

---

# La ventilación en edificios residenciales.

---

Estudio de conductos verticales.

---

Máster de Investigación en  
Arquitectura 2.014 - 2.015.

---

Sergio Mendoza Martínez.

---

INTRODUCCIÓN	5
NOCIONES PREVIAS	9
<b>2.1 PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS</b>	<b>10</b>
<b>2.2 CONSIDERACIONES FÍSICAS</b>	<b>15</b>
<b>2.3 ECUACIONES DE LAS CAPAS LÍMITE</b>	<b>18</b>
<b>2.4 CONSIDERACIONES EN CONDUCTOS</b>	<b>22</b>
<b>2.5 FLUJO LAMINAR EN CONDUCTOS</b>	<b>29</b>
<b>2.6 CONCLUSIÓN</b>	<b>34</b>
ESTUDIO DE TEORÍAS SOBRE CONDUCTOS DE VENTILACIÓN	35
<b>3.1 2013 ASHRAE HANDBOOK: FUNDAMENTALS.</b>	<b>36</b>
3.1.1 MECANISMOS CONDUCTORES PARA LA VENTILACIÓN.	36
3.1.2. CONSIDERACIONES EN CONDUCTOS.	40
3.1.3. RESISTENCIA DEL FLUIDO.	42
<b>3.2 VENTILATION OF BUILDINGS</b>	<b>44</b>
3.2.1 MECANISMOS CONDUCTORES PARA LA VENTILACIÓN.	44
3.2.2. CONSIDERACIONES EN CONDUCTOS.	47
3.2.3. RESISTENCIA DEL FLUIDO	48
<b>3.3 BUILDING VENTILATION, THEORY AND MEASUREMENTS</b>	<b>49</b>
3.3.1 MECANISMOS CONDUCTORES PARA LA VENTILACIÓN E INFILTRACIÓN.	49
3.3.2. CONSIDERACIONES EN CONDUCTOS.	53
3.2.3. RESISTENCIA DEL FLUIDO	53
<b>3.4 SISTEMAS DE VENTILACIÓN</b>	<b>54</b>
3.4.1 MECANISMOS CONDUCTORES PARA LA VENTILACIÓN.	54
3.4.2. CONSIDERACIONES EN CONDUCTOS.	56
3.4.3. RESISTENCIA DEL FLUIDO.	56
<b>3.5 ESTUDIO COMPARATIVO</b>	<b>57</b>
3.5.1 2013 ASHRAE HANDBOOK: FUNDAMENTALS	58
3.5.2 VENTILATION OF BUILDINGS	62

3.5.3 BUILDING VENTILATION, THEORY AND MEASUREMENTS	65
3.5.4 SISTEMAS DE VENTILACIÓN	69
3.5.5 TABLA COMPARATIVA.	72
<b>3.6 CONCLUSIÓN</b>	<b>73</b>
<hr/>	
DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA NORMATIVA DE VENTILACIÓN	75
<b>4.1 VITRUVIO</b>	<b>76</b>
<b>4.2 SIGLO XIX EUROPEO</b>	<b>78</b>
<b>4.3 SIGLO XIX ESPAÑOL</b>	<b>81</b>
<b>4.4 NORMATIVA HIGIÉNICA ESPAÑOLA EN EL ÁMBITO DE LA CONSTRUCCIÓN</b>	<b>84</b>
4.4.1. LEY DE CASAS BARATAS DEL AÑO 1.911.	84
4.4.2. LA LEY DE CASAS BARATAS DEL AÑO 1.921	86
4.4.3. LA CREACIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE VIVIENDA 1.939	90
4.4.4. VIVIENDA BONIFICABLES.	92
4.4.5. VIVIENDAS DE RENTA LIMITADA.	93
4.4.6. VIVIENDAS DE PROTECCIÓN OFICIAL.	97
4.4.7. VIVIENDA SOCIAL.	100
4.4.8. NORMAS TECNOLÓGICAS DE LA EDIFICACIÓN.	102
4.4.9. NORMAS BÁSICAS DE LA EDIFICACIÓN – NBE.	108
4.4.10. REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS Y SUS INSTRUCCIONES TÉCNICAS.	110
4.4.11. LEY ORDENACIÓN DE LA EDIFICACIÓN.	114
4.4.12. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.	114
4.4.14 NORMAS UNE.	117
<b>4.5 CONCLUSIÓN</b>	<b>121</b>
<hr/>	
EVOLUCIÓN CONSTRUCTIVA DE LOS CONDUCTOS DE VENTILACIÓN	123
<b>5.1 LA VENTILACIÓN COMO RECURSO ARQUITECTÓNICO.</b>	<b>124</b>
5.1.1 CONSTRUCCIONES TRADICIONALES.	124
5.1.2 VIVIENDAS TRADICIONALES.	127
5.1.3 ARQUITECTURA MODERNA.	131

<b>5.2 EVOLUCIÓN CONSTRUCTIVA EN LA NORMATIVA ESPAÑOLA.</b>	<b>137</b>
5.2.1 LEY DE CASAS BARATAS DEL AÑO 1.911	137
5.2.2 LEY DE CASAS BARATAS DEL AÑO 1.922	138
5.2.3 LA CREACIÓN DEL INSTITUTO NACIONAL DE VIVIENDA 1.939	139
5.2.4 VIVIENDAS BONIFICABLES.	139
5.2.5 VIVIENDAS DE RENTA LIMITADA.	140
5.2.6 VIVIENDAS DE PROTECCIÓN OFICIAL.	144
5.2.7 VIVIENDA SOCIAL.	145
5.2.8 NORMAS TECNOLÓGICAS DE LA EDIFICACIÓN.	145
5.2.9 NORMAS BÁSICAS DE LA EDIFICACIÓN – NBE.	151
5.2.10 REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS.	151
5.2.11 LEY DE ORDENACIÓN DE LA EDIFICACIÓN.	151
5.2.12 CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.	151
5.2.13 NORMAS UNE.	155
<b>5.2 CONCLUSIÓN</b>	<b>157</b>
<u>ÁMBITO EXPERIMENTAL DE ESTUDIO</u>	<u>159</u>
6.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁMBITO.	160
6.2. TIPOS DE CONDUCTOS A ENSAYAR.	161
6.3. INSTRUMENTAL TÉCNICO.	162
<u>CONCLUSIONES GENERALES</u>	<u>165</u>
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>169</u>
8.1. BIBLIOGRAFÍA GENERAL.	170
8.2. BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA.	171
8.3. NORMATIVA.	172
8.4. NORMAS UNE.	175
8.5. PÁGINAS WEB.	176





---

# *INTRODUCCIÓN*

---

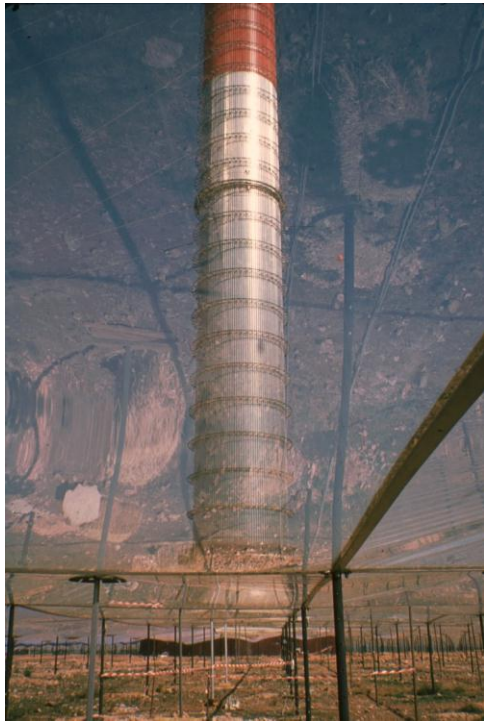


Fig. 1 - 1 Torre solar de Manzanares.

El origen del interés personal por el tema de los conductos de ventilación proviene de una obsesión particular por la torre solar de Manzanares.

Una "pequeña" estructura de diez metros de diámetro y doscientos de alto que estuvo en funcionamiento desde el año 1982 hasta el año 1989.

Fuente: <http://tectonicablog.com/>

## 1. INTRODUCCIÓN

La ventilación de los edificios ha ido cobrando una mayor importancia en los últimos años debido a las mejoras experimentadas en el ámbito de la construcción. Hoy en día podemos construir edificios completamente herméticos, lo que nos permite un control completo del ambiente en su interior. Sin embargo, los edificios necesitan respirar. Necesitan renovar el aire contenido en su interior para evitar que se vuelva insalubre, debido a la presencia de diversos agentes patógenos. Aquí es donde intervienen los conductos de ventilación.

La salubridad asociada a la arquitectura se ha tratado prácticamente desde los orígenes de la arquitectura. Los antiguos romanos trataban sus templos dedicados a divinidades asociadas a la salud de una manera específica para que dispusieran unas condiciones privilegiadas de soleamiento y ventilación. Con la revolución industrial en la Europa del siglo XIX se alcanzaron unas cotas de mortalidad muy elevadas, respondiendo en gran parte a la insalubridad con la que se vivía en las hacinadas ciudades.

Los médicos de la época dieron un paso al frente para solucionar los problemas a los que se enfrentaban. Se fueron generando leyes de tal modo que se pudieran ir controlando los aspectos que se consideraban fundamentales en cada momento. Las leyes pronto saltaron el campo de la medicina para ocuparse de otros ámbitos, también el de la arquitectura. De este modo los aspectos salubres empiezan a considerarse en la arquitectura, siendo la ventilación uno de los pilares fundamentales y para la cual, los conductos de ventilación se desarrollan.

Los conductos de ventilación, según la legislación actual, son de obligada presencia en los edificios residenciales. Esta condición no era así en un principio. Antiguamente los edificios eran muy permeables y ventilaban de manera natural. Hoy en día los edificios presentan unas calidades constructivas que permiten crear edificios completamente estancos de cara a minimizar las pérdidas de calor (o frío) y reducir el consumo energético. Se controlan las entradas de aire y deberían controlarse también las salidas, que se producen de manera casi exclusiva por los conductos de ventilación.

La obligatoriedad de la presencia de los conductos de ventilación verticales viene también acompañada de la obligatoriedad de ventilación forzada, o híbrida. Es decir, de la necesidad de la presencia de una máquina para el funcionamiento del sistema de ventilación. Hoy en día buscamos edificios con el mínimo consumo energético, por lo que no parece idóneo que el sistema de ventilación deba venir acompañado de un elemento mecánico para su funcionamiento. El objetivo fundamental de este trabajo es establecer las bases para posibilitar un sistema de ventilación mediante conductos de ventilación verticales que garantice de manera natural su funcionamiento.

La ventilación natural no es algo nuevo. Existen multitud de técnicas tradicionales que producen renovaciones de aire gracias al movimiento natural del mismo. El primer ejemplo lo podemos encontrar en los típicos hórreos del norte de España. Pero las condiciones de ventilación se ven aplicadas en diferentes tipos de clima, como en zona de la estepa de Mongolia con las yurtas o incluso en el desierto con las típicas tiendas negras beduinas. La observación y la consideración de la tradición popular han llevado a muchos arquitectos modernos a aplicar algunos de estos sistemas en sus edificios.

El conocimiento de los fundamentos físicos que rigen estos mecanismos naturales de ventilación es esencial para poder aplicarlos de manera efectiva en los edificios. El aire, como el resto de fluidos, tiene una serie de comportamientos específicos debido a sus propiedades físicas. La aplicación de estas propiedades en los conductos de ventilación implica una serie de modificaciones que deben ser puntualizadas. Es importante esta consideración de cara al cálculo, pero también de cara a las mediciones experimentales para, por ejemplo, no confundir mediciones en la región de la capa límite o fuera de ella.

Distintos autores han elaborado teorías acerca de los conductos de ventilación. La selección de los más influyentes y representativos permite tener una aproximación a la evolución de estas teorías. Existe una evolución notable en cuanto a la preocupación tanto de arquitectos como de profesionales de otros campos de cara a la ventilación. A pesar de ello existe todavía desarrollo para nuevos estudios, sobre todo en el campo de las consideraciones naturales y sus implicaciones en los edificios residenciales.

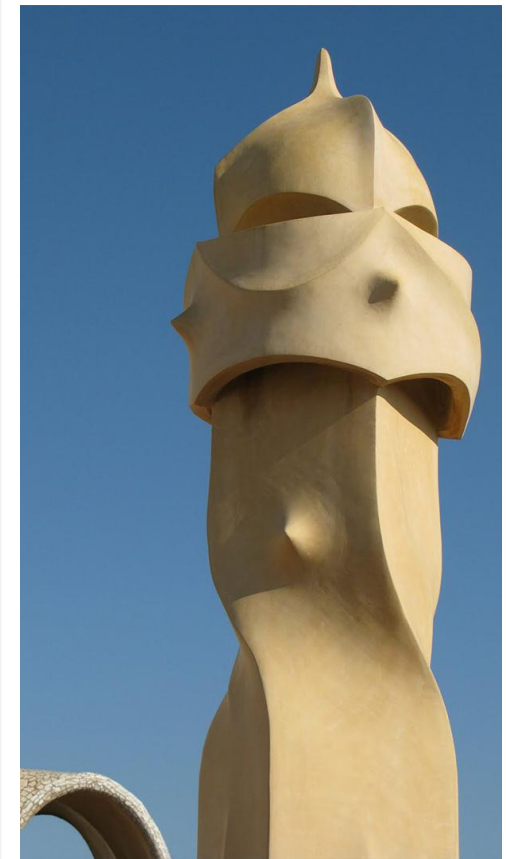


Fig. 1 - 2 Chimenea de ventilación.

Edificio la Pedrera.  
Gaudí, 1906 – 1912.

Fuente: genius.com

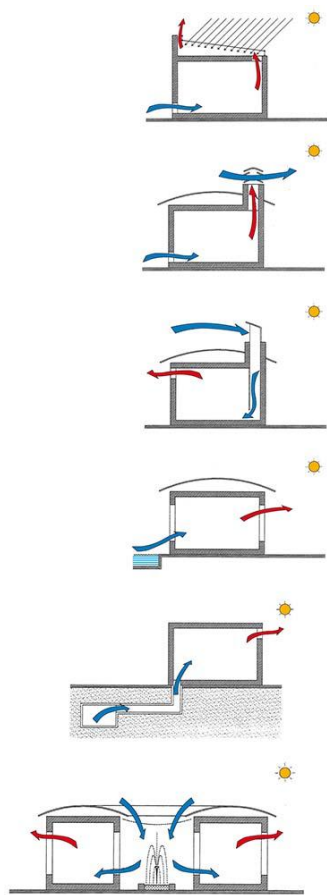


Fig. 1 - 3 Esquemas de ventilación natural tradicionales.

Con el estudio de estos elementos se obtiene una fuente de conocimiento estable para poder desarrollar un trabajo de investigación acerca de los conductos de ventilación verticales. Las bases de los fundamentos físicos y las teorías acerca de la ventilación y de los conductos proporcionan las herramientas de trabajo de cara a la elaboración de ensayos experimentales que permitan definir y cuantificar los factores más relevantes de los mismos. El objetivo final es plantear la posibilidad de que en la normativa española actual se permita la consideración de introducir sistemas de ventilación a través de conductos con un funcionamiento natural. El objetivo es seguir mejorando la eficiencia energética de los edificios.

