar ventiladores con motores de muy bajo consumo eléctrico.
- Montar los conductos con una buena planificación: diámetros amplios, evitando al máximo las curvas y conductos individuales por zona al colector del extractor.

Con conductos de diámetro reducidos y muchas curvas, el ventilador tendrá más resistencia para mover el aire (pérdida de carga) y se producirá más consumo eléctrico para mover la misma cantidad de aire (además del aumento del nivel sonoro).

Es importante que el instalador / técnico de la instalación, antes de empezar con la instalación, invierta tiempo en analizar a fondo la instalación y encontrar el camino más sencillo para canalizar el aire. Una instalación final «sencilla y lógica» refleja un buen nivel profesional del técnico.

### 4.2.1. Nuevas tecnologías

Los fabricantes buscan sistemas innovadores que garanticen la calidad de aire con el menor consumo energético, tanto en calefacción (reduciendo el aire que se aporta a la vivienda, los radiadores necesitan calentar menos para compensar la entrada de frío), como en electricidad (motores más eficientes).

La normativa establece una base de calidad y prestaciones sobre cómo aplicar sistemas estándares, como las rejillas de aire en ventanas para viviendas y el recuperador de calor. Para poder aplicar sistemas innovadores, las ingenierías han de justificar que se mejoran las mínimas prestaciones a nivel energético de los sistemas descritos en la normativa.



## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

Por parte de los fabricantes, pueden facilitar este proceso con la redacción de un Documento Reconocido sobre el sistema innovador. Estos documentos contienen una apreciación técnica favorable de la idoneidad de empleo en edificación y/u obra civil de materiales, sistemas o procedimientos constructivos no tradicionales o innovadores. En España existen dos Documentos Reconocidos:

- DIT - Documento de Idoneidad Técnica, que otorga el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.
- DAU - Documento de Adecuación al Uso, que otorga el ITEC (Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya).

En breve, se espera que, al igual que en otros países a nivel europeo, cada sistema de renovación de aire disponga de una puntuación que pueda influir sobre la calificación energética de una vivienda.

### 4.3. Nivel de regulación

Todos los sistemas de ventilación deben tener dispositivos para poder influir sobre el caudal de ventilación, pero no se puede cerrar la ventilación en su totalidad, es decir, siempre debe haber un caudal mínimo de renovación de aire que permita eliminar las emisiones propias de la vivienda, provenientes de pinturas, telas, detergentes y otros, además de evitar la aparición de mohos.

#### 4.3.1. Admisión de aire natural por rejillas en las ventanas

Los sistemas de admisión de aire natural por rejillas en las ventanas disponen de una regulación básica que debe cumplir los siguientes puntos:

- Posibilidad de regulación entre el 75% y el 100% del caudal máximo.
- La posición «0» deja pasar hasta el 10% del caudal.
- Además de la posición «0», deben haber al menos 2 posiciones con una diferencia de un 10% entre sí.
- Las rejillas de ventilación auto-regulables, con presiones entre 1 Pa y 25 Pa, no tendrán una reducción del caudal mayor del 20% de su capacidad nominal.
- Las rejillas de tránsito, montadas en las puertas interiores, no deben tener regulación.



### 4.3.2. Regulación de extractores y sistemas mecánicos

Existen varias maneras de regular un sistema de renovación de aire mecánico. Se trata de ajustar las necesidades de caudal de aire sobre el extractor centralizado, las unidades de renovación de aire mecánicas descentralizadas en fachada, el recuperador de calor descentralizado en fachada o el recuperador de calor centralizado mediante:

- Control manual.
- Renovación de aire por demanda, con sensores de CO<sub>2</sub>, VOCs o humedad relativa.
- Ventilación con un programador de horario.

#### **Control manual**

Los mandos manuales suelen tener al menos 3 posiciones, aunque últimamente los mandos cuentan con más posibilidades para mejorar el ajuste al confort personal del usuario.

El mando puede estar fijo, por ejemplo montado en la cocina, o bien con un mando a distancia por radiofrecuencia.

El control dispone de, al menos, las siguientes posiciones:

- Posición 1: caudal mínimo (ausencia de personas en la vivienda).
- Posición 2: caudal medio (una o más personas en la vivienda).
- Posición 3: caudal máximo ( duchas o baños, cocinando, invitados, fiestas, cumpleaños, *night cooling*).



**Foto 4.4.** Mando básico del extractor de vivienda.



## **Renovación de aire con regulación automática bajo demanda**

En sistemas donde se regula el caudal bajo demanda, el usuario apenas tiene que influir sobre el sistema, y siempre se asegura una buena calidad de aire con el mínimo caudal de ventilación.

Estos sistemas tienen sensores que calculan cuánto aire es necesario introducir en la vivienda o espacio en cada momento. Los valores que pueden percibir los sensores para la regulación de la ventilación y sus características son:

- **Humedad**

La humedad es el factor más importante para calcular cuánto aire se ha de extraer de una vivienda. Por este motivo, la extracción se realiza por las zonas húmedas de la vivienda, evitando que se puedan ocasionar condensaciones no deseadas que puedan acarrear graves problemas tanto para la vivienda como para la salud de sus ocupantes.

La extracción funcionará permanentemente en la posición de mínimo caudal para mantener el edificio en condiciones saludables. El extractor dispone de un sensor de humedad que detecta incrementos de la humedad relativa, por ejemplo entre el 5 y el 10%, e incrementará el caudal de aire extraído mientras se mantenga el nivel de humedad. Tras 15 o 30 minutos después de la ducha o cocina, volverá a su funcionamiento a caudal mínimo.

Es importante instalar el extractor a una cierta distancia de las bocas de extracción, según las indicaciones del fabricante, por ejemplo a 2 metros. De lo contrario, la medición de la humedad relativa puede verse afectada.

Ejemplo de funciones de control con sensor de humedad incorporado:

- Posición «casa vacía»: caudal ultra bajo.
- Posición «Auto»: regulación automática por humedad.
- Temporizador: aumento por un periodo de tiempo.
- Posición 1: caudal bajo.
- Posición 2: caudal medio.
- Posición 3: caudal máximo.



Foto 4.5. Mando de extractor de vivienda.

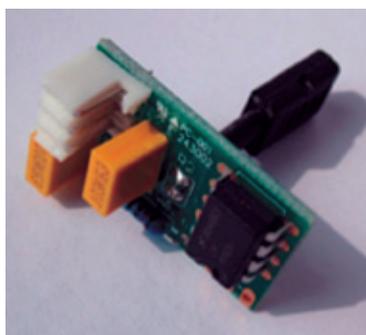


Foto 4.6. Sensor de humedad.

- $\text{CO}_2$

El  $\text{CO}_2$  es el indicador más apropiado para señalar el nivel de ocupación de personas y su actividad metabólica en un espacio. Los sensores deberán tomar las medidas de las zonas de ocupación de una vivienda, pudiendo ser únicamente en el salón, o también en dormitorios, despachos, habitación de juguetes, etc.



Foto 4.7. Sensor de  $\text{CO}_2$ .





Suele haber un sensor de  $\text{CO}_2$  en las estancias por las que se realiza la admisión de aire. Sólo cuando se encuentren una o más personas (producción de  $\text{CO}_2$ ), el aire de la sala se irá contaminando, entonces el sistema empezará a reaccionar y a ajustar el caudal de aire fresco según se necesite.

Los sensores de  $\text{CO}_2$  pueden estar instalados en la pared vinculados con el extractor, o bien en la unidad de admisión de aire descentralizada en fachada.

- **$\text{CO}_2$ , VOC y humedad**

La elección entre el tipo de sensor, de  $\text{CO}_2$  o VOC, se hará según el uso de la estancia en la que se encuentre. El  $\text{CO}_2$  indica el nivel de ocupación y nivel metabólico de las personas en un espacio, mientras que los VOC indican la presencia de olores, gas metano, sustancias volátiles de ropa y muebles, etc. En una vivienda, los VOC suelen evolucionar de manera paralela a los niveles de concentración de  $\text{CO}_2$ , por lo que, eliminando el  $\text{CO}_2$ , se corrige el nivel de VOC.

En vivienda, los sensores de VOC están indicados para zonas con fumadores y olores, como en aseos.

Los sensores de VOC pueden instalarse en las estancias o también en válvulas integrables en extractores, donde el instalador puede elegir qué tipo de sensor aplicar para cada espacio de extracción.



**Foto 4.8.** Válvula con sensor seleccionable de  $\text{CO}_2$ , VOC o humedad.

### *Ahorro de un sistema regulado por $\text{CO}_2$*

Por experiencia en otros países, se ha observado que la necesidad de ventilación real de las viviendas es el 59% de la capacidad instalada

según la normativa. Este dato encaja con la posición dos de regulación, de uso habitual. Este porcentaje se puede aplicar a los sistemas de admisión natural y extracción mecánica (sistema C) o a los sistemas mecánicos con recuperador de calor (sistema D centralizado).

En los sistemas que disponen de regulación automática por CO<sub>2</sub>, por ejemplo equipos mecánicos descentralizados en fachada, el valor se reduce un 40% más. Esto se debe a que el sensor indica dónde es necesario un aporte de aire y la ventilación «persigue» a los usuarios a la estancia en la que se encuentren, dejando al mínimo las estancias no ocupadas. Distingue también cuántos usuarios hay y cuál es su nivel de actividad metabólica.

En este caso, el nivel de estanqueidad de la vivienda influye de una manera más directa sobre la regulación de la ventilación. Cuanto mayor sea la estanqueidad de la vivienda, más se pedirá del sistema de ventilación, reduciendo su régimen en el caso de tener infiltraciones no deseadas o de abrir ventanas.

### **Regulación por programador horario**

Se trata de un control centralizado que gestiona el aporte o extracción de ventilación sobre las expectativas de ocupación horaria.

La programación horaria de la ventilación sólo es útil en espacios donde se sepa a priori las franjas horarias en las que vaya a haber ocupación, como en dormitorios u oficinas.

Hay que tener en cuenta que puede haber variaciones puntuales de horario / ocupación y estar ventilando con el edificio vacío, o, por el contrario, que el sistema de renovación esté parado cuando haya ocupación.

Será necesario que exista un sistema manual que se superponga al control horario de la ventilación.

#### *Apagado de seguridad*

Un sistema de renovación de aire ha de tener un mecanismo exclusivo en el cuadro eléctrico para un corte total del sistema, para, por ejemplo, mantenimiento, explosión de gases tóxicos cercana a la vivienda, incendio, etc.





**Foto 4.9.** Aire tóxico exterior.

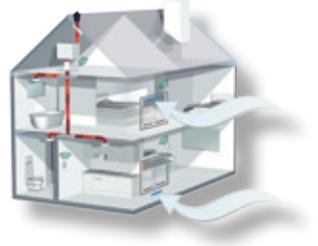
En nueva construcción no supone un problema instalar un magnetotérmico en el cuadro eléctrico para la ventilación. En rehabilitación puede ser complicado añadir un circuito dedicado, por lo que será necesario poner un enchufe o interruptor de apagado de emergencia para la ventilación, de fácil acceso para el usuario.



**Foto 4.10.** Magnetotérmico dedicado.

# 5

## DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN



### 5.1. Selección del sistema de ventilación

Como se ha visto, existen varios sistemas de renovación de aire en el mercado. Es importante conocer todos los sistemas, sus puntos fuertes, débiles y recomendaciones de instalación, para elegir cuál es el sistema idóneo en cada situación. Para esto es importante que las partes implicadas en el diseño (técnico y propiedad), revisen diversos puntos a considerar, para hacer una mejor selección del sistema de ventilación.