# NOCIONES PREVIAS

En todo trabajo de investigación es necesaria una fuente de conocimientos que permitan abordar con seguridad los procesos a desarrollar. Es por esto que se elabora en este capítulo un documento de referencia en el que se recogen los conceptos físicos que intervienen en el estudio de los conductos de ventilación verticales.

En una primera parte se analizan en profundidad las propiedades físicas de los fluidos. Una vez que se conocen estas, se puede comenzar el análisis de sus movimientos. Cuando los fluidos se mueven se desarrollan en su interior una serie de capas que responden a distintos condicionantes. Los extremos de estas capas quedan definidos en unos límites que se rigen según unas relaciones numéricas.

Por último, estas condiciones se ven aplicadas en los conductos de manera exclusiva, viéndose modificadas de manera particular. En el caso de los conductos de ventilación verticales en edificios residenciales se presenta una situación específica. En su interior se desarrolla un flujo laminar en sentido ascendente (o descendente) que siguiendo las reglas generales de los fluidos presenta una situación concreta que debe ser estudiada.

## Índice del capítulo

<u>PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS</u>	<u>10</u>
<u>CONSIDERACIONES FÍSICAS</u> .....	<u>15</u>
<u>ECUACIONES DE LAS CAPAS</u> <u>LÍMITE</u> .....	<u>18</u>
<u>CONSIDERACIONES EN</u> <u>CONDUCTOS</u> .....	<u>22</u>
<u>FLUJO LAMINAR EN CONDUCTOS</u> .....	<u>29</u>
<u>CONCLUSIÓN</u> .....	<u>34</u>

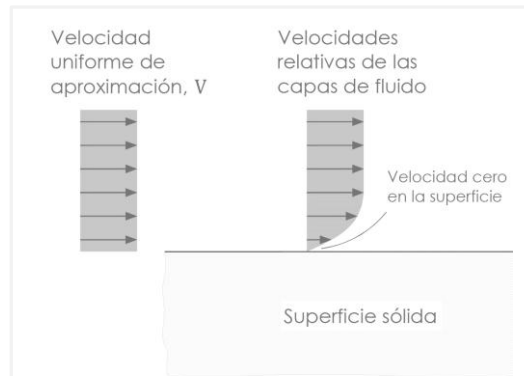


Fig. 2- 1 Condición de no deslizamiento.

Un fluido con velocidad uniforme experimenta una variación en su perfil de velocidad al entrar en contacto con una superficie sólida sin movimiento.

## 2. NOCIONES PREVIAS

### 2.1 PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

Un fluido se define como una sustancia en estado líquido o gaseoso. La mecánica de fluidos es la ciencia que estudia el comportamiento de los fluidos tanto en estado de reposo como en movimiento y la interacción de los mismos con sólidos u otros fluidos, en las fronteras. Gracias al estudio de estos comportamientos, podemos establecer unas características generales.

#### 1. Densidad.

La densidad,  $\rho$ , de un fluido es su cantidad de masa por unidad de volumen:

$$\rho = m/V \quad \text{Ecuación 2- 1}$$

Los valores de densidad del aire y del agua en condiciones estándar 20 °C y presión atmosférica al nivel del mar, son:

$$\rho_{\text{aire}} = 1.20 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Ecuación 2- 2}$$

$$\rho_{\text{agua}} = 998 \text{ kg/m}^3 \quad \text{Ecuación 2- 3}$$

#### 2. Condición de no deslizamiento.

Un fluido en movimiento en contacto directo con un sólido no poroso, presenta una velocidad igual a cero en la superficie de contacto con el mismo. Esta característica presente en todos los fluidos se conoce como condición de no deslizamiento. Esta ausencia de movimiento en la cara de contacto se debe a los efectos viscosos propios del fluido.

Desde la superficie del sólido se desarrolla un gradiente de velocidad debido a la adherencia. La capa adherida, con velocidad cero, desacelera a su capa de fluido adyacente debido a la viscosidad del mismo. Este efecto se prolonga en capas sucesivas hasta la capa límite, una región del flujo en la que los efectos viscosos dejan de ser significativos.

### 3. Región viscosa.

Todos los fluidos tienen una propiedad denominada viscosidad, que se define como la resistencia interna del fluido al movimiento. Esta propiedad es debida a la presencia de fuerzas de cohesión entre las moléculas, para el caso de los líquidos; o por la presencia de colisiones moleculares, en el caso de los gases.

Cuando esta propiedad alcanza un valor alto, el fluido se denomina flujo viscoso. Como he dicho anteriormente, esta propiedad está presente en todos los fluidos. A pesar de ello, en muchos fluidos existen regiones donde las fuerzas viscosas pueden llegar a desprejarse en comparación con otros valores como las fuerzas de inercia o las fuerzas de presión. La asimilación de estas regiones de fluido como regiones de flujo no viscoso permite realizar análisis más sencillos en comparación.

En un análisis experimental como el elaborado por el Comité Nacional de Películas de Fluidos Mecánicos (National Committee from Fluid Mechanics Films), recogido en la fig. 2 - 2, puede observarse esta propiedad. Se muestra un fluido en desarrollo a velocidad uniforme al que se le inserta una placa plana paralela a la dirección del flujo (representado en color azul). El flujo, como consecuencia de esta inserción, se ve modificado en su desarrollo.

Se produce un efecto de adhesión del fluido a la placa en ambos lados por la condición de no deslizamiento. A medida que el fluido se aleja de la placa los efectos viscosos son menos representativos hasta llegar a la capa límite. La región del flujo más cercana a la placa es la región de flujo viscoso, siendo la más alejada la no afectada por la presencia de la misma, la región de flujo no viscoso.

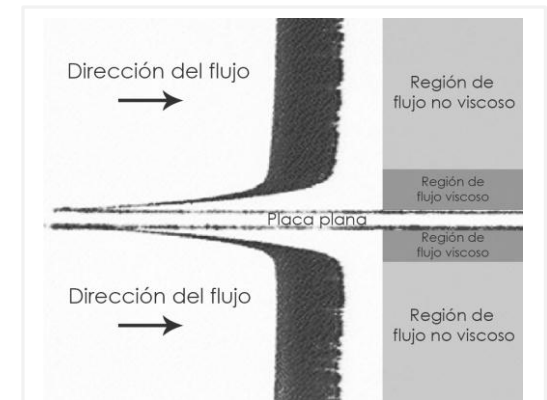


Fig. 2 - 2 Región viscosa

Un flujo de fluido uniforme ve modificada su uniformidad al encontrarse con una placa plana.

La región más próxima a la placa se ve afectada por la condición de no deslizamiento y recibe el nombre de región de flujo viscoso.

La zona más alejada de la placa, donde los efectos de la viscosidad no son representativos, recibe el nombre de región de flujo no viscoso.



Viscosidades dinámicas de fluidos a 1 atm.	
Fluido	Viscosidad dinámica $\mu$ , kg/m.s
Agua:	
0° C	0,0018
20°C	0,0010
100°C (líquido)	0,00003
100°C (vapor)	0,000013
Aire:	
20°C	0,000018
Hidrógeno:	
0°C	0,000009

Tabla 2 - 1

Viscosidades cinemáticas de fluidos a 1 atm.	
Fluido	Viscosidad cinemática $\nu$ , m <sup>2</sup> /s
Agua:	
0° C	1,785 · 10 <sup>-6</sup>
20°C	1,003 · 10 <sup>-6</sup>
100°C (líquido)	0,294 · 10 <sup>-6</sup>
100°C (vapor)	0,157 · 10 <sup>-6</sup>
Aire:	
20°C	0,1516 · 10 <sup>-6</sup>
Hidrógeno:	
0°C	0,9329 · 10 <sup>-6</sup>

Tabla 2 - 2

#### 4. Esfuerzo cortante.

Ya sabemos que existe una fuerza de arrastre entre un fluido y una superficie de contacto debido a la fricción. La fuerza de fricción por unidad de superficie se denomina esfuerzo cortante y se simboliza por  $\tau$ . En la mayoría de los fluidos existe una proporcionalidad entre el gradiente de velocidad y esfuerzo cortante en la superficie de contacto que responde a la siguiente ecuación:

$$\tau_s = \mu \left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{y=0} \quad \text{Ecuación 2- 4}$$

en la que  $\mu$  es una constante de proporcionalidad denominada viscosidad dinámica. Si el fluido en cuestión responde a esta ecuación, nos encontramos ante un fluido newtoniano.

En ocasiones se representa la viscosidad cinemática de un fluido en función de su densidad. Esta razón se conoce como viscosidad cinemática y se representa como:

$$\nu = \mu / \rho \quad \text{Ecuación 2- 5}$$

#### 5. Compresibilidad.

La variación de la densidad de un fluido es el factor que determina si el fluido se considera compresible o incompresible. Cuando la densidad es casi constante en toda la extensión del flujo, el fluido puede considerarse incompresible. En caso contrario se considerará compresible.

De manera general, se considera que los líquidos son fluidos incompresibles. Esto es porque su densidad sufre pequeñas variaciones con respecto, por ejemplo, a los cambios de presión. Por otro lado, se considera que los gases son fluidos muy compresibles. Una pequeña variación de presión puede causar un cambio en la densidad de los gases.

Puede aproximarse la consideración de un gas como fluido incompresible en función del número de Mach:

$$Ma = V/c$$

Ecuación 2- 6

Donde V es la velocidad del fluido gaseoso y c es la velocidad del sonido<sup>1</sup>.

Un gas puede considerarse incompresible cuando su variación de densidad es inferior al 5%, que suele ocurrir cuando  $Ma < 0,30$ . Es decir, podemos considerar que el aire es incompresible en velocidades inferiores a, aproximadamente, 100 m/s.

## 6. Régimen de flujo.

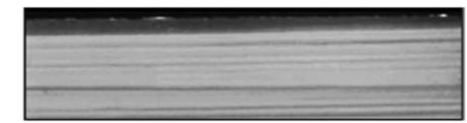
Existen tres tipos de régimen de flujo en fluidos. Su clasificación depende del tipo de movimiento de las partículas adyacentes de los mismos. De este modo, cuando el movimiento de estas partículas es muy ordenado, a modo de capas suaves, el régimen se clasifica como laminar. Por el contrario, cuando el movimiento de las partículas es desordenado, presentando fluctuaciones en la velocidad del fluido, el régimen es turbulento. La tercera clasificación es intermedia. Está presente cuando el flujo se alterna entre las dos clasificaciones y se denomina régimen de transición.

Todos los fluidos pueden presentar los tres regímenes de flujo. La velocidad y la viscosidad son las propiedades que más afectan al régimen. En velocidades bajas es más común la presencia de un flujo laminar, estando el flujo turbulento más presente en las velocidades elevadas. Por el contrario, una mayor viscosidad se relaciona con un régimen laminar, siendo los fluidos menos viscosos los que presentan el régimen turbulento con mayor facilidad.

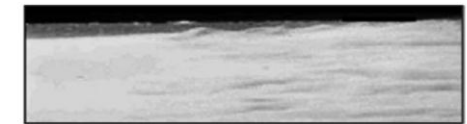
## 7. Inicio del movimiento.

El efecto de flotación hace que el aire caliente suba. Ningún elemento interviene en este movimiento. Por ser debido solo a medios naturales, se conoce como flujo natural. Si por el contrario, intervienen elementos externos, que hacen que los fluidos se muevan de manera no natural, se denomina flujo forzado.

<sup>1</sup> Velocidad del sonido del aire a temperatura ambiente y a nivel del mar:  $c = 346$  m/s.



Laminar



De transición



Turbulento

Fig. 2 - 3 Regímenes de flujo

Flujo laminar: ordenado, estratificado, suave.

Flujo de transición: estado mixto.

Flujo turbulento: desordenado, caótico, irregular.

Existen configuraciones que hacen que los fluidos se muevan de manera “natural”, como puede ser el efecto Venturi. Pero existen otras configuraciones que requieren la presencia de elementos mecánicos, como bombas o ventiladores, para producir movimientos. Esta última situación puede denominarse flujo mecánico.

#### 8. Estacionalidad.

Si determinamos un punto específico cualquiera de un flujo, y observamos que sus condiciones no cambian con el tiempo, podemos afirmar que nos encontramos ante un fluido estacionario. Si se producen modificaciones, en presión, velocidad, etc., el flujo es no estacionario. Podemos puntualizar más con la definición de flujo transitorio, que es un flujo no estacionario en desarrollo. Cuando las variaciones se suceden de manera repetida en el tiempo podemos utilizar el término periódico.

En un flujo estacionario, a diferencia de un flujo uniforme, los puntos colindantes del fluido pueden tener diferentes propiedades, pero esas propiedades serán invariantes a lo largo del tiempo.

#### 9. Dimensionalidad.

La distribución de velocidades caracteriza un campo de flujo. La dimensionalidad de un flujo depende de la variación de la velocidad en cada una de las direcciones del espacio. Si la velocidad varía en las tres direcciones, el flujo será tridimensional; bidimensional si lo hace solo en dos; y unidimensional si la variación se produce solo en una dirección espacial.

## 2.2 CONSIDERACIONES FÍSICAS

Tras la consideración de las propiedades de los fluidos, quiero desarrollar una apartado de consideraciones físicas. Las propiedades de los fluidos pueden ser interpretables de diversas maneras, llegando en ocasiones a simplificaciones que facilitan los cálculos. De este modo, procedo a elaborar una lista de consideraciones propias para este estudio.

### 1. Capa límite de la velocidad.

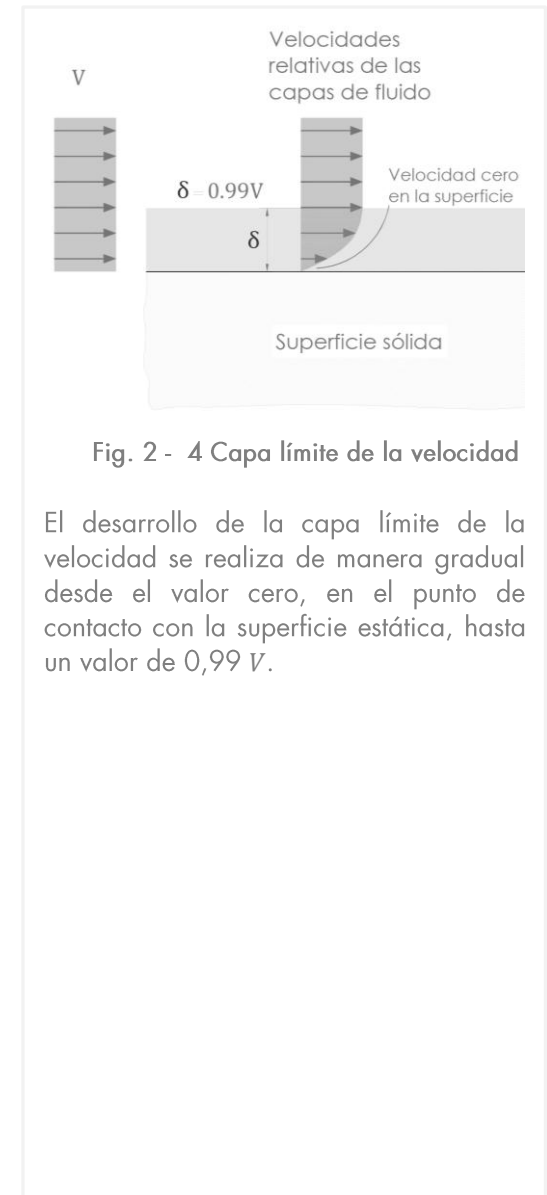
Ya sabemos, por la condición de no deslizamiento, que la cara de un fluido en contacto con una superficie presenta una velocidad nula. Esta capa adherida afecta a sus capas de fluido adyacentes como resultado de la fricción. Este efecto se prolonga, generando un gradiente de velocidades, hasta una distancia  $\delta$  normal a la superficie de contacto. A partir de esta capa la velocidad de la corriente apenas se ve modificada.