Algunos de estos puntos podrían ser:

- Confort térmico deseado en cada zona de ocupación.
- Facilidad de manejo.
- Nivel sonoro de la instalación y equipos.
- Disminución del ruido exterior.
- Viento en fachada (por ejemplo, edificios de más de cinco plantas o muy expuestos).
- Ahorro energético deseado.
- Control del consumo energético, tanto para calentar el aire frío como en consumo eléctrico.
- Caudal fijo o variable por demanda.
- Posibilidad de instalación del sistema a seleccionar.
- Mantenimiento requerido.
- Calidad de producto de cada fabricante.



### 5.1.1. Influencia del sistema de calefacción - ACS

Para elegir el mejor sistema de renovación de aire también habrá que tener en cuenta qué sistema de calefacción existe.

Hace unos años, con los precios de petróleo bajos, los radiadores funcionaban a muy alta temperatura, por ejemplo 90 °C. Se colocaba una rejilla de ventilación en la ventana encima del radiador, y el disconfort de la entrada de aire frío a través de las rejillas podía ser compensado mezclándose con el aire del radiador.

Sin embargo, para consumir menos energía se requiere que la calefacción funcione con baja temperatura de agua. Puede ser mediante radiadores para baja temperatura de agua, suelo radiante o combinaciones de los dos. La temperatura del aire que emiten estos sistemas es significativamente menor y ofrecen un mayor confort y ahorro energético.

No evitan el disconfort que provoca el aire frío que entra por las rejillas, por lo que en este caso son más adecuados el sistema D centralizado o el sistema D descentralizado en fachada con caudal variable por demanda.

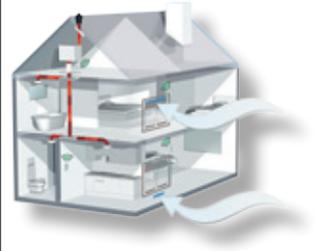
En sistemas con extracción mecánica centralizada (sistemas C y D descentralizado), se puede recuperar el calor de la extracción mediante un recuperador aire-agua, por ejemplo para precalentar el agua fría de la calle para el uso como agua caliente sanitaria, o también se puede utilizar la extracción de aire como entrada de aire en una bomba de calor mejorando su C.O.P., ya que ésta trabajará con mayor temperatura exterior.

## 5.2. Dimensionado del sistema de ventilación

Para determinar la capacidad del sistema de ventilación, primero se ha de plantear cuál es la necesidad de aporte de aire conjuntamente con la extracción para que se pueda llegar a un equilibrio de caudales entre admisión y extracción. Para que este equilibrio funcione de una forma fluida se han de aplicar en la vivienda soluciones para el tránsito del aire.

### 5.2.1. Método de cálculo

1. Definir cuántas zonas necesitan admisión de aire.
2. Determinar el caudal mínimo exigido en cada una de ellas.



3. Definir las zonas húmedas existentes.
4. Determinar el caudal mínimo de extracción exigido (la campana de extracción de la cocina no contabiliza en el sistema de ventilación).
5. Calcular la diferencia entre admisión y extracción total de la vivienda:
  - a. En el caso de que haya más caudal de admisión que de extracción, se compensará aumentando el caudal extraído en la cocina. Si el caudal es superior a  $75 \text{ m}^3/\text{h}$ , se recomienda instalar un tubo de 125 mm con dos bocas, o bien poner 2 tubos para  $75 \text{ m}^3/\text{h}$  con sus bocas correspondientes.
  - b. En el caso de que haya más caudal de extracción que de admisión, se compensará aumentando el caudal de admisión en el salón.
  - c. Compensar las diferencias de caudales haciendo uso de la regla del 50% (EN13779).
6. Dimensionar según los resultados de los puntos anteriores las tomas de aire, los pasos de tránsito de aire y la extracción.

### **La norma 50% (EN13779)**

Según la norma, se puede utilizar hasta el 50% de la admisión de aire proveniente de otra estancia con admisión de aire. Por tanto, el aporte de aire directo del exterior será siempre, como mínimo, el 50% de la necesidad de la estancia.

Como exigencia de aplicación, se establece que la zona que reciba este aire ha de tener extracción directa, es decir, un dormitorio nunca podría utilizar esta regla, ya que no cuenta con un punto de extracción directo. Sin embargo, el salón sí puede utilizar esta regla, en el caso de que tenga una cocina abierta con su propia extracción. Aquí se puede realizar el tránsito de aire de una habitación por el salón, admitiendo menos aire directo exterior de lo calculado, por ejemplo en un salón se necesitan 33 l/s, y se reparte en 20 l/s del exterior y 13 l/s de una habitación.

Actualmente, son aplicables las exigencias de caudales de ventilación según el Real Decreto 314/2006 (ver Tabla 2.3.). Es importante comprobar qué normativa es aplicable en el momento de diseñar la instalación.

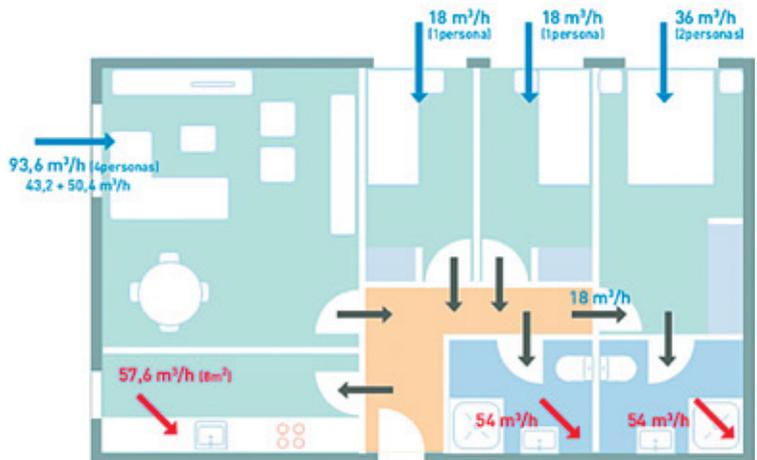


**Ejemplo 1: Cálculo de un piso con una cocina independiente**

Para realizar el cálculo de un piso, se define cada uno de los espacios y qué caudal necesita de aporte o extracción según la normativa vigente. El cálculo debe realizarse empezando por los dormitorios y baños, y acabando por salón y cocina, donde, posteriormente, se compensarán los desequilibrios de caudales.

**Tabla 5.1.** Caudales de aporte y extracción - Ejemplo 1.

ZONA	ADMISIÓN		EXTRACCIÓN		
	Pers	m <sup>3</sup> /h		m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h
Dormitorio Ppal	2	36			
Dormitorio	1	18			
Dormitorio	1	18			
Salón	4	43,2	Cocina	8	57,6
Cocina/Comedor	0	0	Baños	2	108
Total		115,2			165,6
Desequilibrio		<b>50,4</b>			
Compensación salón		50,4			



**Figura 5.1.** Cálculo previo de caudales necesarios - Ejemplo 1.

Según los cálculos, esta vivienda necesita 50,4 m<sup>3</sup>/h más de extracción que de admisión de aire. Por la configuración de la vivienda, el baño principal sólo tiene acceso por el dormitorio principal, siendo posible compensarlo con entrada de aire del pasillo con un máximo del 50% de la necesidad de caudal del dormitorio principal (regla del 50%). Es importante plantear con flechas sobre plano cuál va a ser el movi-

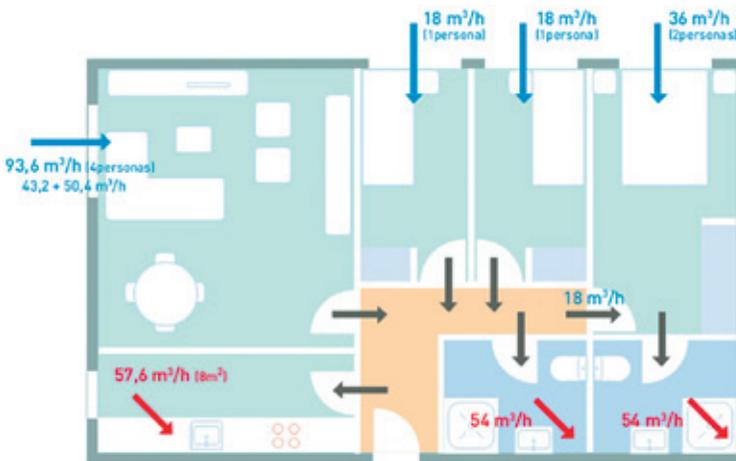


miento del tránsito del aire en la vivienda para tener claro los caudales que han de pasar por cada rejilla de paso y controlar la regla del 50%.

**Tabla 5.2.** Cálculo de caudales de aporte y extracción - Ejemplo 1.

ZONA	ADMISIÓN		EXTRACCIÓN		
	Pers	m <sup>3</sup> /h		m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h
Dormitorio Ppal	2	36	Baño Ppal	1	54
Dormitorio	1	18	Baño	1	54
Dormitorio	1	18			
Salón	4	43,2	Cocina	8	57,6
Cocina/Comedor	0	0			
Total		<b>115,2</b>			
Añadir en salón		<b>50,4</b>			
Total salón		<b>93,6</b>			
Total vivienda		165,6			165,6

El desequilibrio de caudal entre admisión y extracción se compensa aumentando la admisión de aire del salón o la extracción por la cocina. En este caso, se tienen que añadir 50,4 m<sup>3</sup>/h de caudal de admisión en el salón.



**Figura 5.2.** Solución final - Ejemplo 1.

**Ejemplo 2: Cálculo de un piso con cocina abierta al salón**

En este caso se pone como ejemplo un piso en el que la cocina se encuentra abierta al salón.



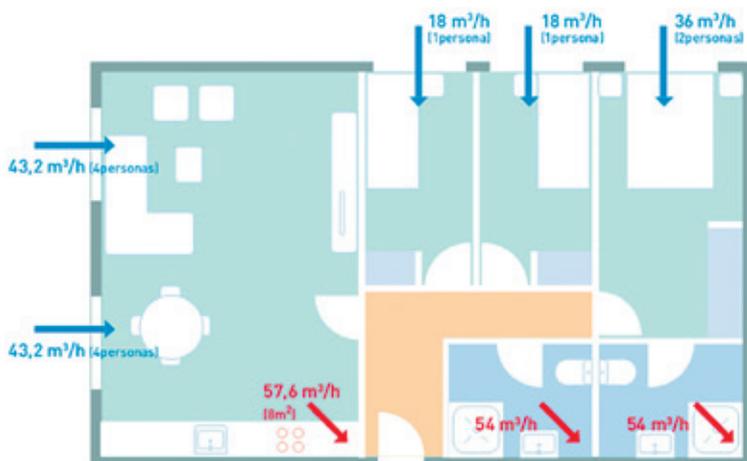
### Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

Cuando la zona de cocina tiene comedor, también se debería calcular como zona de estar, por lo que también se aporta caudal de ventilación de aire exterior. En caso de no hacerlo de esta manera, el caudal para el total de la zona de sala de estar y cocina sería insuficiente para el tamaño total del espacio, dando como consecuencia problemas y quejas por falta de ventilación. Por este motivo, en muchos países europeos se ha cambiado la normativa a caudales por  $m^2$  en las áreas de estar en vez de caudal por persona. Al mismo tiempo se mantiene el caudal de extracción que requiere la cocina.

Según los cálculos, esta vivienda necesita  $7,2 m^3/h$  más de extracción que de admisión de aire.

**Tabla 5.3.** Caudales de aporte y extracción - Ejemplo 2.

ZONA	ADMISIÓN		EXTRACCIÓN		
	Pers	$m^3/h$		$m^2$	$m^3/h$
Dormitorio Ppal	2	36			
Dormitorio	1	18			
Dormitorio	1	18			
Salón	4	43,2	Cocina	8	57,6
Cocina/Comedor	4	43,2	Baños	2	108
Total		158,4			165,6
Desequilibrio		<b>7,2</b>			
Compensación salón		7,2			



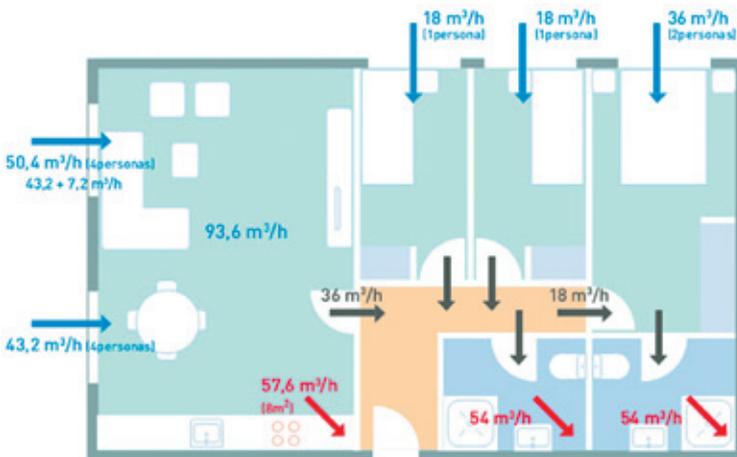
**Figura 5.3.** Cálculo previo de caudales necesarios - Ejemplo 2.



El desequilibrio de caudal entre admisión y extracción se compensa aumentando la admisión de aire del salón o la extracción por la cocina. En este caso, se tienen que añadir 7,2 m<sup>3</sup>/h de caudal de admisión en el salón.

**Tabla 5.4.** Cálculo de caudales de aporte y extracción - Ejemplo 2.

ZONA	ADMISIÓN		EXTRACCIÓN		
	Pers	m <sup>3</sup> /h		m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h
Dormitorio Ppal	2	36	Baño Ppal	1	54
Dormitorio	1	18			
Dormitorio	1	18	Baño	1	54
Salón	4	43,2			
Cocina/Comedor	4	43,2	Cocina	8	57,6
Total		<b>158,4</b>			<b>165,6</b>
Añadir en salón		<b>7,2</b>			
Total salón/comedor		<b>93,6</b>			
Total vivienda		165,6			165,6



**Figura 5.4.** Solución final piso con cocina abierta - Ejemplo 2.

### **Ejemplo 3: Cálculo de una vivienda con varias alturas**

Para realizar el cálculo de una vivienda de varias plantas, se establecerá el cálculo empezando desde las plantas superiores hacia salón y cocina.

Se definen las zonas y la ventilación necesaria para cada una de ellas, ya sea admisión o extracción.



Tabla 5.5. Caudales de aporte y extracción - Ejemplo 3.

ZONA	ADMISIÓN		EXTRACCIÓN		
	Pers	m³/h		m²	m³/h
Buhardilla					
Dormitorio	1	18			
1ª Planta					
Dormitorio	2	36	Baño		54
Dormitorio	1	18			
Dormitorio	1	18			
Total		<b>90</b>			<b>54</b>
Desequilibrio					<b>36</b>
Planta baja					
Salón	4	43,2	Cocina	6	43,2
Cocina/Comedor	4	43,2			
Total		<b>86,4</b>	WC		54
Total caudales		<b>176,4</b>			
Desequilibrio					<b>25,2</b>

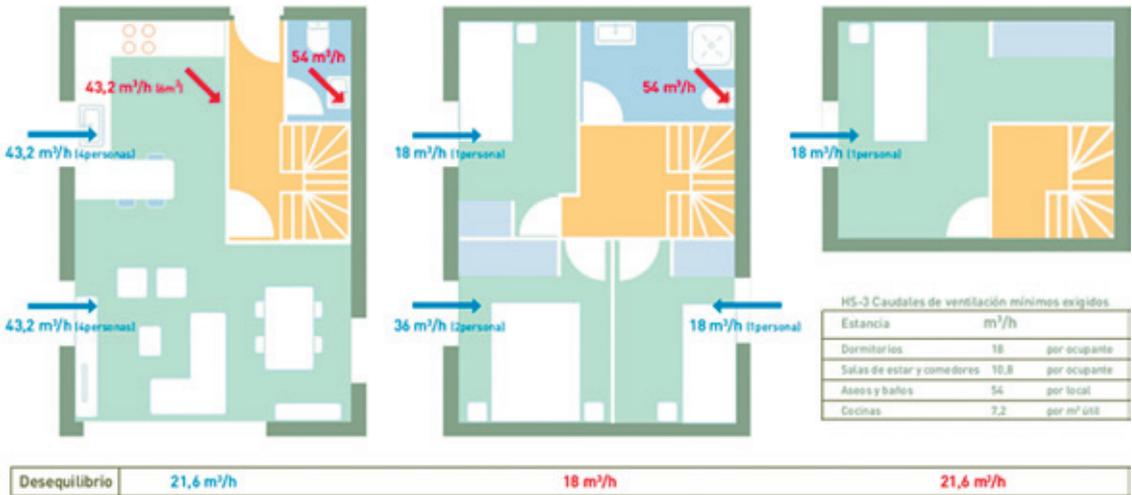
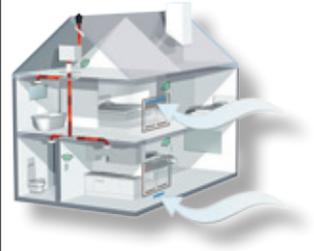


Figura 5.5. Cálculo previo de caudales necesarios - Ejemplo 3.

Como se puede observar, el balance entre admisión y extracción da un desequilibrio, por lo que se ha de prever cómo se va a distribuir el caudal de admisión y dónde se va a incrementar el caudal para equilibrar los caudales de la instalación.



En este caso se tienen 18 m<sup>3</sup>/h más de caudal de admisión que de extracción en la planta primera. Este excedente se repartirá entre la buhardilla con 8 m<sup>3</sup>/h, contando que no llegue nunca al 50% de lo que necesita la estancia, y a la planta baja los 10 m<sup>3</sup>/h restantes.

Para poder aplicar la regla del 50% en la buhardilla, será necesario que cuente con un sistema de extracción mecánica con una boca de extracción regulada al caudal de la estancia. Así, se contabilizará el caudal recibido de la primera planta como parte del caudal de admisión necesario para la estancia, por lo que se pueden restar los 8 m<sup>3</sup>/h de los 18 m<sup>3</sup>/h necesarios.

En la planta baja se ha de acabar de equilibrar los caudales de ventilación contando con los caudales de admisión del salón y el excedente proveniente de la primera planta, y el total de extracción de aseo y cocina.

**Tabla 5.6.** Cálculo de caudales de aporte y extracción - Ejemplo 3.

ZONA	ADMISIÓN		EXTRACCIÓN		
	Pers	m <sup>3</sup> /h		m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /h
<b>Buhardilla</b>					
Dormitorio	1	10			18
Compensación de 1.ª planta		8			
Total		18			18
<b>1.ª Planta</b>					
Dormitorio	2	36	Baño		54
Dormitorio	1	18			
Dormitorio	1	18			
Desequilibrio		18			
Hacia buhardilla		8			
Hacia planta baja		10			
Total		54			54
<b>Planta baja</b>					
Salón	4	43,2	Cocina WC	6	43,2 54
Cocina/Comedor	4	43,2			
Viene de la 1.ª planta		10			
Total caudales		96,4			97,2
Añadir al salón		0,8			
Total caudal planta baja		97,2			
Equilibrio toda la vivienda		169,2			169,2

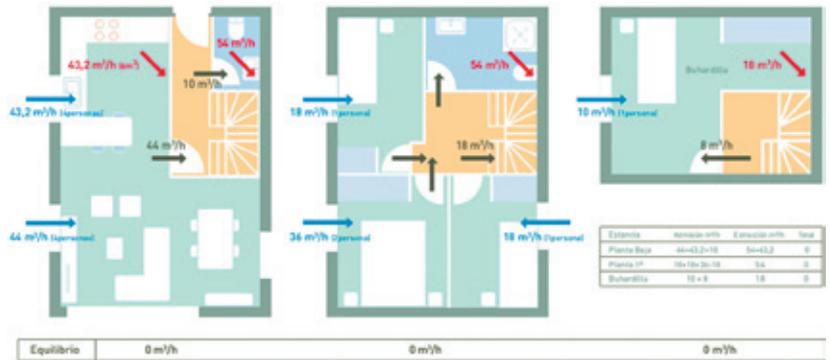


Figura 5.6. Solución final - Ejemplo 3.

Siguiendo la regla del 50%, se desvía el caudal que entra en la planta primera y que no se extrae a través del baño de la misma planta, hacia las zonas de extracción de las otras plantas.

Se compensa empezando por la buhardilla superior y terminando por el salón. Así se consigue un equilibrio perfecto entre la extracción y la cantidad de aire que deja pasar las rejillas de admisión.

**Consejo:** es recomendable considerar la instalación de una boca de extracción de 25 m<sup>3</sup>/h en la sala de caldera, si existiera. De esta manera, se mantiene la sala en ligera depresión, para evitar que posibles pérdidas de gases de combustión entren en la vivienda. Esta medida será especialmente aconsejable si esta sala también tiene una lavadora o secadora, ya que habrá producción de humedad y, además, presencia habitual de personas.

### 5.2.2. Aberturas para el paso de aire

Las particiones situadas entre los locales con admisión y las zonas húmedas con extracción deben disponer de aberturas de paso. El aire fresco tiene que poder hacer un barrido de la vivienda y, para ello, ha de poder desplazarse por la misma.

Las dimensiones de las aberturas son muy importantes. Si son pequeñas, la velocidad de paso del aire será demasiado alta, por lo que la pérdida de carga también será alta y aumentará el nivel sonoro. El usuario final debe ser consciente de la importancia de las aberturas de paso. Éstas no deben ser bloqueadas cuando esté en uso de la vivienda, por ejemplo debajo de las puertas al añadir moqueta, o por la colocación de un burlete.



Las dos soluciones más habituales para el paso del aire son:

- Huevo debajo de la puerta.
- Rejilla de tránsito en la puerta.

Las rejillas de tránsito se suelen poner cuando no se puede dejar espacio por debajo de la puerta, o cuando el paso de aire requiera mayores caudales, por ejemplo en zonas más grandes de lo habitual en una vivienda. Cuando se quiera evitar al máximo la posibilidad de «paso de ruido de voces», esta rejilla puede disponer de un silenciador.