La región de flujo que se ve afectada por la viscosidad recibe el nombre de capa límite de la velocidad. Su espesor,  $\delta$ , se define como la distancia desde la superficie a partir de la cual la velocidad de corriente es igual a  $0.99 v$ .

Esta capa límite de la velocidad define dos regiones: la primera, comprendida entre la superficie de contacto y la capa límite, se denomina región de la capa límite; la segunda, sobrepasando la capa límite, se denomina región de flujo no viscoso.

### 2. Capa límite térmica.

Del mismo modo que existe una capa límite de la velocidad, existe una capa límite térmica. Un fluido, que tiene una temperatura específica, entra en contacto con una superficie, con una temperatura específica diferente. La cara del fluido en contacto con la superficie alcanza un equilibrio térmico con ella, transmitiendo la temperatura de manera gradual a sus capas



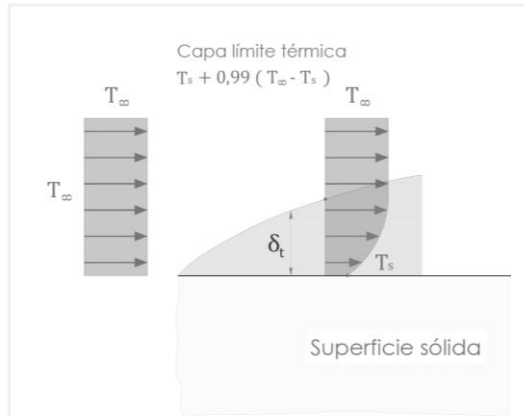


Fig. 2 - 5 Capa límite térmica.

El desarrollo de la capa límite térmica sigue los mismos principios que el desarrollo de la capa límite de la velocidad.

En el caso de que la temperatura del fluido sea superior a la temperatura de la superficie de contacto, el perfil desarrollado será similar al recogido en esta figura.

adyacentes. La región del flujo sobre la superficie en la cual la temperatura no experimenta una variación significativa se denomina capa límite térmica.

Para determinar su espesor,  $\delta_t$ , debemos establecer dos valores: la temperatura del fluido,  $T_\infty$ ; y la temperatura de la superficie,  $T_s$ . De este modo, el espesor de la capa límite térmica, se define como la distancia, desde la superficie de contacto, en la que la diferencia de temperatura  $T - T_s$  es igual a  $0.99 (T_\infty - T_s)$ , siendo  $T$  la temperatura media del fluido.

### 3. Número de Prandtl.

Existe una relación los espesores relativos de las capa límite de la velocidad y de la capa límite térmica. Con esta relación se puede determinar la velocidad de disipación de calor en los fluidos. En los metales líquidos, con número de Prandtl menores a 1, el calor se disipa con mucha velocidad. En el caso de los aceites, con número de Prandtl mayores a 1, el calor se disipa de manera más lenta.

$$\text{Pr} = \frac{\text{Difusividad molecular de la cantidad de movimiento}}{\text{Difusividad molecular del calor}} = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{\mu c_p}{k} \quad \text{Ecuación 2- 7}$$

### 4. Número de Reynolds.

Existe una relación entre los regímenes de flujo y la razón de las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas de un fluido. Esta razón es denominada como el número de Reynolds, y se recoge en la siguiente ecuación:

$$\text{Re} = \frac{\text{Fuerzas de inercia}}{\text{Fuerzas viscosas}} \quad \text{Ecuación 2- 8}$$

Las fuerzas de inercia dependen de la configuración del sistema en el que se encuentra el fluido, siendo diferentes para flujo externo y flujo interno. También deben revisarse en función de las diferentes configuraciones geométricas.

Cuando en un fluido son predominantes las fuerzas de inercia, y por lo tanto, el número de Reynolds es elevado, el fluido presenta un régimen turbulento. Esto se debe a que las fuerzas viscosas no pueden impedir las fluctuaciones aleatorias y rápidas del mismo. Por el contrario, cuando el número de Reynolds es pequeño, las fuerzas viscosas evitan las fluctuaciones y el fluido permanece ordenado. Estamos en el caso de un fluido en régimen laminar.

El número crítico de Reynolds es el que determina el momento en el que el flujo entra en régimen turbulento. Como se ha comentado anteriormente, este número crítico, depende de la configuración espacial individual de cada caso.

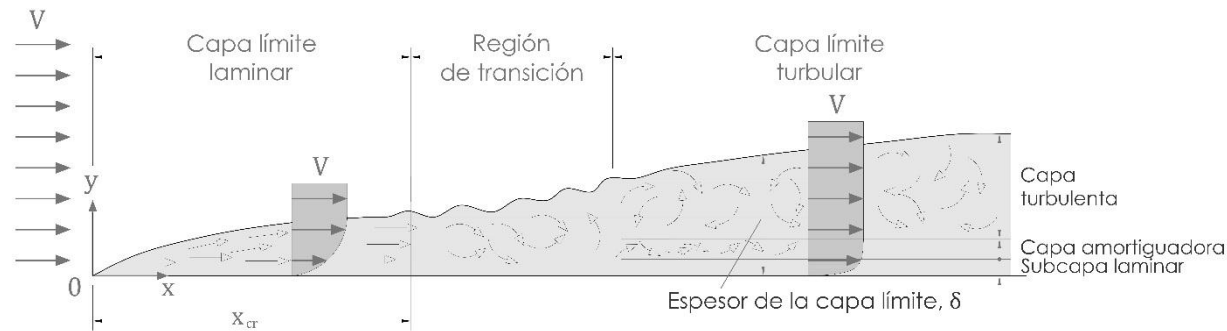


Fig. 2 - 6 Desarrollo de la capa límite para un flujo sobre una superficie plana.

## 2.3 ECUACIONES DE LAS CAPAS LÍMITE

---

Existen tres leyes fundamentales que podemos aplicar a los fluidos: la ley de conservación de la masa, la ley de conservación de la cantidad de movimiento y la ley de conservación de la energía.

En función del tipo del fluido que se considere, se pueden realizar unos tipos de análisis u otros. En este caso, para el flujo de aire en un conducto de ventilación vertical de viviendas, podemos considerar las siguientes características en función de las vistas anteriormente:

- Fluido newtoniano: con densidad, viscosidad, conductividad térmica, etc. constantes.
- Régimen estacionario.
- Bidimensional.

De este modo, el análisis se mantiene en unos límites aceptables, que con otras consideraciones iniciales de las características del fluido o del tipo de flujo no sería posible. En el caso de que no pudieran realizarse estas consideraciones podrían hacerse una serie de simplificaciones para hacer el proceso más sencillo.

Partiendo así de la individualidad del caso de estudio, se analizan a continuación las tres leyes fundamentales antes citadas. Es importante destacar de nuevo, que el desarrollo elaborado a continuación se puede aplicar de manera exclusiva a las consideraciones de fluido citadas, no siendo extrapolable a otras condiciones.

1. Ecuación de la conservación de la masa.

“La masa ni se crea ni se destruye, solo se transforma.” Lomonósov, 1745 y Lavoisier, 1785.

Sabemos que el caudal de flujo responde a  $Q = u \cdot S$ , y hacemos el producto del mismo por la densidad del fluido, obtenemos la masa:  $m = Q \cdot \rho$ . Si elaboramos un volumen de control y analizamos la razón por la que el fluido entra en el mismo desde la izquierda, obtenemos:

$$\rho u (dy \cdot 1) \quad \text{Ecuación 2- 9}$$

siendo la razón por la cual el fluido sale desde la derecha:

$$\rho \left( u + \frac{\partial u}{\partial x} dx \right) (dy \cdot 1) \quad \text{Ecuación 2- 10}$$

Repetimos este proceso en la dirección  $y$ , e igualamos la razón de flujo de masa que entra con la razón de flujo de masa que sale del volumen de control. Obtenemos la siguiente ecuación:

$$\rho u (dy \cdot 1) + \rho v (dx \cdot 1) = \rho \left( u + \frac{\partial u}{\partial x} dx \right) (dy \cdot 1) + \rho \left( v + \frac{\partial v}{\partial y} dy \right) (dx \cdot 1) \quad \text{Ecuación 2- 11}$$

Simplificando, obtenemos la relación de conservación de la masa, también conocida como ecuación de continuidad o balance de masa:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad \text{Ecuación 2- 12}$$

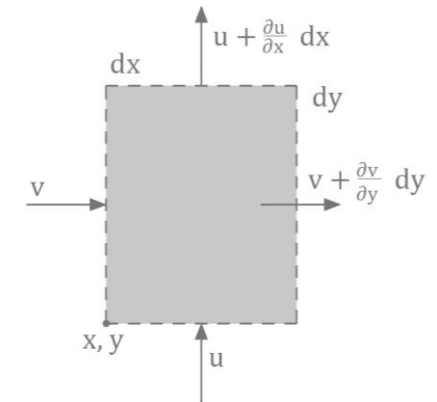


Fig. 2 - 7 Volumen diferencial

Volumen diferencial de control de la capa límite. Referencia para la aplicación de la ley de la ecuación de la conservación de la masa en el caso de estudio.

“La razón del flujo de masa que entra en el volumen de control es igual a la razón del flujo de masa que sale del mismo.”

ÇENGEL, Yunus.  
Transferencia de calor y masa.  
McGraw Hill. México, 2007.



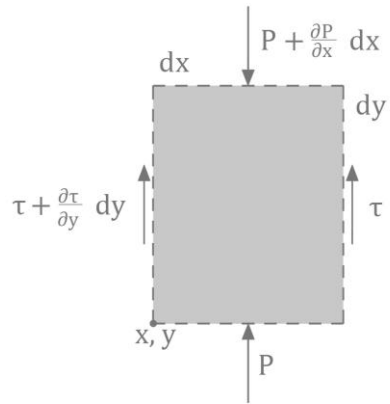


Fig. 2 - 8 Volumen diferencial

Volumen diferencial de control de la capa límite. Referencia para la aplicación de la ley de la ecuación de la cantidad de movimiento en el caso de estudio.

*“La fuerza neta que actúa sobre el volumen de control es igual a la masa multiplicada por la aceleración del elemento de fluido dentro de ese volumen de control, lo cual también es igual a la razón neta de la transferencia de la cantidad de movimiento de flujo hacia fuera del volumen de control.”*

ÇENGEL, Yunus.  
Op.cit.

## 2. Ecuación de la cantidad de movimiento.

“La aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él e inversamente proporcional a su masa.” Segunda ley de Newton.

Mediante un desarrollo similar al elaborado para el estudio de la conservación de la masa, se llega a la expresión de la conservación de la cantidad de movimiento en la dirección x:

$$\rho \left( u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) = \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{\partial P}{\partial x} \quad \text{Ecuación 2- 13}$$

Podemos aplicar esta ecuación en la capa límite, pero para ello procedemos a elaborar una serie de simplificaciones conocidas como aproximaciones de la capa límite. Considerando los componentes de la velocidad,  $u \gg v$ , por lo que podemos despreciar  $\partial v / \partial x$  y  $\partial v / \partial y$ . En la consideración de los gradientes de velocidad, obtenemos que  $\partial u / \partial y \gg \partial u / \partial x$ . Para finalizar, se considera el gradiente de la temperatura y se obtiene que  $\partial T / \partial y \gg \partial T / \partial x$ .

De este modo, cuando estas aproximaciones son válidas, y los efectos de gravedad y otras fuerzas del fluido son despreciables, podemos reformular la ecuación de la cantidad de movimiento:

$$\frac{\partial P}{\partial y} = 0 \quad \text{Ecuación 2- 14}$$

Por lo tanto, se deduce que podemos despreciar la variación de la presión en la dirección perpendicular a la superficie. Podemos afirmar que la presión en la capa límite es igual a la presión en la corriente libre.

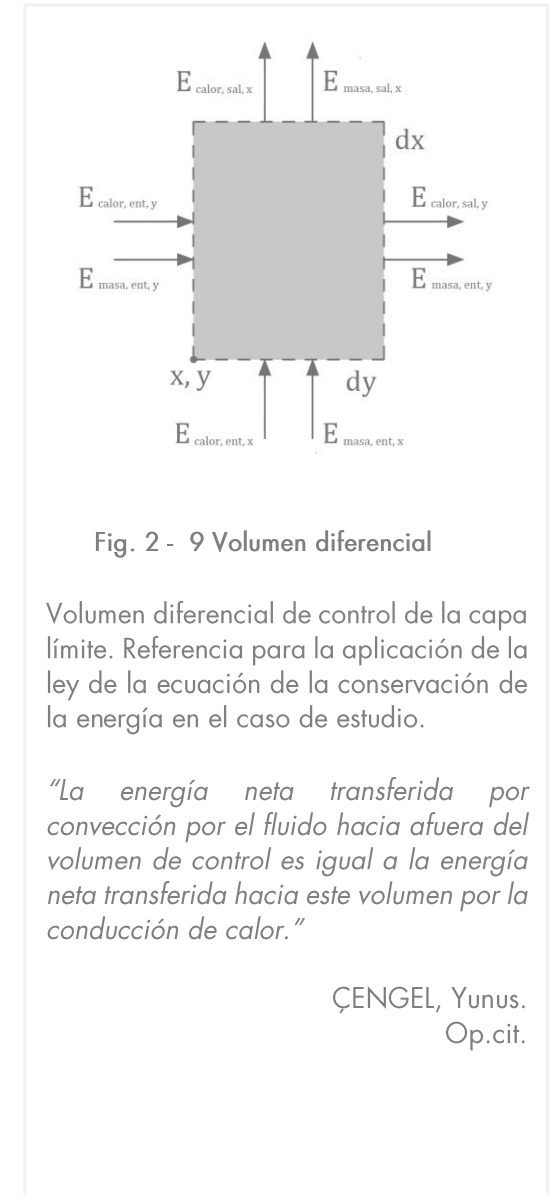
3. Ecuación de la conservación de la energía.

El balance de energía en un sistema durante un proceso, es igual a la diferencia entre la energía de entrada y la energía de salida. Si consideramos un flujo estacionario, el balance de energía durante el proceso, es igual a cero. Por lo que la diferencia entre la energía de entrada y la energía de salida debe ser igual a cero.

Trabajando con las ecuaciones de transferencia de energía por calor, trabajo y masa obtenemos la ecuación de la energía para un fluido:

$$\rho c_p \left( u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} \right) = k \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \quad \text{Ecuación 2- 15}$$

en la que se comprueba que la energía neta transferida hacia fuera del volumen de control por convección, es igual a la energía neta transferida con conducción hacia el volumen de control.