**Figura 5.7.** Tránsito que debe realizar el aire de ventilación desde las estancias hacia las zonas húmedas.

### Método de cálculo

Existen unas normas básicas para calcular las medidas de un paso de aire.

Una velocidad máxima de 0,83 m/s a 1 Pa garantiza un paso de aire silencioso por una puerta interior. No se deberían poner más de 2 aberturas de paso en una zona que necesita tránsito de aire.

Esto significa que para un paso de aire de 1 dm<sup>3</sup>/s, se necesita una zona de paso de 12 cm<sup>2</sup>.



## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

Con la fórmula:

$$qv = A \times V$$

donde:

qv: Caudal de aire, en  $\text{dm}^3/\text{s}$

A: Área de paso, en  $\text{dm}^2$

V: Velocidad 0,83 m/s (8,3 dm/s)

se puede despejar el área necesaria para la circulación de aire en la puerta:

$$1 \text{ dm}^3/\text{s} = A \text{ dm}^2 \times 8,3 \text{ dm/s}$$

$$A = 1 \text{ dm}^3/\text{s} / 8,3 \text{ dm/s}$$

$$A = 0,12 \text{ dm}^2 = 12 \text{ cm}^2$$

De este cálculo se obtiene que por cada  $\text{dm}^3/\text{s}$ , litro/s o  $3,6 \text{ m}^3/\text{h}$ , se debería dejar un paso para el tránsito de aire de  $12 \text{ cm}^2$ .

Ejemplo:

Si se ha calculado que en un dormitorio para dos personas, según el actual CTE, debe haber un caudal mínimo de aire de  $10 \text{ dm}^3/\text{s}$  ( $10 \text{ dm}^3/\text{s} \times (3.600 \text{ s} / 1.000 \text{ dm}^3) = 36 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

$$10 \text{ dm}^3/\text{s} \times 12 \text{ cm}^2 = 120 \text{ cm}^2$$

Resultado:

Para una puerta media, por ejemplo, de 85 cm de anchura:

$$120 \text{ cm}^2 / 85 \text{ cm} = 1,4 \text{ cm} = 14 \text{ mm}$$

La altura de la ranura por debajo de una puerta con una anchura de 85 cm es 14 mm.

Calculo abreviado:

En un cálculo más sencillo para saber el espacio libre a dejar debajo de una puerta estándar de 85 cm, se puede dejar 3 milímetros por cada  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  de aire.

En este caso:

$$36 \text{ m}^3/\text{h} / 10 \times 3 \text{ mm} = 3,6 \times 3 = 10,8 \text{ mm}$$

Para el cálculo de rejillas habrá que consultar la pérdida de carga según los datos del fabricante.



Foto 5.1. Puerta con rejilla.

### 5.2.3. Diseño de conductos

El aire sufre una resistencia cuando pasa por conductos y piezas en ángulo, bocas, rejillas, etc. El ventilador ha de ser capaz de vencer esta pérdida, más un margen extra de aproximadamente el 10% para la regulación de las bocas.

Para un buen funcionamiento y un bajo nivel sonoro, se ha de conseguir un diseño de conducto con la mínima pérdida de carga y la mínima posibilidad de acumulación de suciedad. Además, si el diámetro de los conductos instalados es pequeño, los ventiladores incrementarán su consumo eléctrico durante toda su vida útil.

Tal como se ha visto, el nivel sonoro es un enemigo importante del éxito de la instalación y el nivel de satisfacción del usuario final. Es importante poner atención en el mayor número de puntos para conseguir una buena instalación.

Algunos de estos puntos son:

- Utilizar el menor número de curvas posible, optimizando el trayecto de los conductos.
- Evitar curvas de 90°, intentando utilizar curvas de 45°.
- Las curvas deben ser rígidas y con interior liso.
- Instalar el extractor / unidad de renovación de aire en el mejor lugar para un fácil acceso de los conductos y minimizar las curvas.





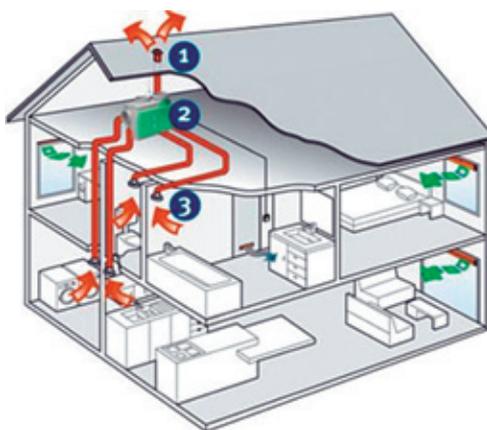
## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

- Facilitar el acceso para la limpieza del ventilador.
- Al unir un conducto rectangular a uno circular, aumentar el diámetro (por ejemplo, 150 mm) y procurar no aumentar más de 10 Pa por unión.
- Los conductos redondos o rectangulares especiales de disminución de nivel sonoro y con un dimensionado igual que el tubo redondo, tienen menor resistencia (menor ruido).
- Evitar conductos flexibles por su alta pérdida de carga. Si fuera inevitable, minimizar su longitud a un tramo de 50 cm e instalarlo estirado.
- Evitar bruscas disminuciones o aumentos de diámetro.
- Evitar ramificaciones de un solo conducto principal, es mejor que sean tramos individuales directos al extractor.

### Tipos de canalización de conductos

Existen dos formas de diseñar la instalación de conductos tanto para admisión como para la extracción de aire:

- **En forma radial.** Los conductos parten de un colector junto a la unidad mecánica y se instala un conducto a cada zona de forma individual. Para los sistemas C o D descentralizado, en el mercado se encuentran extractores diseñados para aplicar este tipo de montaje que cuentan con 3 o 4 entradas de 125 mm en la misma caja de extracción. La velocidad de aire en los conductos y el consumo eléctrico del motor bajan de forma importante. Está considerado como la mejor forma de instalar conductos y se aconseja aplicarlo siempre que sea posible.



**Figura 5.8.** Ramificaciones que se distribuyen desde plenum perteneciente al extractor.

- **En árbol.** En este diseño se instala un conducto principal de donde salen ramificaciones hacia las estancias. Es importante que en los tramos principales se compense el aumento de caudal con un aumento de la sección del conducto, incluso pudiendo entrar al extractor con un tubo de  $\text{Ø}160\text{mm}$  en instalaciones de viviendas más grandes.



Figura 5.9. Ramificaciones que se distribuyen desde un conducto principal.

#### 5.2.4. Extracción de aire en edificios de altura

En los sistemas C y D descentralizados en fachada, la entrada de aire siempre será directamente desde la fachada a cada estancia, por lo que no requiere ninguna especificación. Para la extracción existen diferentes soluciones:

- **Extractor individual.** Tanto el extractor como el conducto de extracción son individuales para cada vivienda. El conducto de extracción de cada vivienda va directo al tejado.
- **Extractor individual con conducto de extracción colectivo.** El extractor es individual por cada vivienda. El tubo de extracción de la vivienda está conectado a un tubo de extracción de aire vertical colectivo calculado a baja presión. Para saber el diámetro, se calcula el número de viviendas por el caudal máximo de los extractores a 5 m/s de máxima velocidad de aire. Se tienen que prever dos dispositivos entre el extractor y la conexión al tubo de extracción colectivo:
  - Una válvula anti-retorno, para evitar que entre aire sucio u olores de otras viviendas cuando el conducto colectivo tenga más presión que el extractor individual.





## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

- Un dispositivo cortafuego, que sirve tanto un manguito cortafuego (sella el conducto inyectando espuma al detectar fuego) como una válvula de corte (cierra cuando se quema un resorte que mantiene la válvula abierta). Es recomendable informarse del servicio de prevención de incendios de los bomberos de la localidad.

Estos dispositivos tienen que tener un fácil acceso para el mantenimiento.

- **Extractor colectivo.** Tanto el extractor como el conducto de extracción son colectivos, estando el extractor colectivo en el tejado o terraza. También aquí habrá que prever dispositivos de anti-retorno y cortafuego. Además, se tienen que aplicar medidas para evitar el «traspaso de ruidos de voz de vecinos». Para evitar «ruidos de vibraciones» proveniente de las vibraciones del extractor centralizado, y que pueden pasar por todo el edificio, se han de poner medidas de amortiguación. La resistencia mínima del forjado es recomendable que sea de 400 kg/m<sup>2</sup>.

### 5.2.5. Admisión y extracción de aire en edificios de altura

En el sistema D centralizado (con recuperador de calor) se pueden aplicar distintas combinaciones:

#### ***Unidad de recuperador de calor individual por vivienda***

*Admisión individual y extracción colectiva.* En la extracción habrá que prever dispositivos anti-retorno y anti-incendio para cada vivienda.

*Admisión y extracción de aire colectiva.* El tubo de admisión de aire de la vivienda está conectado a un tubo vertical colectivo con ausencia de presión. El tubo de extracción de la vivienda está conectado a un tubo de extracción de aire vertical colectivo calculado a baja presión. En la admisión y en la extracción habrá que prever dispositivos como anti-retorno y anti-incendio.

#### ***Unidad de recuperador de calor colectiva***

La unidad de recuperador de calor colectiva se monta en la terraza. La admisión de aire de la vivienda se conecta a un tubo vertical colectivo con ausencia de presión. El tubo de extracción de la vivienda



se conecta a un tubo de extracción de aire vertical colectivo. Habrá que prever dispositivos como anti-retorno y anti-incendio en la admisión y extracción. Además, se tienen que instalar medidas para evitar «paso de ruido de voz de vecinos». Para evitar los «ruidos de vibraciones por contacto» provenientes de vibraciones de la unidad central que pueden entrar a todo el edificio, se han de instalar sistemas de amortiguación en la salida de los conductos. Se recomienda que la resistencia mínima del forjado sea de  $400 \text{ kg/m}^2$ .



Foto 5.2. Válvula anti-incendio (izquierda) y válvula anti-retorno (derecha).

### 5.2.6. Velocidad en los conductos de las viviendas

Para evitar el ruido de la ventilación en las viviendas ha de limitarse la velocidad en los conductos, la cual depende del caudal y del diámetro.

Hay normativas que indican la máxima velocidad admitida, sin embargo, una recomendación de la velocidad máxima de aire sería la siguiente:

Conductos colectivos:	5 m/s
Conductos principales:	4 m/s
Ramificaciones de admisión:	3 m/s
Ramificaciones de extracción:	3,5 m/s
Salida de extracción al exterior:	5 m/s

Las fórmulas básicas para cálculos de velocidades de aire son las siguientes:



## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

Caudal de aire ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) = sección del conducto ( $\text{m}^2$ ) x velocidad de aire ( $\text{m}/\text{s} \times 3.600$ )

Velocidad de aire ( $\text{m}/\text{s}$ ) = caudal ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) / sección del conducto ( $\text{m}^2 \times 3.600 \text{ s}/\text{h}$ )

### Ejemplo

Caudal de aire:  $100 \text{ m}^3/\text{h}$

Conducto:  $\text{Ø}125 \text{ mm}$ ;  $r = 0,0625$ ; sección =  $0,0123 \text{ m}^2$

Velocidad del aire =  $100 \text{ m}^3/\text{h} / (0,0123 \text{ m}^2 \times 3.600) = 2,26 \text{ m}/\text{s}$

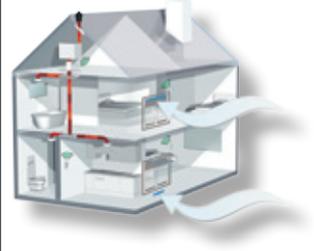
Las fórmulas de cálculo sirven tanto durante la fase de diseño de la instalación, como para conocer los caudales reales en caso de quejas por parte de la propiedad y para calcular la regulación de las bocas.

La Tabla 5.7 muestra los caudales máximos según las velocidades máximas recomendadas anteriormente y la sección de los conductos.

**Tabla 5.7.** Caudales máximos para diferentes secciones.

Diámetro conducto (mm)	Superficie conducto ( $\text{m}^2$ )	Caudal de aire en conducto individual/principal ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	Caudal de aire de admisión en ramificación ( $\text{m}^3/\text{h}$ )	Caudal de aire de extracción en ramificación ( $\text{m}^3/\text{h}$ )
$\text{Ø} 80$	0,005	70	50	65
$\text{Ø} 100$	0,008	115	85	90
$\text{Ø} 125$	0,013	180	130	155
$\text{Ø} 150$	0,018	250	190	225
$\text{Ø} 160$	0,020	290	220	255
$\text{Ø} 160-80$	0,0128	125	95	110
$\text{Ø} 170-80$	0,0136	135	100	115
$\text{Ø} 200-80$	0,016	145	105	125





### 5.2.7. Pérdida de carga

A continuación, habrá que conocer la pérdida de carga de los conductos y piezas de la instalación. Los fabricantes deben facilitar los datos, sobre todo de las bocas, rejillas, válvulas, etc.

En el caso de no disponer de datos, la Tabla 5.8 serviría como una guía aproximada de las pérdidas de carga de la instalación, basada en un caudal de 225 m<sup>3</sup>/h en el tramo de conducto estudiado.

**Tabla 5.8.** Pérdidas de carga.

Pérdida de carga	Producto	Diámetro
8,4 Pa	/m. conducto	100 Ø
3,8 Pa	/m. conducto	125 Ø
10 Pa	curva 45°	100 Ø
5 Pa	curva 45°	125 Ø
23 Pa	curva 90°	100 Ø
9 Pa	curva 90°	125 Ø
30 Pa	boca de aire	125 Ø (75 m <sup>3</sup> /h)
40 Pa	boca de aire	100 Ø (75 m <sup>3</sup> /h)

En la Tabla 5.9 se muestra la pérdida de carga en una instalación con un caudal  $\leq 100$  m<sup>3</sup>/h.

**Tabla 5.9.** Pérdidas de carga en diferentes productos para un caudal  $\leq 100$  m<sup>3</sup>/h.

Producto	Pérdida de carga
Conducto (redondo, rectangular)	2 Pa/m
Conducto flexible recto estirado	5 Pa/m
Curva 45°	3 Pa
Curva 90°	5 Pa
Reducción/ampliación	2 Pa
T admisión, el flujo gira 90°	8 Pa
T admisión, paso de aire recto	0 Pa
T extracción, el flujo gira 90°	5 Pa
T extracción, paso de aire recto	3 Pa
Boca exterior de admisión de aire	20 Pa a 63 dm <sup>3</sup> /s
Boca exterior de salida de aire	10 Pa a 63 dm <sup>3</sup> /s

Si se utiliza un extractor con colector de conductos, los caudales en cada uno de ellos no suelen superar los 54 m<sup>3</sup>/h (aseos y baños), por



lo que la pérdida de carga es aún menor y, con ello, el nivel sonoro y el consumo eléctrico.

### ***Pérdida de carga total***

Para saber la pérdida de carga total de la instalación para el sistema C y D descentralizado por demanda con extracción centralizada, habrá que sumar cada componente instalado en el tramo de extracción de aire, con respecto al caudal que circula por él y empezando desde el punto más lejano.

Para el sistema D centralizado (normalmente con recuperador de calor), habrá que calcular la pérdida de carga tanto de la admisión como de la extracción de aire. Además, habrá que incrementar la pérdida de carga por corriente térmica negativa, la cual se produce en la salida de aire por el efecto de la presión del viento por el enfriamiento del aire extraído. En edificios con alturas de más de 10 plantas, la influencia de la presión de viento sobre fachada y tejado es importante. En instalaciones con admisión de aire en la fachada con extracción de aire por el tejado, habrá que utilizar motores de volumen constante.

La admisión de aire tiene que tener una válvula de presión, tanto en rejillas de admisión en ventana como en unidades en fachada descentralizadas, para evitar posibles quejas de corrientes de aire. En el cálculo de pérdida de carga habrá que calcular las influencias de presión de viento.

Se pueden establecer cuatro niveles de calidad en base a los Pascales de pérdida de carga en una instalación de una vivienda con un caudal de funcionamiento medio:

- 100 Pa: instalación muy buena.
- 125 Pa: instalación buena.
- 150 Pa: instalación regular.
- >150 Pa: instalación con ruido y consumo no aconsejable.

### **5.2.8. Diámetros recomendados en la práctica**

En la práctica, y como indicación para una vivienda estándar con extracción mecánica, los diámetros de conductos más utilizados son:



- Cocina: 125 mm
- Baños y aseos: 100 mm
- Salida de aire: 125 o 150 mm
- Tramo para admisión mecánica por fachada: 125 mm
- Conductos de sistema D centralizado con recuperador de calor: 150 mm

## 5.3. Selección e instalación de componentes

### 5.3.1. Bocas y válvulas de aire

La selección de bocas o válvulas de aire se basa, en primer lugar, en el cálculo del caudal adecuado para la vivienda. Después habrá que comprobar si el caudal de cada estancia se ajusta a la boca seleccionada, teniendo en cuenta el nivel sonoro y el confort.

Hay diferentes parámetros que influye sobre la selección adecuada de las bocas o válvulas:

- Pérdida de carga.
- Caudal de aire.
- Nivel sonoro.
- Posibilidad de regulación y bloqueo posterior de la regulación.

En los sistemas D con admisión de aire centralizado, también hay que considerar la velocidad del aire de admisión, el lanzamiento y la temperatura del aire.

Los fabricantes de bocas y válvulas de aire pueden ofrecer los datos adecuados para que el técnico seleccione el producto correcto que le asegure una adecuada instalación silenciosa y funcional a la vez.

### **Admisión de aire natural**

Las rejillas de aire en las ventanas son elementos de admisión natural de aire. Para reducir el desconfort y pérdida de energía cuando haya viento sobre la fachada, existe un mando manual para reducir



su apertura o poder cerrarlas. Hay modelos con dispositivos de apertura pasivos o activos que ayudan a regular estas rejillas.

La temperatura exterior que entra por las rejillas no se puede precalentar, por lo que es importante calcular y seleccionar exactamente la rejilla con el caudal mínimo exigido por normativa. Habrá que tener en cuenta también la reducción del nivel sonoro procedente de la calle o la necesidad del filtrar el aire en el caso de vivir cerca de una vía con mucho tráfico.



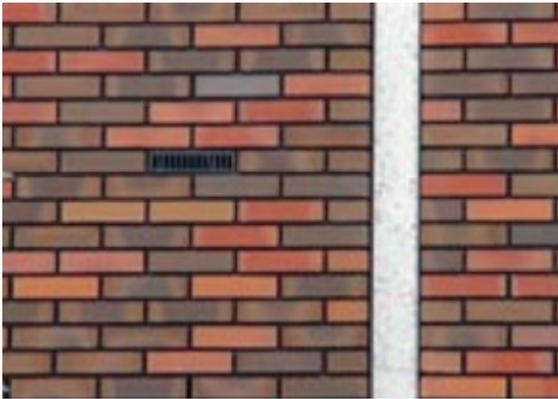
Foto 5.4. Admisión de aire natural con mando manual.

### **Admisión de aire mecánica**

Con unidades de aire mecánicas en fachada (sistema D descentralizado) y recuperador de calor descentralizado (sistema D descentralizado), la admisión de aire se realiza a través de una abertura en fachada que deja pasar el aire a través de la unidad directamente al interior.

La unidad tiene filtros de aire y reducción del ruido de la calle. La abertura se puede realizar de diferentes maneras, lo más sencillo es instalar una rejilla de admisión de aire en el exterior, que puede ser redonda, simular un ladrillo, por debajo del alfeizar u otras soluciones arquitectónicas. También se pueden instalar ventanas con rejillas en su parte inferior con un plenum hacia abajo que se conecta con la unidad de renovación de aire en fachada.

La rejilla no tiene que ser regulable, ya que las unidades de renovación de aire de fachada cuentan con sensor de CO<sub>2</sub> para auto-regular el caudal óptimo. La rejilla tiene que tener un paso libre de aire suficiente para que no provoque una excesiva pérdida de carga sobre la unidad.



**Figura 5.10.** Rejilla en fachada simulando ladrillo cara vista.

En caso de fachada ventilada, se puede dejar el tubo de admisión de aire dentro del hueco de la fachada exterior. Habrá que considerar varios factores, como la distancia máxima entre la toma de aire de la unidad y la entrada de aire a la fachada ventilada, el espacio libre de la fachada ventilada y el acabado final del posible aislamiento proyectado.

El fabricante de las unidades de renovación de aire mecánicas en fachada puede aconsejar sobre las cotas mínimas.

Con recuperador centralizado (sistema D centralizado) el caudal de aire es prácticamente constante en toda la casa. Este tipo de sistema tiene tanto rejillas de admisión como de extracción de aire distribuidas por toda la vivienda. Hay muchos parámetros que se tienen que tener en cuenta para que las rejillas de admisión de aire no ensucien la pared y que la instalación aporte el aire correcto en cada estancia. El fabricante del equipo indicará los parámetros necesarios para diseñar la instalación y las bocas de admisión y extracción de aire y su posterior proceso de regulación y ajustes.

### **Extracción de aire mecánica**

En la mayoría de los sistemas de renovación de aire (C y D descentralizado o combinado) se utilizan bocas para la extracción de aire mecánica. Éstas se montan en las zonas húmedas (aseo, baño, cocina) o en los dormitorios y el salón con un extractor de válvulas modulantes inteligentes ( $\text{CO}_2/\text{VOC}/\text{HR}$ ).





## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

Las bocas disponen de sistemas de ajuste para regular los caudales de aire de la instalación. En la boca de la Foto 5.5 se pueden observar varios puntos de referencia para ajustar su caudal según un documento adjunto a la boca que indica los caudales de aire.

También es necesario variar el diámetro de la boca según el tipo de estancia, siendo lo más habitual entre  $\varnothing 100$  mm hasta  $50 \text{ m}^3/\text{h}$ , y  $\varnothing 125$  mm para máximo  $75 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Para caudales mayores de  $75 \text{ m}^3/\text{h}$  habrá que poner dos bocas en la misma estancia, por ejemplo, en una cocina abierta al salón donde se equilibran los caudales del resto de la vivienda.

Una vez regulado el caudal, se fija la boca con una contratuerca de fijación o pegándola.

Es importante marcar cada boca para saber a qué estancia corresponde una vez fijada su regulación.

En los baños con ducha se aconseja utilizar bocas de aire sintéticas debido a su mínima sensibilidad a la oxidación del material. En el resto de las zonas húmedas o estancias se pueden utilizar bocas metálicas lacadas o de acero inoxidable.



**Foto 5.5.** Boca sintética con indicación de pre ajuste de caudal.

Para la salida de aire al exterior existen varios tipos de accesorios, tanto en tejado como en pared (ver Foto 5.6).