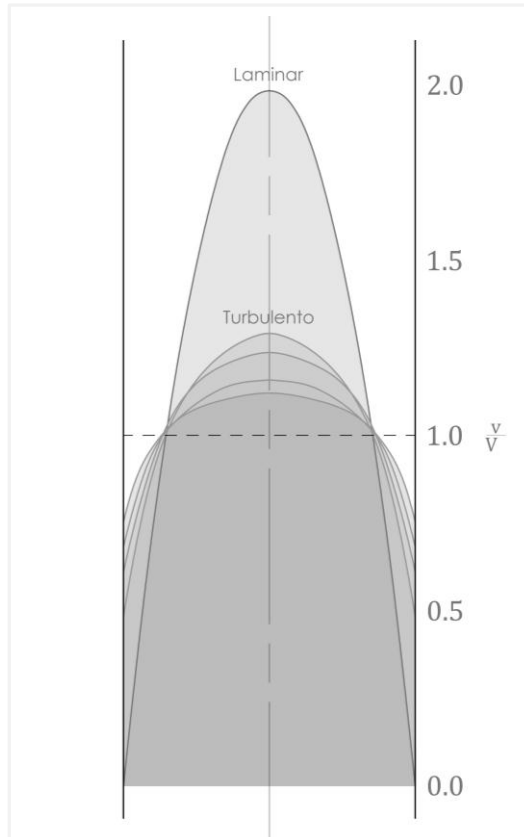


Fig. 2 - 10 Velocidad promedio

La velocidad promedio es la magnitud promedio de la velocidad en la sección transversal.

En un régimen laminar la velocidad es siempre la misma. Si consideramos un régimen turbulento, dependerá de la turbulencia del mismo.

## 2.4 CONSIDERACIONES EN CONDUCTOS

En los conductos, el flujo se encuentra completamente delimitado y se denomina flujo interno. Esta condición hace que la influencia de la viscosidad sea mayor y, por lo tanto, que se produzcan modificaciones en los criterios básicos señalados con anterioridad.

### 1. Velocidad promedio.

En el flujo interno, a diferencia del flujo externo, no existe una corriente libre que proporcione valores de referencia. Ya sabemos que la velocidad en un flujo es cero en la cara de contacto con una superficie y que aumenta gradualmente hasta un máximo. Por su configuración geométrica, en el caso de los conductos, esta velocidad máxima se localizará en el centro del mismo.

Para simplificar los procesos de cálculo, se define una velocidad promedio o velocidad media, denominada  $V_{prom}$ . Esta velocidad promedio es constante siempre que la sección del conducto lo sea, y se trate de flujos incompresibles. Su valor se establece a partir del principio de conservación de la masa, y se obtiene:

$$\dot{m} = \rho V_{prom} A_c = \int_{A_c} \rho u(r) dA_c \quad \text{Ecuación 2- 16}$$

siendo  $\dot{m}$  el gasto de masa, y  $A_c$  el area de la sección de transversal. De este modo, se puede calcular la expresión de la velocidad promedio en un conducto circular de radio R:

$$V_{prom} = \frac{\int_{A_c} \rho u(r) dA_c}{\rho A_c} = \frac{\int_0^R \rho u(r) 2\pi r dr}{\rho \pi R^2} = \frac{2}{R^2} \int_0^R u(r) r dr \quad \text{Ecuación 2- 17}$$

2. Temperatura promedio.

Del mismo modo que se define la velocidad promedio, se hace necesario definir la temperatura promedio o temperatura media, denominada  $T_m$ . Esta temperatura promedio es constante en la sección transversal, pero puede variar en la dirección del flujo.

Su valor se establece a partir del principio de conservación de la energía, y se obtiene:

$$\dot{E}_{fluido} = \dot{m}c_p T_m = \int_{A_c} c_p T(r) \delta \dot{m} = \int_{A_c} \rho c_p T(r) u(r) V dA_c \quad \text{Ecuación 2- 18}$$

Siendo  $c_p$  el calor específico del fluido. De este modo, se puede calcular la expresión de la temperatura promedio en un conducto circular de radio R:

$$\begin{aligned} T_m &= \frac{\int_{\dot{m}} c_p T(r) \delta \dot{m}}{\dot{m} c_p} = \frac{\int_0^R c_p T(r) \rho u(r) 2\pi r dr}{\rho V_{prom} (\pi R^2) c_p} \\ &= \frac{2}{V_{prom} R^2} \int_0^R T(r) u(r) r dr \end{aligned} \quad \text{Ecuación 2- 19}$$

3. Flujo laminar y turbulento.

La dualidad de regímenes sigue estando presente en los flujos internos. Del mismo modo que vimos con anterioridad en las características de los fluidos, el número de Reynolds, sirve para determina el momento en el que el flujo entra en régimen turbulento. Para un conducto circular, se calcula mediante la siguiente expresión:

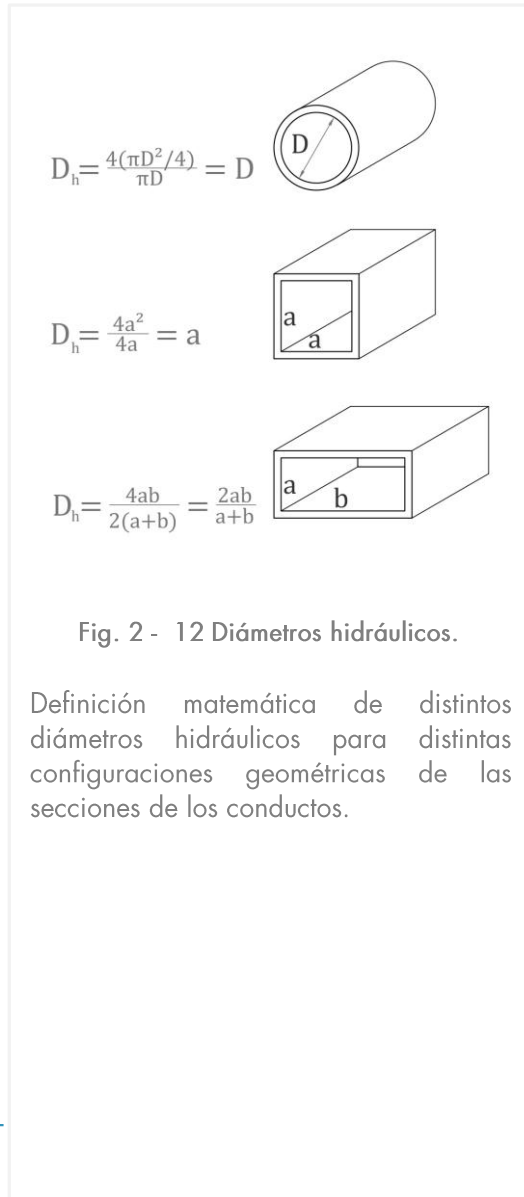
$$Re = \frac{\rho V_{prom} D}{\mu} = \frac{V_{prom} D}{\nu} \quad \text{Ecuación 2- 20}$$

en la que  $D$ , es el diámetro interior del conducto.



Fig. 2 - 11 Temperatura promedio

La temperatura real se asemeja a una temperatura promedio que es constante en la sección transversal y puede ser variable en la dirección del flujo.



Cuando se tratan conductos de sección no circular, se utiliza el diámetro hidráulico, un factor definido como:

$$D_h = \frac{4A_c}{p}$$

Ecuación 2- 21

siendo  $A_c$ , el área de la sección transversal del conducto y  $p$ , su perímetro.

De manera general, se puede considerar que existe régimen de flujo laminar para valores de  $Re < 2.300$ , régimen turbulento para  $Re > 10.000$ , y régimen de transición para los valores intermedios. En la práctica, se deben considerar los factores de aspereza de la superficie, las vibraciones del conducto y las fluctuaciones en el flujo para poder determinar con precisión el número de Reynolds.

#### 4. La región de entrada.

Los conductos tienen la peculiaridad de que presentan una abertura por la que los fluidos penetran en su interior. La condición de no deslizamiento hace que las condiciones del fluido cambien al pasar este umbral. Si consideramos que el fluido que entra en el conducto presenta una velocidad uniforme, se desarrollará un perfil gradual de la misma, partiendo de cero en la cara de contacto hasta un valor máximo en el centro del conducto, que permita mantener un flujo constante.

De este modo se desarrolla una capa límite que divide en dos regiones el flujo: la región afectada por la viscosidad, denominada región de la capa límite; y la región en la que los efectos viscosos son despreciables, denominada región de flujo irrotacional o central.

Esta capa límite aumenta su espesor en la dirección del flujo hasta ocupar la sección por completo. La región existente entre la entrada y este punto se denomina región de entrada hidrodinámica y su longitud es la longitud de entrada hidrodinámica,  $L_h$ . El flujo presente en esta zona se denomina flujo hidrodinámico en desarrollo, siendo el flujo desarrollado el que está presente más allá de esta región de entrada, la región desarrollada hidrodinámicamente.

Si consideramos un flujo laminar, su perfil de velocidad en la región completamente desarrollada será parabólico.

Su representación gráfica para un conducto de ventilación vertical se recoge en la Fig. 2 - 14

Esta misma condición ocurre con la temperatura y su representación gráfica se recoge, para el mismo caso, en la Fig. 2 - 15

Retomando el número de Prandtl para flujos laminares, observamos que en los gases ( $Pr \approx 1$ ), la capa límite de la velocidad y la capa límite de la temperatura coinciden entre sí. En fluidos densos como los aceites ( $Pr \gg 1$ ), la capa límite de la velocidad tiene una mayor longitud que la capa límite térmica, al contrario que ocurre en los metales líquidos ( $Pr \ll 1$ ).

#### 4.1. Longitudes de entrada.

La longitud de entrada se considera como la distancia desde la entrada del conducto hasta la sección transversal donde el esfuerzo cortante en la pared difiere un máximo del 2% con el valor del flujo completamente desarrollado. Responde a las siguientes ecuaciones, según se considere la velocidad o la temperatura:

$$L_{h,laminar} \approx 0.05 Re D \quad \text{Ecuación 2- 22}$$

$$L_{t,laminar} \approx 0.05 Re Pr D = Pr L_{h,laminar} \quad \text{Ecuación 2- 23}$$

Podemos apreciar como para un  $Re = 20$ , la longitud de entrada hidrodinámica es aproximadamente igual al diámetro. Si nos aproximamos al límite del régimen laminar, con  $Re = 2.300$ , la longitud será de  $115D$ .

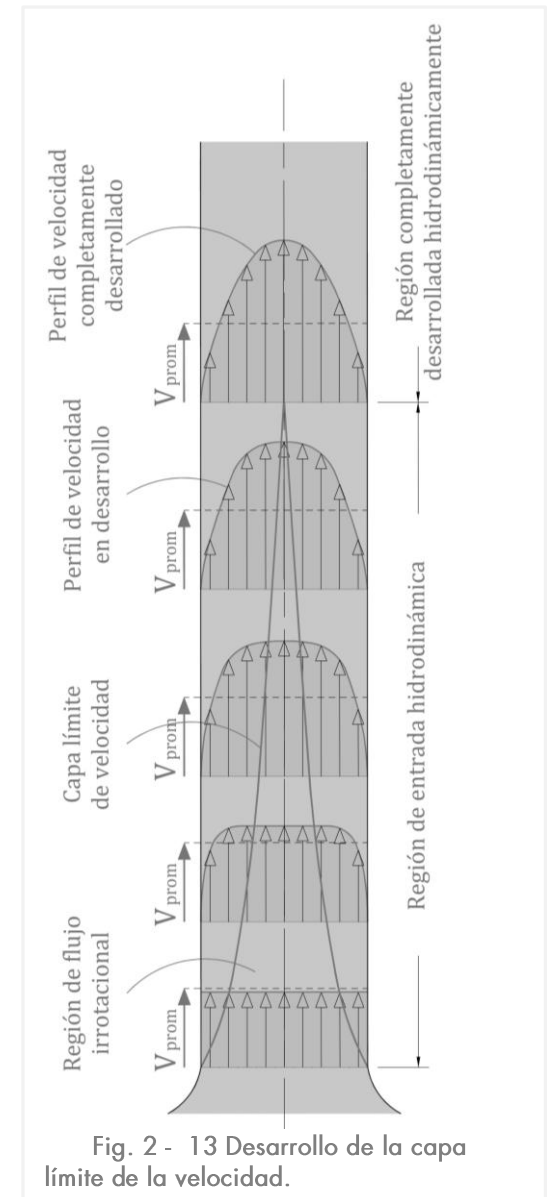
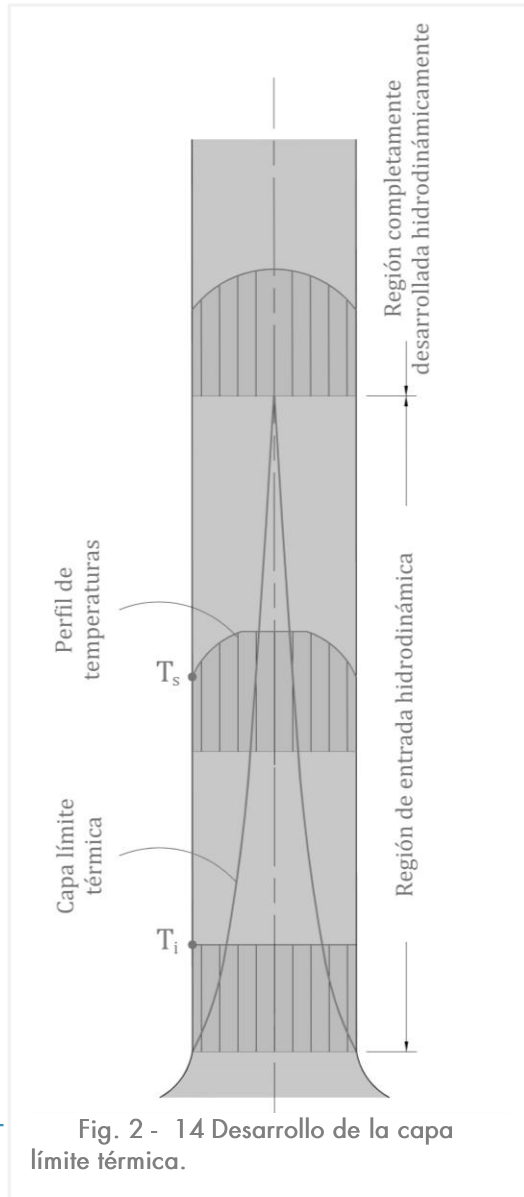


Fig. 2 - 13 Desarrollo de la capa límite de la velocidad.



En el caso del flujo turbulento, las longitudes de entrada hidrodinámica y térmica tienen un tamaño similar, debido a las fluctuaciones aleatorias propias de este régimen. Dichas longitudes responden a la siguiente ecuación:

$$L_{h,turbulento} = 1.359D Re^{1/4} \quad \text{Ecuación 2- 24}$$

### 5. Análisis térmico general.

Existe la posibilidad de que el fluido en el interior del conducto tenga una temperatura diferente al ambiente exterior del mismo. En el caso de que esto ocurra, se produce una transferencia de calor desde el medio al fluido o viceversa.

Para determinar la razón de la transferencia de calor,  $\dot{Q}$ , que se produce desde un conducto o hacia este, recurrimos a la ecuación de la conservación de la energía para un flujo estacionario.

$$\dot{Q} = \dot{m}c_p(T_e - T_i) \quad \text{Ecuación 2- 25}$$

siendo  $T_i$  y  $T_e$  las temperaturas medias del fluido en la entrada y salida respectivamente.

Para su estudio, podemos considerar que la pared del conducto presenta una temperatura superficial constante,  $T_s = cte$ ; o un flujo de calor constante en la superficie,  $\dot{q}_s = cte$ . La expresión del flujo de calor es:

$$\dot{q}_s = h_x(T_s - T_m) \quad \text{Ecuación 2- 26}$$

donde  $h_x$  es el coeficiente de transferencia de calor local y  $T_s$  y  $T_m$  son la temperatura en la superficie y la temperatura media del fluido, respectivamente. Podemos deducir por tanto que si  $T_s = cte$ ,  $\dot{q}_s$  no podrá ser constante, y viceversa.