Foto 5.6. Bocas de salida de aire al exterior.



### 5.3.2. Conductos de ventilación

Hay diferentes materiales de conductos que se puede utilizar para realizar el sistema de conductos, los cuales se describen a continuación.

#### **Conductos galvanizados**

Los tubos galvanizados circulares son los que mejores prestaciones ofrecen. Es importante seleccionar un tubo que sea plano por dentro para evitar acumulación de suciedad y aumento del nivel sonoro. Se aconseja utilizar la menor cantidad de tornillos posible para unir los conductos o componentes, ya que favorecen la acumulación de suciedad. Por ello es importante fijar bien los conductos con soportes rígidos con una distancia igual o inferior a 2 metros entre ellos, así como fijar bien las zonas cercanas a las uniones para maximizar la estanqueidad.

Las uniones con los accesorios deben llevar su junta de goma EDPM que garantizan la estanqueidad. Ya no se recomiendan cintas adhesivas o masillas, que tienden a despegarse en pocos años, provocando fugas o filtraciones en el sistema que reducen el rendimiento aumentando el consumo energético.

Se tiene que prestar especial atención a la estanqueidad de conexión entre los conductos y las bocas de aire: el usuario tiene que ser capaz de quitar las bocas las veces que sean necesarias para su mantenimiento sin perder estanqueidad.



Foto 5.7. Adaptador para techo de escayola.

También existen abrazaderas de unión estancas con gomas o tubos con uniones de goma



Foto 5.8. Accesorio de acero galvanizado con cierre por goma EPDM.

Tabla 5.10. Máximo número de tornillos de fijación en conducto circular.

Ø mm	diámetro min. mm	número tornillos
80-125	3,2	2
140-250	3,2	3

### Conductos sintéticos

También existen conductos sintéticos de HPVC (Policloruro de Vinilo) o PPS (Polipropileno DIN 4102 auto extingüible). Igualmente, tiene que ser liso por dentro para evitar acumulación de suciedad y aumento del nivel sonoro. Normalmente, los tubos sintéticos son flexibles y con grandes longitudes (por ejemplo 30 m), mejorando la estanqueidad y evitando poner curvas en la instalación. Los materiales tienen tratamientos antibacterianos que pueden tener una duración de aproximadamente 10 años. Existen calidades que disminuyen el nivel sonoro.

Es muy importante seleccionar un tubo que no se cargue estáticamente debido al paso constante de aire, ya que aumentará significativamente la acumulación de suciedad en el interior de los tubos.

Para el cálculo de las dimensiones de los tubos según el caudal, habrá que tener en cuenta la sección interior del tubo. La pared del tubo sintético es mayor que el galvanizado, dejando menor espacio interior, observándose en la práctica que en muchas instalaciones se ha utilizado tubo sintético demasiado pequeño.



Foto 5.9. Conducto sintético con sistema de unión hermético.

### **Conductos de aluminio flexible**

En el caso de utilizar un tramo de tubo flexible debido a un montaje en un espacio difícil, se recomienda no utilizar más de 50 cm y estirarlo al máximo para que sea lo más liso posible en el interior. De esta manera, se evitará la acumulación de suciedad y se reducirá el nivel sonoro.

El aluminio debe tener un grosor y rigidez adecuado, así como ser accesible para el mantenimiento y sustitución, ya que será más frecuente que en un tubo completamente liso. También habrá que tomar la precaución de que el conducto no esté en contacto con yeso.

### **Conducto aislado**

Con un recuperador centralizado (sistema D centralizado) habrá que aislar el conducto desde el exterior hasta la unidad y la extracción de aire desde la unidad hasta el exterior, para evitar condensaciones. Tanto el conducto como las uniones tienen que ser a prueba de condensaciones. Se aconsejan los aislantes de espuma sintética que evitan las condensaciones, evitando la lana mineral ya que se daña fácilmente.



### ***Estanqueidad de los conductos***

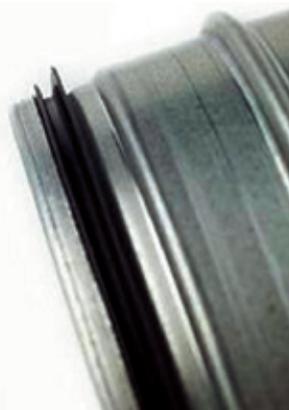
Actualmente, la estanqueidad de los conductos va a ser un punto primordial en las instalaciones, ya que las fugas e infiltraciones de los mismos suponen un empobrecimiento en la calidad del aire y un aumento considerable en los consumos de la vivienda.

Por este motivo, los fabricantes de conductos han actualizado sus productos con elementos que garanticen la estanqueidad de las uniones a lo largo de toda su vida útil. La normativa EN1506 y EN12237 indica cuatro niveles de estanqueidad: A, B, C y D, donde A es la menor estanqueidad y D es la mejor. En la Foto 5.10 se observa un ejemplo de calidad D con cierre de goma EPDM con garantía de estanqueidad de 20 años.

Es importante que las juntas de goma EPDM estén fijadas por el fabricante en los accesorios para evitar que se puedan desplazar o enrollar durante el montaje perdiendo la estanqueidad de la unión.

La goma EPDM se garantiza desde -30 °C hasta 100 °C en continuo, y desde -50 °C hasta 120 °C en intermitente.

El coste de material de estos nuevos sistemas estancos es superior a los sistemas antiguos con uniones con cinta o masilla. Sin embargo, el montaje es mucho más rápido y eficaz, reduciendo el tiempo de mano de obra entre el 20 y el 30%, por lo que el coste final de la instalación es equivalente y con mejores garantías.



### 5.3.3. Extractor centralizado de vivienda

En los sistemas C y D descentralizado en fachada o en sistemas combinados, se tiene que elegir el extractor adecuado según el cálculo de caudal nominal de aire necesario, el cálculo del equilibrado y la pérdida de carga total.



**Foto 5.11.** Extractor eficiente con motor EC con 24 velocidades configurables.

Los fabricantes aportan los gráficos con el caudal de aire en cada posición de ajuste en función de la pérdida de carga y del consumo eléctrico, del rendimiento, del nivel sonoro y de cómo está medido.

Los extractores modernos están equipados con motores EC eficientes y tienen dipswitches, por ejemplo con 24 posiciones, para que el instalador personalice y ajuste los caudales a la necesidad de cada vivienda y los deseos de la propiedad. Así, se puede definir el caudal con cada posición del mando y/o el caudal mínimo 24h, y en qué condiciones aumenta automáticamente el caudal cuando se detecte un aumento de la humedad de la ducha, cocina, WC, etc.

Estos caudales, dependiendo del fabricante, suelen ser regulables entre 40 m<sup>3</sup>/h y más de 400 m<sup>3</sup>/h.

Asimismo, para disminuir el ruido, estos extractores pueden tener un colector de aire, por ejemplo con cuatro entradas de aire de Ø125 mm, e incluso una entrada de Ø160 mm. De esta forma, baño, WC y cocina pueden conectar su conducto individual directamente al extractor, reduciendo de forma importante el nivel sonoro y el consumo eléctrico.



### **Sonido y ubicación**

Es muy importante seleccionar bien el lugar del extractor:

- Lugar estratégico entre las zonas húmedas a conectar para reducir distancias y curvas de instalación.
- Lugar para mantenimiento: al extractor se tiene que poder acceder como a una caldera, lavadora, campana, etc. Ha de tener fácil acceso para el mantenimiento del ventilador, ya que éste va a estar funcionando 24 horas al día. Suele montarse en una despensa, armario, sala de máquinas, buhardilla, etc. En el caso de colocarlo en un falso techo, se tiene que dejar un registro para un acceso cómodo. Actualmente, los fabricantes ofrecen modernos diseños para dejarlas a la vista y así favorecer su montaje para un mantenimiento rápido, fácil y frecuente.
- La pared de montaje debe tener una resistencia superior a  $200 \text{ kg/m}^2$  para evitar la transmisión de ruidos a la casa. Además, muchos ventiladores suelen aumentar sus vibraciones a lo largo de los años, por lo que es importante haber previsto una pared sólida para el anclaje. En el caso de no haber disponible un punto de anclaje con dichas características, es posible utilizar un bastidor sólido antivibratorio.
- Fijarse en las instrucciones del fabricante por la posible recomendación de utilización de *silentblocks*.

### **5.3.4. Unidades de ventilación descentralizadas por fachada**

#### **Unidad de ventilación por fachada**

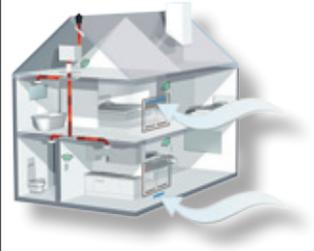
En sistemas de ventilación con unidades de admisión de aire mecánicas descentralizadas por fachada, se puede seleccionar la unidad adecuada en base al cálculo de caudal nominal de aire necesario, el cálculo de equilibrado y la pérdida de carga.

Las unidades requieren una toma de aire directa desde el exterior de la fachada hacia la unidad. Es importante que la longitud del conducto de admisión de aire sólo sea para pasar la pared, ya que el buen funcionamiento de estas unidades está basado en eliminar al máximo los conductos de admisión de aire.

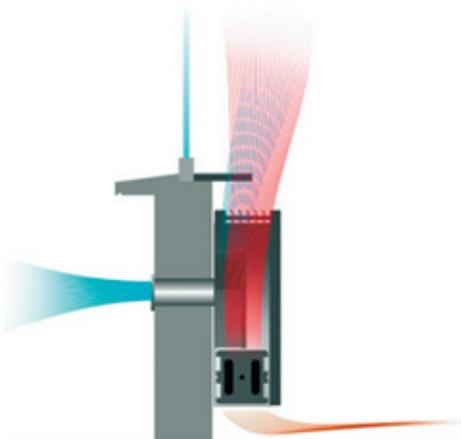
Las unidades incorporan un filtro para el aire del exterior. El fabricante suele dar la opción a elegir entre diferentes tipos de filtros según la ubicación

de la vivienda (zonas con mucho tráfico, bosque, etc.), debiendo cambiarse anualmente el filtro según el grado de colmatación y suciedad.

Estas unidades ofrecen una absorción del ruido que proviene del exterior gracias al aislamiento acústico que dispone en su interior en torno a 50 dB(A).



**Figura 5.11.** Radiador de baja temperatura con unidad de renovación de aire por fachada con sensor de CO<sub>2</sub> incorporado.



**Figura 5.12.** Detalle de mezcla de aire exterior con aire calefactado en radiador o fancoil.

Las modernas unidades tienen un motor eficiente EC modulante, conectado a un sensor de CO<sub>2</sub> y/o humedad. El instalador no tiene que ajustar los caudales, ya que el equipo se auto-regula en base a la calidad del aire, estando disponibles en unidades independientes o integradas en un radiador de baja temperatura o fancoil.



## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

Una sola unidad suele ser suficiente para una zona (dormitorio, salón, etc.). Suelen trabajar a un caudal mínimo de su caudal máximo, por ejemplo, en un dormitorio de dos personas después de exposición de varias horas, puede llegar a funcionar a un máximo de 20 dB(A) con 3 W de consumo eléctrico y 50 m<sup>3</sup>/h de aire.