5.1. Flujo de calor constante.

Si consideramos el flujo de calor constante y despejamos en la fórmula de la velocidad de la transferencia de calor, obtenemos:

$$\dot{Q} = \dot{q}_s A_s = \dot{m} c_p (T_e - T_i) \quad \text{Ecuación 2- 27}$$

Despejamos el valor de la temperatura media de salida y obtenemos:

$$T_e = T_i + \frac{\dot{q}_s A_s}{\dot{m} c_p} \quad \text{Ecuación 2- 28}$$

El área superficial aumenta de manera lineal en la dirección del flujo, por lo que la temperatura media del fluido aumenta del mismo modo en la dirección del flujo, siempre que consideremos que el flujo de calor es constante en la superficie.

Podemos desarrollar esta ecuación relacionándola con la temperatura media del fluido y aplicar un balance de energía de flujo estacionario. Operando, llegamos a la siguiente conclusión:

$$\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{dT_s}{dx} = \frac{dT_m}{dx} = \frac{\dot{q}_s p}{\dot{m} c_p} = cte \quad \text{Ecuación 2- 29}$$

De esta manera, se afirma que en un conducto sometido a un flujo de calor constante en su superficie, el flujo completamente desarrollado presenta un gradiente de temperatura independiente de  $x$ , por lo que la forma del perfil de temperaturas no se verá modificada en su recorrido por el interior del conducto.

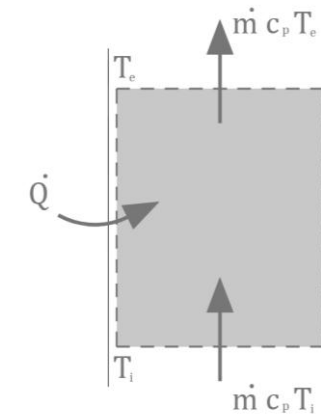


Fig. 2 - 15 Balance de energía

El aumento de energía del fluido es proporcional a la transferencia de calor hacia el mismo.



## 5.2. Temperatura superficial constante.

Considerando la temperatura superficial constante y partiendo de la ley de Newton del enfriamiento, obtenemos:

$$\dot{Q} = qA_s\Delta T_{prom} = hA_s(T_s - T_m)_{prom} \quad \text{Ecuación 2- 30}$$

siendo  $\Delta T_{prom}$  alguna diferencia promedio entre la temperatura del fluido y la temperatura de la superficie.

Operando del mismo modo que en el caso anterior, desarrollamos la ecuación relacionándola con el balance de energía sobre un volumen diferencial de control. Obtenemos la siguiente ecuación:

$$T_e = T_s - (T_s - T_i)\exp(-hA_s l \dot{m} c_p) \quad \text{Ecuación 2- 31}$$

Esta ecuación representa la temperatura media del fluido en la salida del conducto. Puede utilizarse también para calcular la temperatura media del fluido  $T_m(x)$ , para cualquier punto  $x$ , si sustituimos  $A_s = pL$  por  $px$ .

## 2.5 FLUJO LAMINAR EN CONDUCTOS

Una vez estudiadas las principales propiedades físicas que afectan a los fluidos y que influyen en sus movimientos, es el momento de estudiar el objeto de la investigación. Para ello consideramos un conducto vertical con flujo laminar, estacionario, incompresible y completamente desarrollado en un conducto circular recto en posición vertical.

### 1. Velocidad promedio.

Considerando las condiciones anteriormente descritas, podemos afirmar que cada una de las partículas del fluido tiene una velocidad axial constante en la dirección del flujo. Su perfil de velocidades,  $u(r)$ , permanecerá constante si consideramos la existencia de un flujo de calor constante en la superficie. En la dirección radial, por el contrario, la velocidad es cero. Al considerar el flujo estacionario, por definición, la aceleración es igual a cero.

Para el estudio de su aplicación en este sistema, partimos de un elemento diferencial de volumen en el que solo intervienen los efectos de presión y de viscosidad. Haciendo un balance de fuerzas sobre el elemento y operando obtenemos la siguiente relación del perfil de velocidad:

$$u(r) = 2V_{prom} \left( 1 - \frac{r^2}{R^2} \right) \quad \text{Ecuación 2- 32}$$

siendo  $r$  un radio cualquiera y  $R$  el radio del conducto.

Podemos sustituir  $r$  por 0 para obtener la velocidad máxima en la línea central del conducto.

$$u_{m\acute{a}x} = 2V_{prom} \quad \text{Ecuación 2- 33}$$

Se deduce así que la velocidad promedio en un flujo laminar completamente desarrollado en un conducto circular es un medio de la velocidad máxima.

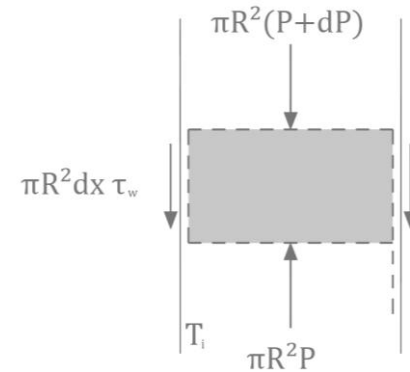


Fig. 2 - 16 Elemento diferencial de volumen.

En un flujo completamente desarrollado las fuerzas viscosas y de presión se equilibran entre sí.

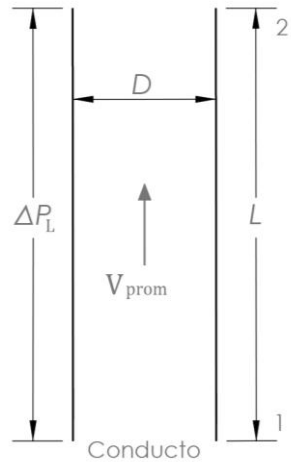


Fig. 2 - 17 Pérdida de presión

Esta condición aquí desarrollada de pérdida de presión es aplicable también a regímenes de flujo turbulentos y a otros tipos de secciones de conductos.

## 2. Diferencia de presión.

Se puede establecer una relación entre la velocidad promedio de un flujo laminar en un conducto con la diferencia de presión existente en el mismo. Esta relación responde a la siguiente ecuación:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{8\mu L V_{prom}}{R^2} = \frac{32\mu L V_{prom}}{D^2} \quad \text{Ecuación 2- 34}$$

En esta diferencia de presión quedan recogidos los efectos viscosos, que ocasionan una pérdida de presión representada por  $\Delta P_L$ .

De manera general, también se pueden relacionar mediante la siguiente expresión:

$$\Delta P_L = f \frac{L}{D} = \frac{\rho V_{prom}^2}{2} \quad \text{Ecuación 2- 35}$$

siendo  $\rho V_{prom}^2/2$  la presión dinámica y  $f$  el factor de fricción de Darcy, de valor:

$$f = \frac{8\tau_w}{\rho V_{prom}^2} \quad \text{Ecuación 2- 36}$$

Si igualamos las ecuaciones anteriores obtenemos el factor de fricción de Darcy para un conducto circular:

$$f = \frac{64\mu}{\rho D V_{prom}} = \frac{64}{Re} \quad \text{Ecuación 2- 37}$$

Por lo que podemos afirmar que en un sistema con flujo laminar, el factor de fricción solo depende del número de Reynolds, siendo independiente de la aspereza de la superficie del conducto.

3. Flujo de calor constante en la superficie.

Hemos visto anteriormente que se pueden establecer dos correlaciones en función de la consideración de flujo de calor constante, o bien, de temperatura superficial constante.

Si consideramos un flujo completamente desarrollado con un flujo de calor constante en su superficie, podemos partir de la siguiente ecuación desarrollada anteriormente:

$$\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{dT_s}{dx} = \frac{dT_m}{dx} = \frac{2\dot{q}_s}{\rho V_{prom} c_p R} = cte \quad \text{Ecuación 2- 38}$$

Podemos operar considerando la conducción de calor en la dirección axial y la relacionándola con el perfil de velocidad, de este modo llegamos a la siguiente conclusión:

$$Nu = \frac{hD}{k} = 4.36 \quad \text{Ecuación 2- 39}$$

en la que  $Nu$ , es el número de Nusselt y  $k$ , es el coeficiente de conductividad térmica.

4. Temperatura superficial constante.

Si realizamos un análisis semejante con la consideración de temperatura superficial constante obtenemos una relación similar:

$$Nu = \frac{hD}{k} = 3.66 \quad \text{Ecuación 2- 40}$$

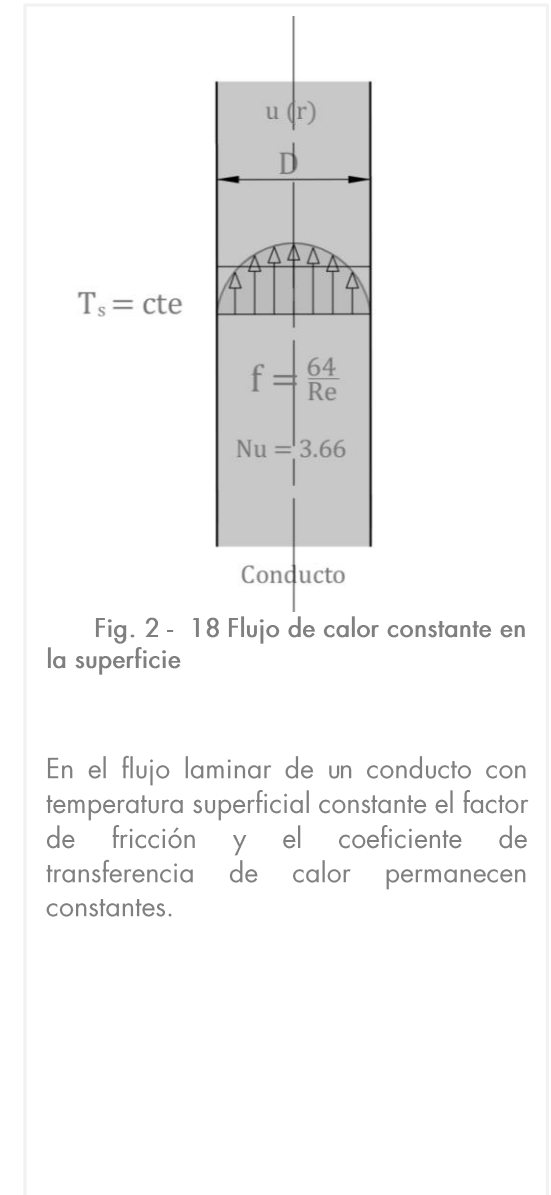


Fig. 2 - 18 Flujo de calor constante en la superficie

En el flujo laminar de un conducto con temperatura superficial constante el factor de fricción y el coeficiente de transferencia de calor permanecen constantes.

5. Flujo laminar en tubos no circulares.

Se puede establecer una relación entre estos valores y los propios de conductos con otras configuraciones geométricas mediante el diámetro hidráulico:  $D_h = 4 A_c / p$ . De este modo podemos expresar el factor de fricción y el número de Nusselt según las relaciones recogidas en la siguiente tabla.

Configuración geométrica del conducto	$a/b$ o $\theta$	Número de Nusselt		Factor de fricción
		$T_s = cte$	$\dot{q}_s = cte$	
Círculo	-	3.66	4.36	$64.00/Re$
Rectángulo	$a/b$			
	1	2.98	3.61	$56.92/Re$
	2	3.39	4.12	$62.20/Re$
	3	3.96	4.79	$68.36/Re$
	4	4.44	5.33	$72.92/Re$
	6	5.14	6.05	$78.80/Re$
	8	5.60	6.49	$82.32/Re$
$\infty$	7.54	8.24	$96.00/Re$	
Elipse	$a/b$			
	1	3.66	4.36	$64.00/Re$
	2	3.74	4.56	$67.28/Re$
	4	3.79	4.88	$72.96/Re$
	8	3.72	5.09	$76.60/Re$
16	3.65	5.18	$78.16/Re$	
Triángulo	$\theta$			
	$10^\circ$	1.61	2.45	$50.80/Re$
	$30^\circ$	2.26	2.91	$52.28/Re$
	$60^\circ$	2.47	3.11	$53.32/Re$
	$90^\circ$	2.34	2.98	$52.60/Re$
$120^\circ$	2.00	2.68	$50.96/Re$	

ÇENGEL, Yunus. Transferencia de calor y masa. Op.cit.

6. Desarrollo del flujo laminar en la región de entrada.

Sabemos que la región de entrada de un conducto presenta condiciones diferentes debido a la condición de no deslizamiento. En un conducto circular y considerando la temperatura superficial constante, podemos determinar el número promedio de Nusselt para esta región mediante la siguiente ecuación:

$$Nu = 3.66 + \frac{0.065(D/L)RePr}{1 + 0.04[(D/L)RePr]^{2/3}} \quad \text{Ecuación 2- 41}$$

De ella, podemos deducir que el valor del número de Nusselt será mayor en la región de la entrada y que irá reduciéndose de manera asintótica hasta alcanzar el valor 3.66 cuando  $L \rightarrow \infty$ .

## 2.6 CONCLUSIÓN

---

El conocimiento de los fundamentos físicos que afectan a los fluidos está ya desarrollado por diversos autores, lo que ha permitido establecer unos criterios básicos generales para conocer el funcionamiento de los mismos en diferentes circunstancias y condiciones. Se conocen también las situaciones límites en las que los fluidos experimentan los cambios más sustanciales y las ecuaciones o variables que rigen estas modificaciones de comportamiento.

En el caso de flujo de fluidos en conductos existen variaciones en cuanto a las consideraciones generales. Es decir, los fluidos se comportan de manera diferente cuando fluyen en conductos. Ocurre lo mismo en las diferentes configuraciones geométricas de la sección de los conductos y de la horizontalidad o verticalidad de los mismos. Poder conocer estas condiciones particulares de cada caso concreto tiene implicaciones tanto a la hora del cálculo numérico como a la hora de la toma de datos en ensayos experimentales o mediciones.

Los conductos de ventilación verticales en edificios residenciales son un caso particular dentro de la multitud de casos posibles y como tal experimentan unas condiciones específicas. El flujo laminar es el que rige en estas situaciones y presenta sus condiciones particulares. El estudio de estas de manera exhaustiva permite centrar el foco de atención en las situaciones a encontrar en los casos de estudios que se desarrollarán en investigaciones posteriores a este trabajo.

Por lo tanto, a pesar de que existe un desarrollo acerca del conocimiento de las propiedades físicas de los fluidos y sus movimientos, este es de carácter general. Las aplicaciones de los mismos, como es el caso de los conductos de ventilación verticales no presentan un conocimiento tan seguro. Existe un campo de actuación en este sentido que permite desarrollar una investigación que aporte nuevos conocimientos a un conjunto ya establecido.

---

# ESTUDIO DE TEORÍAS SOBRE CONDUCTOS DE VENTILACIÓN

---

Existen distintos estudios que tratan la ventilación natural mediante conductos de ventilación. En este capítulo se recogen extractos de estas teorías para su exposición, conocimiento y posterior aplicación.

Las diferentes ecuaciones aquí recogidas se mantienen con el mismo formato y la misma notación que las originales. De este modo se posibilita una más rápida y sencilla consulta de las fuentes originales a los posibles lectores interesados.