### Unidad en fachada con recuperador de calor

La unidad de fachada descentralizada con recuperador de calor (sistema D) tiene tanto admisión como extracción de aire en un solo equipo. Gracias a esta cualidad se integra el recuperador de calor en el mismo equipo. Cuando se instala este sistema se tiene que añadir un extractor centralizado sólo para las zonas húmedas.



Foto 5.12. Radiador de baja temperatura o fancoil con recuperador de calor descentralizado en fachada.

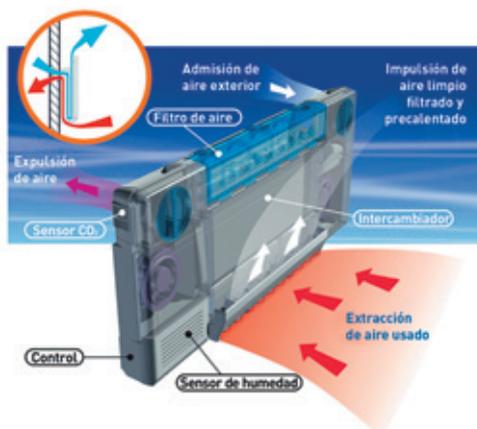


Figura 5.13. Recuperador de calor descentralizado en fachada.



La unidad tiene una capacidad de caudal de aire para dar servicio a una sola estancia, estando indicado para instalar en salón o despacho. El equipo proporciona gran confort cuando hace frío y la calefacción no arranca debido al alto grado de aislamiento de la vivienda.

Hay que tener en cuenta el consumo eléctrico debido a la necesidad de 2 motores para recuperar la energía del aire. Las unidades modernas tienen motores EC para mejorar el consumo.

No se puede montar la unidad en una fachada ventilada por tener admisión y extracción en el mismo espacio.

Están regulados con sensor de CO<sub>2</sub> y humedad, lo que permite bajar el caudal y el consumo eléctrico al mínimo.

### **5.3.5. Unidades de ventilación centralizadas con recuperador de calor**

El Sistema D centralizado dispone de un recuperador de calor, requiriendo una instalación de conductos tanto de admisión como de extracción de aire, además de la necesidad de instalar una toma de desagüe para condensados.

Se selecciona el equipo necesario en base al cálculo del caudal de aire y el equilibrio en la ventilación de la vivienda, mientras que el sistema de conductos se define según el cálculo de caudales y su pérdida de carga sobre la unidad.

Cuanto mayor sea la eficiencia de la recuperación de calor, menor será la posibilidad de sentir corrientes de aire en la vivienda, debido a que el aire entra a mayor temperatura.

Al necesitar dos motores, hay que tener en cuenta el consumo eléctrico de los mismos. Las unidades modernas tienen motores EC para mejorar el consumo.

Para mantener tanto los conductos como el mismo intercambiador limpio y sin obstáculos que puedan dañar el intercambiador de calor, la unidad dispone de dos filtros.

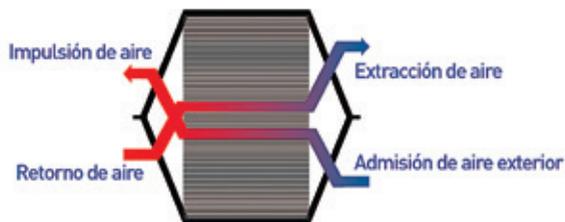


Figura 5.14. Recuperador de calor de flujo cruzado.

El fabricante suele dar la opción de elegir entre diferentes tipos de filtros según la ubicación de la vivienda (mucho tráfico de transporte, bosque, etc.). Los filtros se deben sustituir anualmente y limpiar los conductos de admisión de aire. Se aconseja añadir silenciadores en los conductos para reducir el nivel sonoro en el sistema.

La práctica ha demostrado que es muy importante la calidad de la instalación de los conductos de aire y la regulación del sistema con instrumentos de medición adecuados y calibrados en las bocas de aire, para garantizar que llegue el caudal de aire necesario a cada estancia. Se tienen que aplicar las mismas indicaciones de «sonido y ubicación» que las anteriormente indicadas.

#### 5.4. Compensación de la ventilación con chimeneas abiertas

Una vivienda con una chimenea de combustión abierta que coge aire de su estancia para la combustión, puede causar serios problemas por insuficiente suministro de aire para los ocupantes. Cuanto mejor sea la estanqueidad, mayores serán los problemas.

Para solventar esta situación, se ha de instalar en el sótano un sistema de aireación neutro, con una abertura a cada dirección de viento, y un conducto de aire desde este sistema de aireación del sótano a la cámara donde esté instalada la chimenea. Esta cámara dispondrá de una rejilla que saque el calor de la chimenea a la estancia, y que además servirá para compensar la extracción que realiza la chimenea para mantener una presión neutra en la estancia.

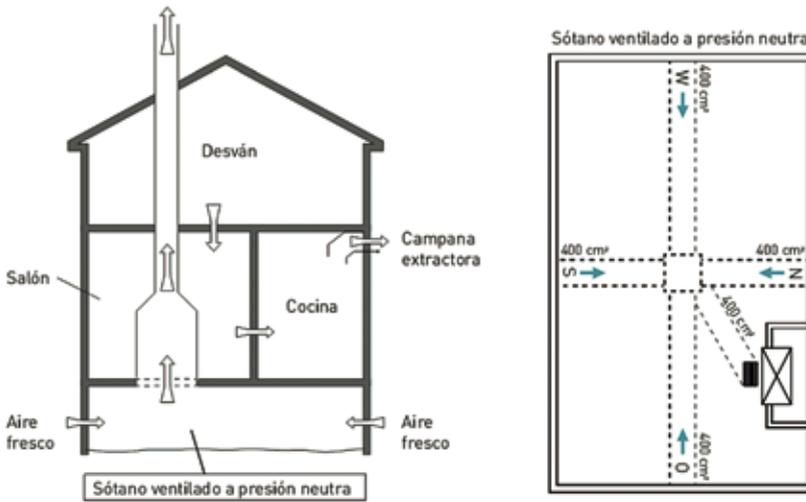
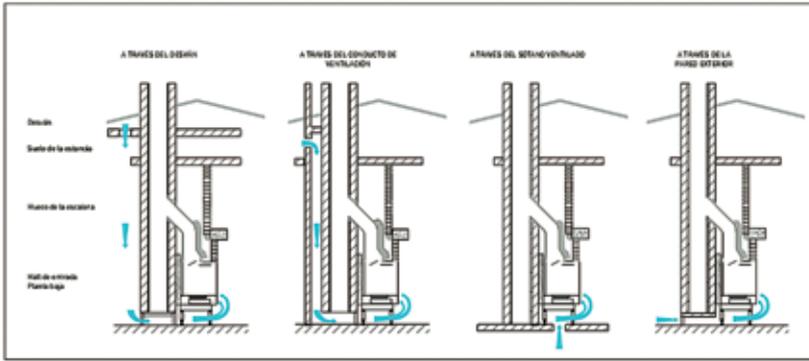
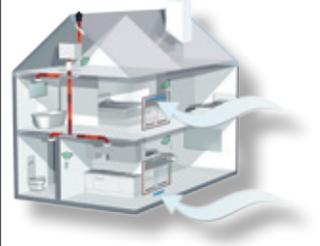


Figura 5.15. Admisión de aire exterior para la combustión.



# 6

## CONTROL Y REGULACIÓN DEL SISTEMA



### 6.1. Control de la instalación

Para comprobar que el sistema esté bien instalado, proporcionando los caudales necesarios en las distintas zonas, hay que realizar los controles pertinentes.

Faltas o cambios realizados sobre el cálculo inicial del proyecto pueden dar como resultado que el sistema de renovación de aire sea deficiente y se reduzca su vida útil, pero, sobre todo, que no aporte el aire suficiente, con las consecuencias incalculables sobre su influencia en la salud de los ocupantes.

#### *Pasos por fachada y techos*

Durante la obra se tiene que controlar lo siguiente:

- Ubicación correcta.
- Pendiente del conducto en pared (unidades en fachada).
- Diámetro del conducto.
- Estanqueidad al agua.
- Limpieza durante la obra.
- Aislamiento acústico del paso de paredes.

#### *Control final*

Se tiene que controlar visualmente la instalación final con respecto al diseño original de la instalación en los siguientes puntos:

- Conductos con diámetros correctos y firmemente montados con soportes de menos de 2 m de separación.



### Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

- Mínima utilización de tubos flexibles: montarlos extendidos, de menos de 0,5 m de longitud y menos de 45°.
- Disponer de aberturas de paso de aire de suficiente sección en las puertas interiores (sistema C y D descentralizado).
- Silenciadores y conductos térmicos.
- Suministro de los componentes y equipos planificados según el diseño inicial de la instalación.
- Enchufes, cables de los distintos equipos y comunicación.
- Filtros de aire adecuados.
- Correcta instalación de los conductos, unión hermética entre éstos y las bocas de aire.
- Interruptor para el apagado de emergencia del sistema.
- Existencia, si fuera necesario, de válvulas anti-incendio, anti-retorno, etc.
- Montaje en pared sólida con dispositivos anti-vibratorios del recuperador de calor y del extractor de vivienda.

### **Pruebas iniciales en una promoción**

En el caso de la realización de una promoción de múltiples viviendas o apartamentos, es aconsejable realizar una vivienda/piso piloto, poniendo el sistema y controlando sus caudales, nivel sonoro, etc. En caso de deficiencia se puede modificar y mejorar la instalación para, finalmente, realizar la correcta instalación en el resto de la promoción.

## **6.2. Regulación del sistema de ventilación**

Un sistema mecánico de renovación de aire exige regulación una vez acabada la instalación. Este proceso viene a durar una hora, pero es de gran importancia para asegurar el buen funcionamiento del sistema.



**Foto 6.1.** Equipo de medición de caudal con pérdida de presión compensada con un alcance, por ejemplo, entre 15 y 225 m<sup>3</sup>/h para aplicaciones en viviendas (UNE12599).



### ***Pasos para regular el sistema***

En el caso de regulación de sistemas C o D descentralizado, se debe seguir la siguiente secuencia:

1. Cerrar ventanas y puertas exteriores / interiores.
2. Abrir el sistema de admisión de aire exterior:
  - poner las rejillas de ventilación al máximo.
  - poner las unidades de ventilación mecánicas descentralizadas al caudal según cálculo.
3. Controlar las aberturas de paso en las puertas.
4. Poner todas las válvulas/bocas de aire en su máxima abertura.
5. En el extractor, preseleccionar un ajuste aproximado del caudal máximo calculado para la vivienda (ver cuadro de caudales del extractor).
6. Poner regulador de caudal del extractor en máximo (posición 3\*).
7. Medir y apuntar el caudal de cada toma. Sumar el total y apuntarlo.
8. Aumentar o disminuir el caudal del extractor ajustando los dipswit-ches hasta conseguir el caudal necesario para la vivienda. Si el ventilador no alcanza el caudal necesario calculado (por ejemplo, debido a conductos chafados), habrá que revisar y mejorar la instalación, pérdidas de carga, etc.



## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

9. Equilibrar las válvulas, empezando por la más lejana al extractor, modificando su posición de abertura para ajustar al caudal de la estancia.
10. Marcar y apuntar la posición de cada boca.
11. Comprobar que se mantiene el caudal necesario con los dip-switches ajustados en el punto 4.
12. Si es necesario modificarlo, comprobar, ajustar y apuntar los últimos resultados.
13. Una vez comprobado el ajuste de las válvulas / bocas de aire, éstas se tienen que fijar en su posición y marcar con el nombre de la estancia.