Todas las ecuaciones están expresadas en unidades del Sistema Internacional de Unidades (SI).

---

## Índice del capítulo

---

<u>2013 ASHRAE HANDBOOK: FUNDAMENTALS.....</u>	<u>36</u>
<u>VENTILATION OF BUILDINGS .....</u>	<u>44</u>
<u>BUILDING VENTILATION, THEORY AND MEASUREMENTS .....</u>	<u>49</u>
<u>SISTEMAS DE VENTILACIÓN .....</u>	<u>54</u>
<u>ESTUDIO COMPARATIVO .....</u>	<u>57</u>
<u>CONCLUSIÓN .....</u>	<u>73</u>



**ASHRAE Fundamentals 2013** Commercial Resources  
 (SI Edition) COMMENT HELP MAIN MENU

Contributors  
 Preface  
 Technical Committees, Task Groups, and Technical Resource Groups

**PRINCIPLES**  
 F01. Psychrometrics  
 F02. Thermodynamics and Refrigeration Cycles  
 F03. Fluid Flow  
 F04. Heat Transfer  
 F05. Two-Phase Flow  
 F06. Mass Transfer  
 F07. Fundamentals of Control  
 F08. Sound and Vibration

**BUILDING ENVELOPE**  
 F25. Heat, Air, and Moisture Control in Building Assemblies—Fundamentals  
 F26. Heat, Air, and Moisture Control in Building Assemblies—Material Properties  
 F27. Heat, Air, and Moisture Control in Building Assemblies—Examples

**INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY**  
 F09. Thermal Comfort  
 F10. Indoor Environmental Health  
 F11. Air Contaminants  
 F12. Odors  
 F13. Indoor Environmental Modeling

**LOAD AND ENERGY CALCULATIONS**  
 F14. Climatic Design Information  
 F15. Fenestration  
 F16. Ventilation and Infiltration  
 F17. Residential Cooling and Heating Load Calculations  
 F18. Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations  
 F19. Energy Estimating and Modeling Methods

**MATERIALS**  
 F28. Combustion and Fuels  
 F29. Refrigerants  
 F30. Thermophysical Properties of Refrigerants  
 F31. Physical Properties of Secondary Coolants (Brines)  
 F32. Sorbents and Desiccants  
 F33. Physical Properties of Materials

**HVAC DESIGN**  
 F20. Space Air Diffusion  
 F21. Duct Design  
 F22. Pipe Sizing  
 F23. Insulation for Mechanical Systems  
 F24. Airflow Around Buildings

**GENERAL**  
 F34. Energy Resources  
 F35. Sustainability  
 F36. Measurement and Instruments  
 F37. Abbreviations and Symbols  
 F38. Units and Conversions  
 F39. Codes and Standards

**ADDITIONS and Corrections to the 2010, 2011, and 2012 volumes**  
 Index

Fig. 3 - 1 Índice general.  
 2013 ASHRAE Handbook: Fundamentals.

### 3. ESTUDIO DE TEORÍAS SOBRE CONDUCTOS DE VENTILACIÓN

#### 3.1 2013 ASHRAE Handbook: Fundamentals.

2013 ASHRAE Handbook: Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia, 2013.

##### 3.1.1 MECANISMOS CONDUCTORES PARA LA VENTILACIÓN.

Existen dos mecanismos fundamentales para la ventilación natural de los edificios mediante conductos, el tiro térmico y el viento. Cuando consideramos el tiro térmico, el factor de mayor influencia es la diferencia de temperatura. Si consideramos el viento, el principal factor es la diferencia de presiones generadas en torno al edificio por su incidencia.

##### 1. Tiro térmico

Se define el tiro térmico como la presión hidrostática causada por la masa de la columna de aire situada en el interior o en el exterior del edificio. Puede ocurrir también en un flujo como el de un conducto o una chimenea, que presenta una separación vertical entre su entrada y su salida. Esta presión hidrostática de aire depende de la densidad y de la diferencia de altura.

La densidad del aire viene dada por la presión barométrica, la temperatura y la humedad. Es importante considerar sus variaciones para los cálculos de tiro térmico, debido a que sus pequeñas variaciones modifican sustancialmente el resultado. Por otro lado, podemos considerar que la temperatura y la presión barométrica son constantes en el ámbito de estudio. De este modo, el tiro térmico disminuye de manera lineal a medida que nos alejamos del punto de referencia según la siguiente ecuación:

$$p_s = p_r - \rho gH \quad \text{Ecuación 3 - 1}$$

siendo  $p_s$  el tiro térmico,  $p_r$  la presión en el punto de referencia,  $g$  la gravedad,  $\rho$  la densidad del aire en el interior o en el exterior y  $H$  la diferencia de altura entre los dos puntos considerados. Cuando consideramos diferencias de altura mayores debemos incluir el gradiente de densidad existente sobre el edificio.

En el caso de aplicación en los conductos, este gradiente vertical de densidades es despreciable. Podemos desarrollar la ecuación anterior de manera que consideremos la diferencia de presión entre la entrada y la salida del conducto. Para ello, lo expresamos de la siguiente manera:

$$\Delta p_{se} = (\rho_{ext} - \rho_{int}) g (H_{NPL} - H) \quad \text{Ecuación 3 - 2}$$

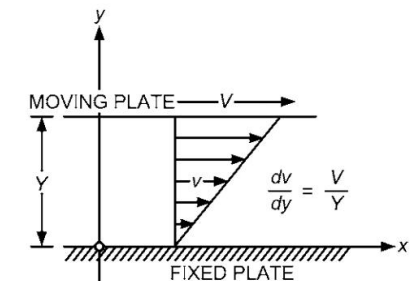
o bien, si lo expresamos en función de la temperatura:

$$\Delta p_{se} = \rho_{ext} \left( \frac{T_{ext} - T_{int}}{T_{int}} \right) g (H_{NPL} - H) \quad \text{Ecuación 3 - 3}$$

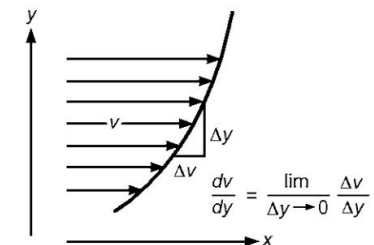
donde  $T_0$  es la temperatura exterior,  $T_i$  la temperatura interior,  $H_{NPL}$  es la altura del nivel de presión neutral, sin ninguna otra fuerza conductora.

La determinación del plano de presión neutral depende de la distribución de las pérdidas de aire en el exterior del edificio y de la compartimentación interior del mismo. En el caso de conductos verticales, su determinación es más sencilla por tratarse de un flujo unidireccional, pudiendo considerarse el punto medio de la diferencia de alturas.

El criterio general para las diferencias de presión es considerarlas positivas cuando el interior del edificio está presurizado respecto al exterior, es decir, cuando el interior del edificio tiene una temperatura superior a la exterior. En caso contrario, cuando la temperatura en el interior del edificio es inferior a la temperatura exterior, se dice que existe un flujo inverso y las diferencias de presiones se consideran con signo negativo.



A. SIMPLE FLOW OF LINEAR PROFILE



B. NONLINEAR PROFILE

Fig. 3 - 2 Perfiles y gradientes de velocidad en un flujo.

En la publicación de ASHRAE, como se recoge en el primer cuadro (índice general), se observa el marco de aspectos que se consideran.

El capítulo tercero corresponde al flujo de fluidos, en el que se desarrollan diversas consideraciones físicas.

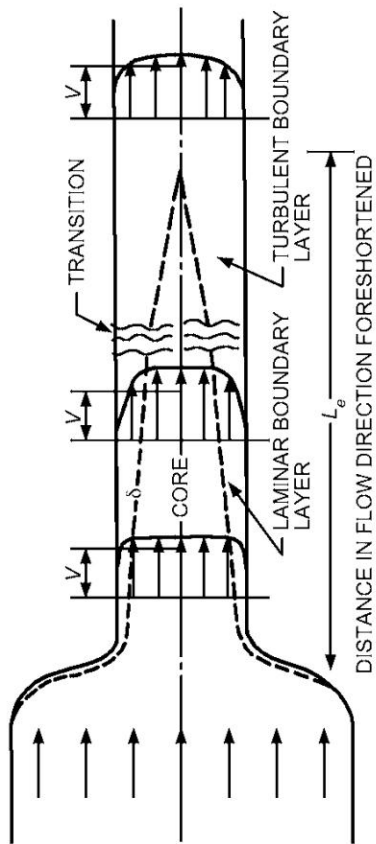


Fig. 3 - 3 Región de entrada.

Desarrollo similar al elaborado en el capítulo Fundamentos físicos.

### 1.1 Caudal térmico

El caudal producido por el tiro térmico responde a la siguiente ecuación:

$$Q = C_D A \sqrt{2g\Delta H_{NPL} \left( \frac{T_{ext} - T_{int}}{T_{ext}} \right)} \quad \text{Ecuación 3 - 4}$$

donde  $C_D$  es el coeficiente de descarga para cada abertura y se define como:

$$C_D = 0,40 + 0,0045 |T_{ext} - T_{int}| \quad \text{Ecuación 3 - 5}$$

en el caso de que el fluido sea unidireccional y no pueda existir mezcla de fluidos, se adoptará el valor de  $C_D = 0,65$

### 2. Presión de viento.

Quando el viento acomete en un edificio, genera una distribución de presiones estáticas en la superficie exterior del mismo. Esta distribución depende de la dirección y velocidad del viento, de la densidad del aire, de la orientación y de las condiciones del entorno. Las presiones generadas por el viento dependen en su signo del ángulo de acometida y de la forma del edificio.

Para el caso de los conductos verticales que llegan a cubierta, la influencia de la diferencia de presión generada en los mismo, puede expresarse como:

$$p_w = C_p \rho \frac{U^2}{2} \quad \text{Ecuación 3 - 6}$$

donde  $U$  es la velocidad del viento y  $C_p$  es el coeficiente de presión superficial. Es este coeficiente el que recoge las variaciones del entorno, el ángulo de acometida y la forma del edificio.

### 2.1 Caudal de viento.

La velocidad del viento es la responsable de un mayor o menor caudal de ventilación en los conductos. La velocidad del viento depende de numerosos factores y está en continuo cambio, pero podemos calcular el caudal de flujo instantáneo de ventilación debido al viento mediante la siguiente ecuación:

$$Q = C_v A U \tag{Ecuación 3 - 7}$$

siendo  $C_v$  el coeficiente de efectividad (0,50 - 0,60 en el caso de viento perpendicular y 0,25 - 0,30 en el caso de viento diagonal).

### 3. Efecto combinado viento-temperatura.

Las condiciones de diferencias de presión causadas por el viento y el tiro térmico se pueden presentar de manera simultánea y, por tanto, sus efectos se pueden combinar. En el caso de temperaturas uniformes en el interior, la diferencia de presión total de cada punto se puede definir mediante los parámetros de referencia de viento,  $P_U$  y temperatura,  $P_T$ , comunes a todos los puntos.

$$P_U = \rho_0 \frac{U_H^2}{2} \tag{Ecuación 3 - 8}$$

$$P_T = g\rho_0 \left[ \frac{(T_{ext} - T_{int})}{T_{ext}} \right] \tag{Ecuación 3 - 9}$$

La diferencia de presión en cada punto, con presiones positivas, se expresa como:

$$\Delta p = s^2 C_p P_U + H P_T \tag{Ecuación 3 - 10}$$

donde  $s$  es el factor de protección para la dirección particular del viento.

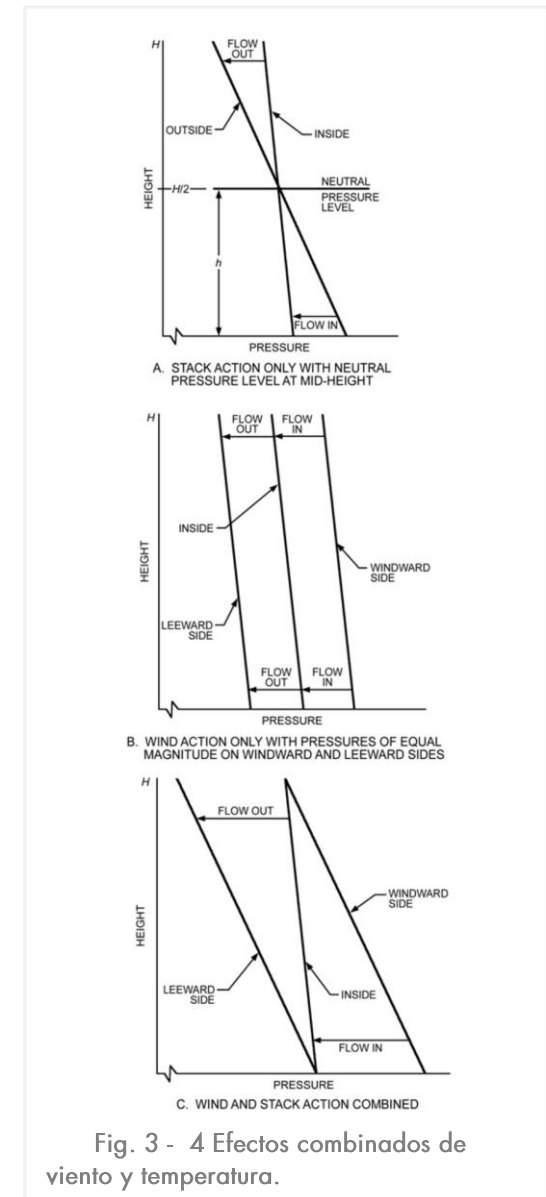


Fig. 3 - 4 Efectos combinados de viento y temperatura.

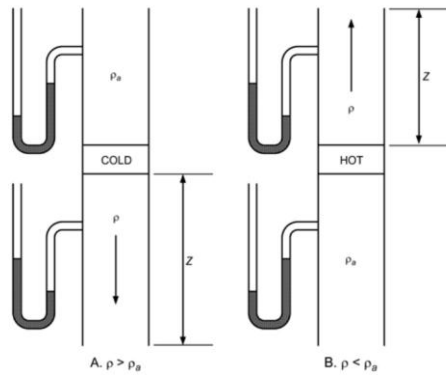


Fig. 3 - 5 Ejemplo del efecto térmico en las presiones.

La presión total se ve modificada debido a distintos factores. En este ejemplo se recogen los producidos por el tiro térmico.

### 3.1.2. CONSIDERACIONES EN CONDUCTOS.

Los términos presión de columna y presión se utilizan normalmente como sinónimos; sin embargo, la presión de columna se refiere a la altura de la columna de un fluido soportada por un flujo mientras que presión se refiere a la fuerza normal por unidad de superficie.

Presión estática.

El término  $p/\rho g$  hace referencia a la presión de columna, siendo  $p$  la presión estática.

Presión dinámica.

El término  $v^2/2g$  se refiere a la presión dinámica de columna y  $\rho v^2/2$  se refiere a la presión dinámica,  $p_v$ . Donde  $v$  es la velocidad promedio del flujo. Observamos que la presión dinámica de la columna es independiente de la densidad del flujo; sin embargo, la presión dinámica no.

La velocidad promedio del flujo la calculamos mediante:

$$v = \frac{Q}{A} \tag{Ecuación 3 - 11}$$

siendo  $Q$  el caudal y  $A$  el área de la sección transversal del conducto.

Presión total.