El objetivo es conseguir el caudal necesario con el mínimo régimen posible del motor para reducir al máximo el nivel sonoro.

La posición media (2) se puede regular al 60% de la capacidad en la posición 3, y la baja (1) al 25% para, por ejemplo, ausencia de ocupación.

Para el sistema D centralizado el sistema de regulación es muy similar, aunque se recomienda recurrir a las instrucciones del fabricante.

**Tabla 6.1.** Los ajustes de los caudales del extractor permiten adaptarse a la instalación. A menor pérdida de carga, mayor eficiencia del sistema.

Posición	Curva Ajuste (Número)	Caudal de aire Qv (m <sup>3</sup> /h)	Presión Pf (Pa)	Potencia absorbida Pe (Watt)	Corriente In (A)	Cos φ (Cos φ)	Potencia sonora de aspiración LwA (dB[A])*	Potencia sonora del equipo LwA (dB[A])*
Ausente	0	38	4	2	0,05	0,24	24	28
Baja	1a	45	5	2	0,05	0,25	24	28
Baja	2a	78	12	3	0,05	0,27	27	29
Media	3a	150	46	7	0,09	0,34	41	37
Media	4a	171	62	9	0,12	0,36	44	39
Media	5a	216	100	15	0,18	0,39	49	43
Media	6a	222	101	16	0,18	0,39	49	43
Media	7a	245	123	20	0,22	0,41	53	46
Media	8a	270	150	27	0,28	0,43	55	49
Media	9a	293	176	32	0,33	0,43	57	51
Media	10a	295	178	33	0,33	0,44	57	51
Alta	11a	245	123	20	0,22	0,41	53	46
Alta	12a	312	198	38	0,37	0,44	60	53
Alta	13a	318	208	40	0,39	0,45	63	53
Alta	14a	342	241	50	0,47	0,46	64	55



En viviendas de menores dimensiones o bien en viviendas con un extractor con mayor margen de caudal, se podrá regular el sistema de ventilación con el extractor en la posición media (2) para cumplir las necesidades básicas. La posición máxima (3) dará un margen extra para invitados en casa, fiesta, *night cooling*, etc.

En los nuevos extractores para vivienda en el mercado, se dispone de más opciones de regulación para mayor ahorro energético y confort del usuario.

En sistemas C (con extracción centralizada) equipados con un extractor inteligente bajo demanda con sensores de  $\text{CO}_2$ , VOC y humedad relativa, no es necesario realizar el equilibrado de la instalación porque se realiza de forma automática. Estos equipos mejoran el nivel sonoro, ya que con menor demanda ajustan la abertura de las válvulas buscando el mínimo régimen posible del ventilador.

### **Regulación de unidades mecánicas descentralizadas en fachada**

Las unidades en fachada se deberían medir en el exterior de la fachada donde se encuentran las rejillas de admisión de aire. En el caso de no poder acceder fácilmente, se debe dirigir a la documentación del fabricante.

Con el mando manual se puede poner un caudal fijo por encima del caudal que regula la unidad por medio del sensor de  $\text{CO}_2$ . Debido a que estos equipos no sufren pérdida de carga, ya que prescinden de conductos de admisión de aire, se puede regular la instalación fácilmente con suficiente exactitud.

### **Control visual periódico del sistema de ventilación**

Un control visual de la instalación puede ofrecer un primer y rápido análisis del funcionamiento, de las posibles quejas de los usuarios o de la disminución de las prestaciones del sistema. Algunos indicadores de problemas de los sistemas mecánicos son los siguientes:

- Circuito de conductos:
  - Suciedad en los conductos.



## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

- Accesibilidad para mantenimiento.
- Evidencias de falta de estanqueidad y posibles fugas.
- Calidad del aislamiento del conducto (si procede).
- Puntos críticos de pérdida de carga y producción de ruido.
- Válvulas, rejillas y bocas de aire:
  - Suciedad en las entradas y/o salidas de aire.
  - Suciedad de las aberturas y/o rejillas para admisión de aire desde el exterior, dependiendo de la zona exterior alrededor de la vivienda.
  - Evidencias de falta de estanqueidad y posibles fugas en la conexión al conducto.
- Unidad de extracción de aire, recuperador de calor o extractor de techo:
  - Suciedad en motor / aspas, filtros e intercambiador de calor.
  - Difícil acceso para el mantenimiento
  - Falta de salida de desagüe (sólo sistema D centralizado).
  - Inexistencia de silenciadores.
- Mando de control:
  - Funcionamiento en las distintas posiciones.
  - Sensores en los sistemas por demanda.
  - Carga de las pilas (suelen durar hasta 10 años).

### 6.3. Mantenimiento y limpieza

El seguimiento de un plan de limpieza y mantenimiento del sistema de ventilación es tan importante como una buena instalación, para que tanto la calidad del aire en la vivienda como la vida útil del sistema sean óptimas.

Hay operaciones que puede realizar el propio usuario de la vivienda, pero hay algunas de ellas en las que es necesaria la intervención de profesionales especializados.



## **Conductos**

Mediante una observación endoscópica se puede determinar el grado de suciedad de los conductos. Debe haber aberturas ( $\pm 15$  mm) en el conducto, que después del estudio tienen que cerrarse.

Para la limpieza tiene que haber trampillas o accesorios que faciliten el acceso a los conductos con equipos de limpieza. La suciedad se acumula principalmente en curvas, cambios de diámetro y otros elementos como intercambiador de calor, ventiladores, válvulas y bocas.

La limpieza de conductos es un trabajo especializado. El mantenimiento periódico (sistemas de recuperador de calor) lo tiene que realizar una empresa profesional especializada.

## **Recuperador de calor (sistema D centralizado)**

La limpieza de este sistema se tiene que realizar por la empresa instaladora o mantenedora con un estricto plan periódico. Los cambios o sustitución de los filtros los puede hacer el usuario.

El mantenimiento periódico ha de observar, al menos, las siguientes tareas de control y limpieza:

- Las lamas del intercambiador de calor.
- Compartimento del intercambiador.
- Los ventiladores.
- Compartimentos del aire, desagüe y posibles sensores.
- Regulación de las velocidades, anti-helada, bypass y cableados.
- Filtros (limpieza o sustitución).

## **Unidad de extracción de vivienda**

El extractor solo necesita la limpieza periódica del ventilador (por ejemplo, cada 2 años). El usuario puede realizar fácilmente la limpieza con una brocha, un producto de limpieza y una aspiradora adecuada. Hay unidades de extracción que están pensadas para un fácil desmontaje del motor.



## Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial

Para una limpieza profesional se suele utilizar un sistema de limpieza por ultrasonidos.



**Foto 6.2.** Hélice muy sucia (izquierda) y hélice tras limpieza con ultrasonido (derecha).

### ***Unidad de recuperación de calor descentralizada en fachada***

La limpieza interna la realiza una empresa mantenedora, mientras que el usuario puede realizar la limpieza y mantenimiento de los filtros.

El mantenimiento debe observar, al menos, las siguientes tareas de control y limpieza:

- El ventilador.
- Las lamas del intercambiador de calor.
- Filtros (limpieza o sustitución).
- Compartimentos del aire, posibles sensores y regulación de velocidad.



**Foto 6.3.** Diferencia entre filtro limpio y sucio.



### ***Unidad de ventilación mecánica descentralizada en fachada***

El usuario puede realizar la limpieza y mantenimiento de los filtros.

El mantenimiento debe observar, al menos, las siguientes tareas de control y limpieza:

- El filtro (limpieza o sustitución).
- El ventilador.
- Limpieza.
- Regulación de las velocidades.

Un ventilador de una unidad de fachada suele tener las aspas hacia atrás, por lo que favorece que no se acumule suciedad.

### **6.4. Posibles errores en la instalación**

Algunos de los fallos más frecuentes en la instalación que aumentan el nivel de quejas por parte del usuario son:

#### ***En el Sistema D centralizado:***

- Cambio por confusión entre silenciador y conducto térmico.
- Mala estanqueidad.
- Demasiadas curvas en el conducto flexible.
- Rejillas de impulsión orientables mal dirigidas.

#### ***Fallos generales en instalaciones de ventilación:***

- Huecos alrededor de válvulas anti-incendios no herméticamente cerrados.
- Mala regulación de las bocas de aire: poco o demasiado caudal.
- Las bocas de aire no se han fijado en la posición de caudal equilibrado.
- Las bocas de aire no están marcadas con el nombre de la estancia.
- Los ajustes de la bocas de aire no se anotan en un documento para al usuario.



- Mando manual de los ventiladores conectado incorrectamente.
- Equipos mecánicos instalados en un lugar de difícil acceso.
- Equipos mecánicos instalados en una pared sin la suficiente firmeza.

**Algunos ejemplos de instalaciones incorrectas:**



**Foto 6.4.** Conducto que acumulará suciedad por los tornillos y dificultará la limpieza.

**Tabla 6.2.** Tornillos y remaches adecuados para la fijación de conductos si fuera necesario.

	<p><b>Tornillo con punta afilada</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy estanco</li> <li>• Fuerte, ya que forma un cuello con la chapa fina</li> </ul>
	<p><b>Tornillo autoperforante con punta reducida</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy estanco</li> <li>• Fuerte ya que solo se perfora un pequeño taladro en la chapa</li> </ul>
	<p><b>Tornillo autoperforante</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No estanco</li> <li>• Débil ya que se perfora un taladro considerable en la chapa</li> </ul>
	<p><b>Remache ciego a prueba de presión</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muy estanco</li> <li>• Fuerte</li> <li>• Muy laborioso de instalar</li> </ul>
	<p><b>Remache ciego</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No estanco si cae la capa interior</li> <li>• Fuerte</li> <li>• Laborioso de instalar</li> </ul>



Foto 6.5. Conductos flexibles con T's y muchas curvas.



Foto 6.6. Yeso, aislamiento y escombros en el tubo de admisión de aire de una unidad descentralizada en fachada.



Foto 6.7. Fuga de aire que provocará: disminución del caudal, menor eficiencia energética y ruido.



**Foto 6.8.** Unidad de extracción de aire mal conectada debido a: disminución de la sección, curva forzada e instalación en tubo flexible sin estirar y de más de 0,5 m.

# 7

## BIBLIOGRAFÍA

- RITE 2007/2013.
- CTE 2006/2013.
- UNE 13779.
- TNO (Instituto Holandés de Investigación Científica Orientado a la Práctica).
- ISSO (Instituto Holandés de Conocimientos del Sector de Instalaciones).
- Ole Fanger: Thermal Comfort.
- VEA (Agencia de Energía de Flandes).
- ASHRAE.
- DTIE ATECYR.
- Normativas sobre nivel sonoro en vivienda en Dinamarca y Holanda.

Esta Guía se ha elaborado con el objetivo de crear un documento no solo teórico si no, sobre todo, eminentemente práctico, recogiendo experiencias, tanto positivas como negativas de instalaciones reales.

Damos las gracias a las personas de diferentes campos vinculados a la ventilación como fabricantes, docentes, con especial mención a Jan Verdonck-comisario NEN y Presidente del VLA, instaladores, project managers, de países como Bélgica, Dinamarca, España y Holanda.