La presión total es la suma de la presión estática y la presión dinámica:

$$p_t = p_s + \frac{\rho v^2}{2} \tag{Ecuación 3 - 12}$$

Análisis global.

Las pérdidas de presión totales debidas a la fricción, a los accesorios, al equipamiento y al tiro térmico se calculan por tramos mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta p_{ti} = \Delta p_{fi} + \sum_{j=1}^m \Delta p_{ij} + \sum_{k=1}^n \Delta p_{ik} - \sum_{r=1}^{\lambda} \Delta p_{seir} \quad \text{Ecuación 3 - 13}$$

Para  $i = 1, 2, \dots, n_{up} + n_{dn}$ .

donde  $\Delta p_{ti}$  es la variación total de la presión en el tramo  $i$ ,  $\Delta p_{fi}$  es la pérdida de presión debida a la fricción,  $\Delta p_{ij}$  es la pérdida de presión debida a elementos,  $\Delta p_{ik}$  es la pérdida de presión debida al equipamiento,  $\Delta p_{seir}$  es la variación de presión debido al tiro térmico,  $m$  es el número de derivaciones, codos, etc.,  $n$  es el número de elementos,  $\lambda$  es el número de chimeneas,  $n_{up}$  es el número de tramos de conducto aguas arriba desde el ventilador y  $n_{dn}$  el número de tramos de conducto aguas abajo desde el ventilador.

Retomando la ecuación de Bernouilli, el tiro térmico para cada tramo no horizontal con una densidad de aire diferente a la densidad del aire exterior se define mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta p_{se} = 9,81 (\rho_{ext} - \rho_{int}) (z_2 - z_1) \quad \text{Ecuación 3 - 14}$$

donde  $z_1$  y  $z_2$  hacen referencia a las altura de entrada y salida respectivamente.

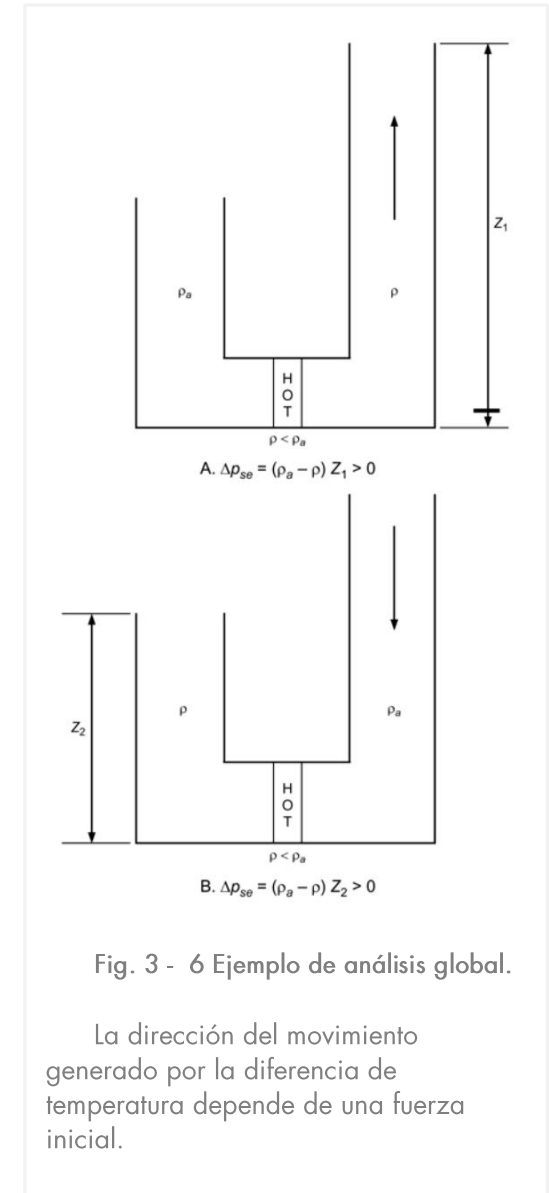


Fig. 3 - 6 Ejemplo de análisis global.

La dirección del movimiento generado por la diferencia de temperatura depende de una fuerza inicial.

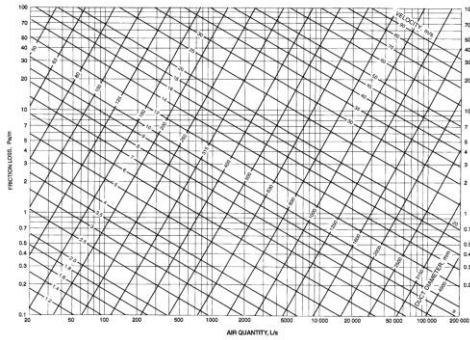


Fig. 3 - 7 Cuadro de pérdidas por fricción para un conducto circular.

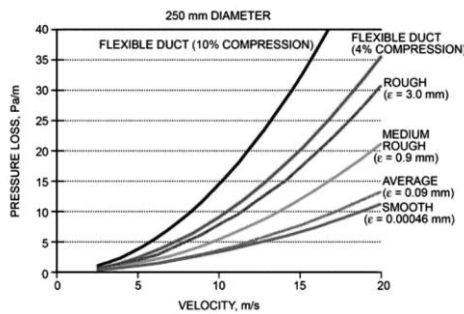


Fig. 3 - 8 Cuadro que recoge las pérdidas de presión en función de la rugosidad y la velocidad.

### 3.1.3. RESISTENCIA DEL FLUIDO.

Un flujo en un sistema, como el de los conductos verticales, presenta pérdidas en su desarrollo. Estas pérdidas son fruto de la transformación de la energía mecánica en calor como consecuencia de la fricción y de la configuración del sistema, pérdidas locales.

Pérdidas por fricción.

Son pérdidas desarrolladas en toda la longitud del conducto. Se deben a la viscosidad del fluido y al intercambio entre moléculas producido en el flujo laminar. Para el caso de flujo de fluidos en conductos, las pérdidas por fricción se calculan según la ecuación de Darcy:

$$\Delta p_f = \frac{1000fL}{D_h} \frac{\rho v^2}{2} \quad \text{Ecuación 3 - 15}$$

siendo  $\Delta p_f$  las pérdidas de presión y  $f$  el factor de fricción.

Pérdidas dinámicas.

Son el resultado de las perturbaciones causadas por los defectos de construcción, el equipamiento y las modificaciones existentes en los conductos. Estas pérdidas se representan de manera proporcional con el coeficiente de resistencia del fluido:

$$C = \frac{\Delta p_j}{\left(\frac{\rho v^2}{2}\right)} = \frac{\Delta p_j}{p_v} \quad \text{Ecuación 3 - 16}$$

donde  $\Delta p_j$  es la pérdida total de presión.

Pérdidas totales.

Las pérdidas de presión totales en un conducto son obtenidas mediante la combinación de las pérdidas por fricción y las pérdidas dinámicas. Combinando las dos ecuaciones anteriores en consideraciones de tramos individuales llegamos a la siguiente expresión:

$$\Delta p = \left( \frac{1000 f L}{D_h} + \Sigma C \right) \left( \frac{\rho v^2}{2} \right)$$

Ecuación 3 - 17



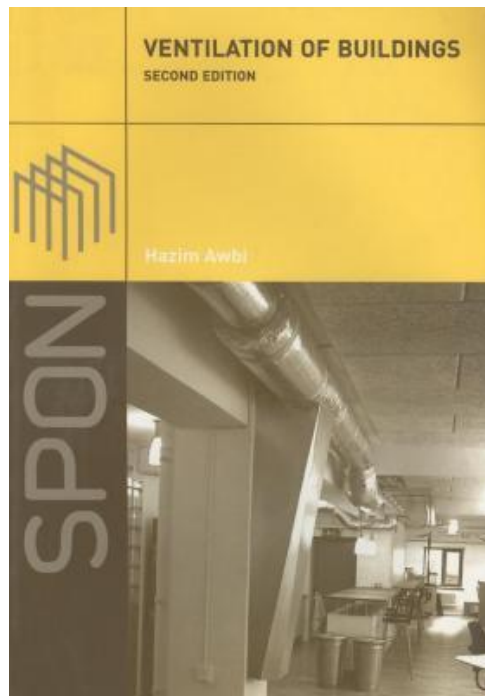


Fig. 3 - 9 Ventilation of buildings.

## 3.2 VENTILATION OF BUILDINGS

AWBI, Hazim. *Ventilation of buildings*, Taylor & Francis, Londres, 2003.

### 3.2.1 MECANISMOS CONDUCTORES PARA LA VENTILACIÓN.

Siguiendo los mismos criterios establecidos para el caso de estudio anterior, se establecen aquí los mismos apartados y se sigue el mismo orden en la elaboración de la exposición de los elementos estudiados.

#### 1. Tiro térmico.

En el caso de los conductos de ventilación verticales, el tiro térmico es la principal influencia. Su efecto se debe a la variación de la densidad del aire como resultado de una variación de temperatura entre los dos extremos de un conducto. Se desarrolla de este modo un gradiente vertical de la densidad y su diferencia de presión se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{dp}{dy} = -\rho g = -\rho_0 g \frac{T_0}{T} \quad \text{Ecuación 3 - 18}$$

donde  $\rho$  es la densidad del aire,  $g$  es la aceleración de la gravedad,  $\rho_0$  es la densidad del aire a la temperatura  $T_0$ , y  $T$  es la temperatura del aire.

Desarrollando esta ecuación para poder aplicarla de manera simplificada en diferentes situaciones con una variación lineal de la temperatura obtenemos la siguiente ecuación:

$$p_s = -\rho_{ext} g h \left( 1 - \frac{T_{ext}}{T_{int}} \right) \quad \text{Ecuación 3 - 19}$$

donde  $h$  es la diferencia de altura entre las dos aberturas.

### 1.1 Caudal térmico

El caudal de flujo producido por el tiro térmico es:

$$Q_s = A_{eff} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_0}}$$

Ecuación 3 - 20

en la que  $A_{eff}$  es el área efectiva de la apertura y  $\Delta p = 0.5\rho_0\bar{V}^2|(C_{pn} - C_{pi})|$ , donde  $C_{pn}$  y  $C_{pi}$  son los coeficientes de presión externa e interna respectivamente.

### 2. Presión de viento.

Dependiendo de las posiciones de entrada y salida de aire en el edificio, la presión ejercida por el viento puede influir de manera positiva o negativa a la ventilación. El flujo de aire inducido por el viento en un edificio es afectado por la distribución de presiones alrededor del edificio, siendo más relevantes las más próximas a las aberturas. La presión del viento se define mediante la siguiente ecuación:

$$p_w = 0.5 C_p \rho_0 \bar{V}^2$$

Ecuación 3 - 21

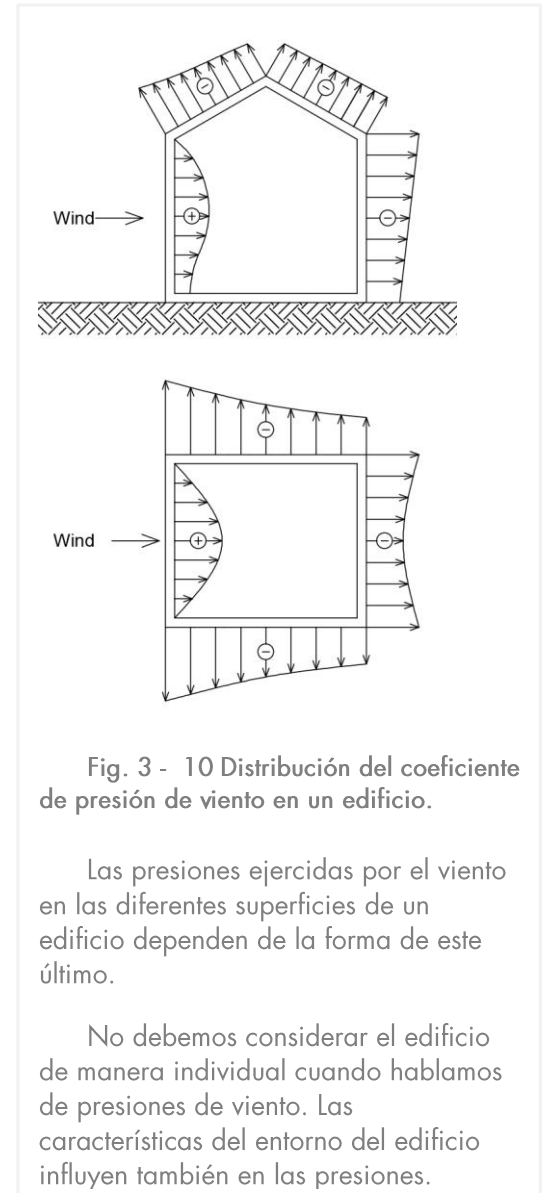
donde  $C_p$  es el coeficiente de presión estática,  $\rho_0$  es la densidad del aire exterior y  $\bar{V}$  es la velocidad del viento en el punto especificado.

El coeficiente de presión estática está definido mediante la siguiente ecuación:

$$C_p = \frac{p - p_0}{0.5\rho_0\bar{V}^2}$$

Ecuación 3 - 22

donde  $p$  es la presión en un punto de referencia del interior del edificio.



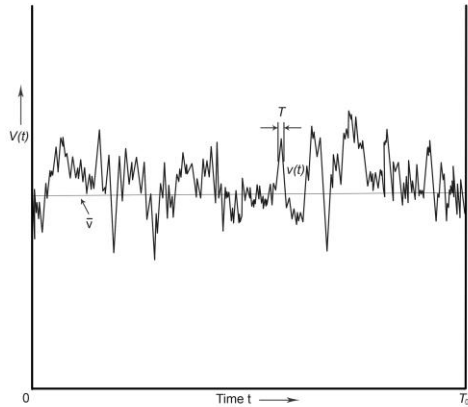


Fig. 3 - 11 Gráfica de la velocidad media del viento en un periodo dado.

La dificultad de considerar el factor viento queda aquí presente debido a la gran variación que experimenta.

No influye solo la variación de la velocidad, sino que también debe tenerse en cuenta la variación de la dirección, que en esta gráfica no se representa, al igual que otras variantes menos representativas.

### 2.1 Caudal de viento.

El caudal de flujo producido por la presión del viento es:

$$Q_w = C_d A_w \bar{V} \sqrt{\Delta C_p} \quad \text{Ecuación 3 - 23}$$

donde  $C_d$  es el coeficiente de descarga en la abertura y  $A_w$  es el área efectiva de flujo.

### 3. Efecto combinado viento-temperatura.

Los efectos de la presión del viento y el tiro térmico actúan de manera simultánea en los edificios. La combinación de estos dos efectos determina el flujo de caudal de ventilación que se produce. Las dos acciones pueden tener el mismo signo y por lo tanto aumentar el caudal general, pero también pueden tener signos contrarios y anularse la una a la otra. En un sistema de ventilación natural, la ecuación que representa esta combinación es la siguiente:

$$Q_t = \sqrt{Q_w^2 + Q_s^2} \quad \text{Ecuación 3 - 24}$$

### 3.2.2. CONSIDERACIONES EN CONDUCTOS.

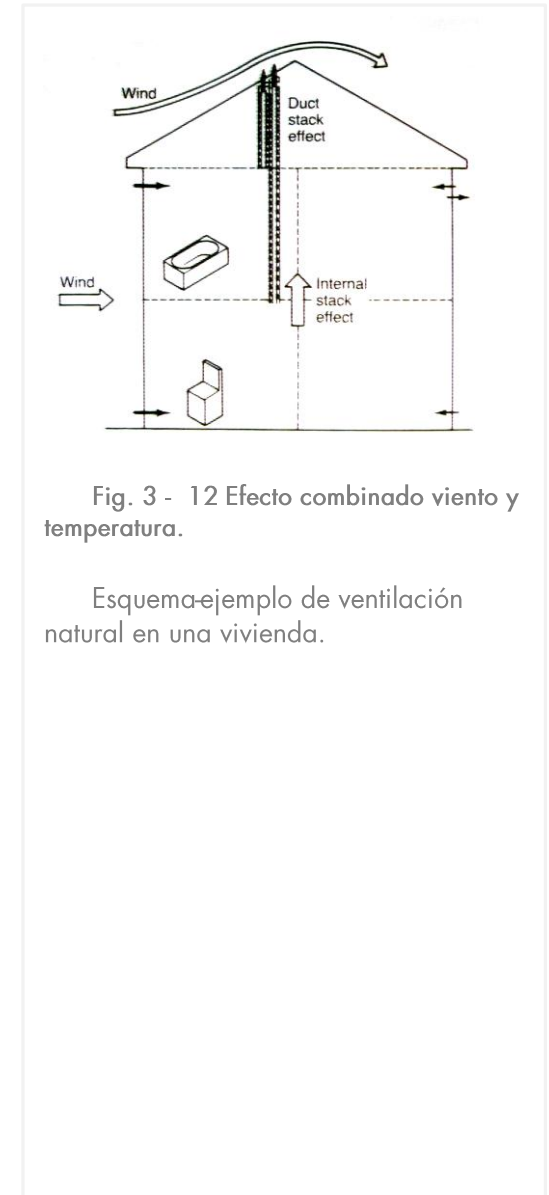
Altura mínima.

La altura mínima de un conducto sobre el nivel del techo para evitar un flujo negativo hacia el interior del edificio está definida por la siguiente ecuación:

$$h = d[0.5 + 0.16(\theta - 23)]$$

Ecuación 3 - 25

donde  $d$  es la distancia horizontal desde el centro del conducto al punto más alto del tejado y  $\theta$  es el ángulo de inclinación del tejado.



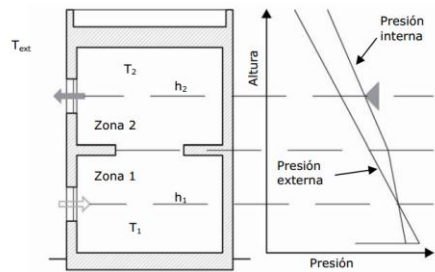


Fig. 3 - 13 Ejemplo de tiro térmico en un edificio con zonas comunicadas verticalmente.

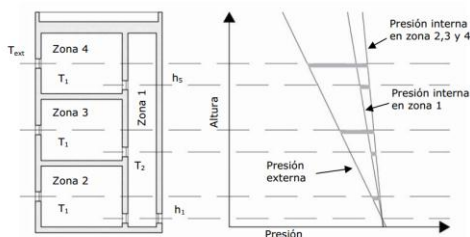


Fig. 3 - 14 Ejemplo de tiro térmico en un edificio con zonas comunicadas horizontalmente.

Se recogen en el texto diferentes estudios de casos particulares en los que se analizan las distribuciones de presiones de manera individual.

### 3.2.3. RESISTENCIA DEL FLUIDO

Pérdidas de presión.

La presión del viento y el tiro térmico que actúan en un conducto de ventilación vertical se ven afectadas por pérdidas de presión generadas en el interior del mismo. Estas pérdidas corresponden a pérdidas debidas a la fricción y a pérdida de presión dinámica en la descarga. Se producen también otra serie de pérdidas por efecto de los giros, las conexiones, las rejillas, las caperuzas, etc. Todos estos factores son considerados en la siguiente ecuación:

$$\Delta p = \left[ 4f \frac{z}{D_h} + k_i \frac{A}{A_i} + k_d \frac{A}{A_d} + k_e \frac{A}{A_e} \right] \frac{1}{2} \rho V_m^2 \quad \text{Ecuación 3 - 26}$$

donde  $K$  son los coeficientes de pérdida de presión;  $A$  es el área de la sección del conducto;  $A_i, A_d, A_e$  son las áreas de entrada; de regulador de tiro (si existe) y de salida respectivamente;  $z$  es la diferencia de altura entre las dos aberturas;  $\rho$  es la densidad del aire en el interior del conducto;  $V_m$  es la velocidad principal del aire en el conducto;  $D_h$  es el diámetro hidráulico del conducto y  $f$  es el factor de fricción de la pared del conducto.

El diámetro hidráulico permite asimilar una sección no circular a una que sí lo es. Su expresión es la siguiente:

$$D_h = \frac{2wh}{w + h} \quad \text{Ecuación 3 - 27}$$

en la que  $w$  representa el ancho y  $h$  el fondo.

Para un conducto estrecho, es decir,  $w < 10h$ , se puede hacer la siguiente asimilación:

$$D_h = 2h \quad \text{Ecuación 3 - 28}$$

### 3.3 BUILDING VENTILATION, THEORY AND MEASUREMENTS

ETHERIDGE, David y SANDBERG, Mats. *Building ventilation: theory and measurement*, John Wiley & Sons, Chichester, 1996.

#### 3.3.1 MECANISMOS CONDUCTORES PARA LA VENTILACIÓN E INFILTRACIÓN.

##### 1. Tiro térmico.

Considerando una temperatura uniforme, la diferencia de presión existente entre dos puntos separados por una altura  $z$ , viene dada por la ecuación:

$$\Delta p = P_{E0} - P_{I0} - gz(\rho_E - \rho_I) \quad \text{Ecuación 3 - 29}$$

Se establece también una relación aproximada entre las diferencias de temperatura y de densidad:

$$\frac{\rho_E - \rho_I}{\rho_I} \cong \frac{T_I - T_E}{T_I} \quad \text{Ecuación 3 - 30}$$

Esta relación se cumple siempre que la diferencia de temperaturas no supere los 10 K, o lo que es lo mismo, 10 °C. Esta relación se obtiene mediante deducciones de la ecuación de los gases perfectos cuando se considera que la diferencia existente entre las presiones absolutas es despreciables.

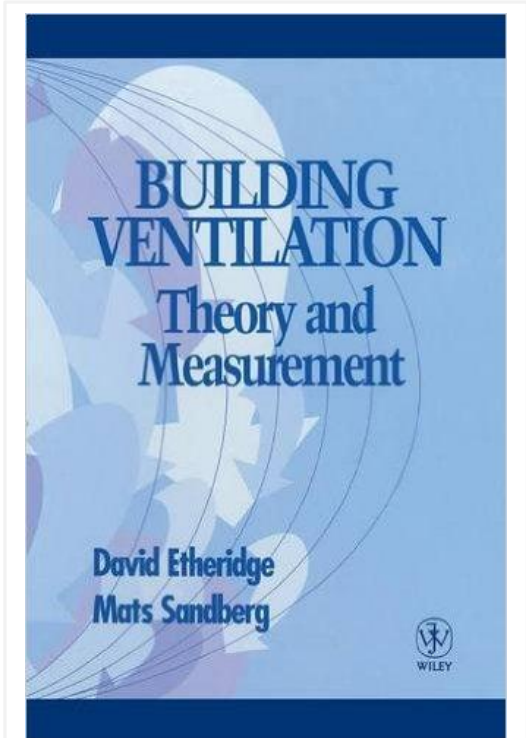


Fig. 3 - 15 Building ventilation. Theory and Measurement.

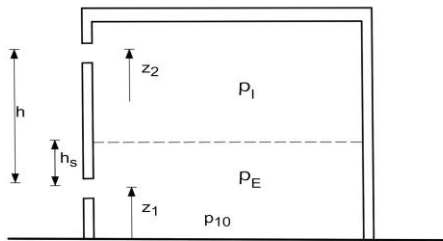


Fig. 3 - 16 Estratificación.

El aire en el interior de una estancia puede presentar distintos estratos debido a la diferencia de temperatura.

### 1.1 Caudal térmico.

Debido a las diferencias de presiones existentes entre dos aberturas, se genera un flujo de aire a través de las mismas. El caudal de flujo de aire debido a la diferencia de presiones se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$q = f\{\Delta p\} \quad \text{Ecuación 3 - 31}$$

El valor de la función  $f$ , fricción, depende fundamentalmente de la geometría de las aberturas. Si aplicamos la ecuación de la continuidad y consideramos ausencia de viento, podemos expresar el caudal del siguiente modo:

$$q_1 = C_D A \sqrt{\frac{\Delta \rho g h}{\rho}} \quad \text{Ecuación 3 - 32}$$

$$q_1 = C_D A \sqrt{\frac{\Delta T g h}{T_1}} \quad \text{Ecuación 3 - 33}$$

Ecuaciones en las que podemos deducir que el caudal de ventilación es directamente proporcional a la raíz cuadrada de la diferencia de temperatura y de la altura.

## 2. Presión de viento.

Las diferencias de presión causadas por el viento son determinadas principalmente por la velocidad,  $U_R$ , y la dirección,  $\phi_R$  del viento, la geometría del edificio y la configuración del entorno que le rodea. La consideración de todos estos factores se expresa en la siguiente ecuación:

$$\Delta p = \frac{\Delta C_p \rho_E U_R^2}{2} \quad \text{Ecuación 3 - 34}$$

donde  $\Delta C_p$  es el coeficiente de presión, determinado por la siguiente ecuación:

$$\Delta C_p = f\{\phi_R\} \quad \text{Ecuación 3 - 35}$$

### 2.1 Caudal de viento.

De nuevo, el caudal generado por una diferencia de presión, en este caso producida por el viento, depende de la configuración geométrica de las aberturas. De manera general, el caudal de flujo de aire debido a la diferencia de presiones se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$q = f\{\Delta p\} \quad \text{Ecuación 3 - 36}$$

En el caso de la ventilación producida por el viento podemos desarrollarla del siguiente modo:

$$q = C_D A U_R \sqrt{\frac{\Delta C_p}{2}} \quad \text{Ecuación 3 - 37}$$

## 3. Efecto combinado viento temperatura.

Estableciendo una comparación entre los valores de diferencia de presión producida por las diferencias de temperatura y los producidos por el viento pueden llegar a tener una magnitud

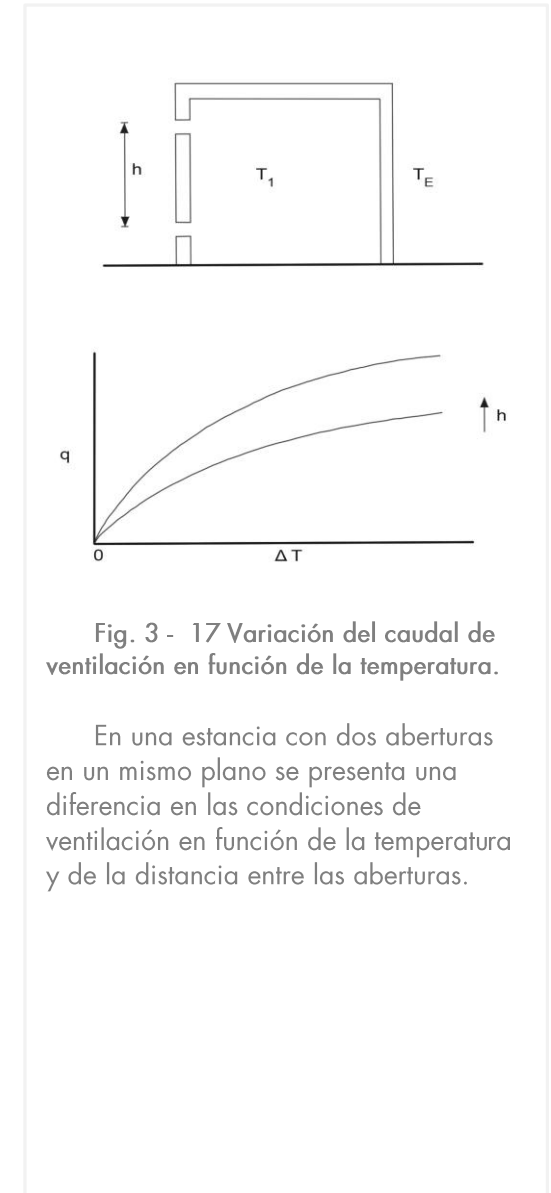


Fig. 3 - 17 Variación del caudal de ventilación en función de la temperatura.

En una estancia con dos aberturas en un mismo plano se presenta una diferencia en las condiciones de ventilación en función de la temperatura y de la distancia entre las aberturas.



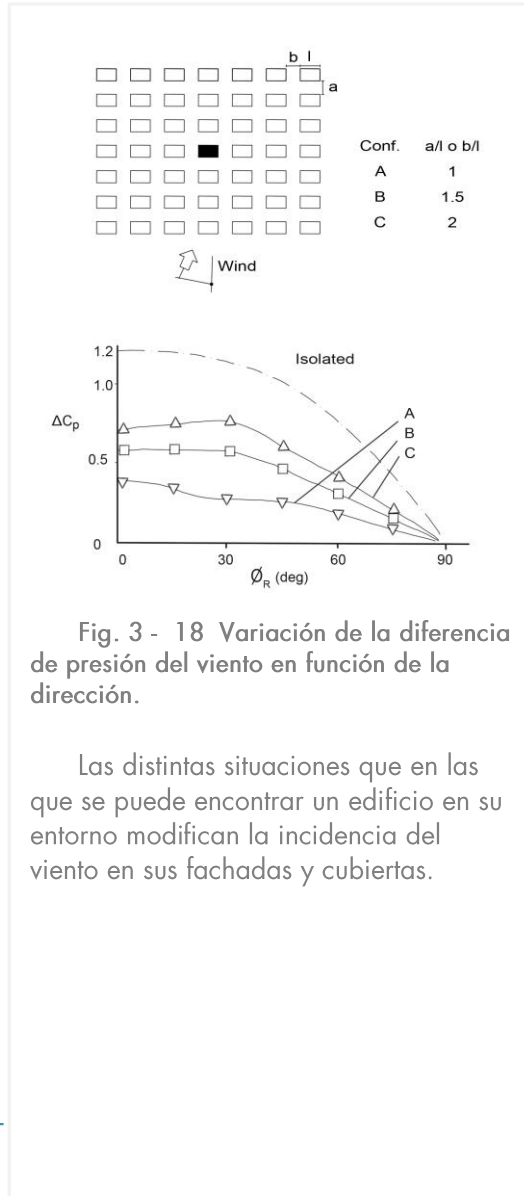


Fig. 3 - 18 Variación de la diferencia de presión del viento en función de la dirección.

Las distintas situaciones que en las que se puede encontrar un edificio en su entorno modifican la incidencia del viento en sus fachadas y cubiertas.

semejante. En general estas dos situaciones están siempre presentes y debe considerarse su combinación.

En este caso, la consideración de ambos efectos se reduce a la suma de las presiones hidrostáticas y de las presiones debidas al viento. De este modo, la diferencia de presiones se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta p = p_w + (P_{E0} - P_{I0}) - \Delta \rho g z \quad \text{Ecuación 3 - 38}$$

En la consideración del caudal generado por estos dos efectos existe una variación en función de los signos de las presiones en su combinación:

$$q_1 = C_D A \sqrt{\left| \frac{\Delta C_p U_R^2}{2} + \frac{\Delta \rho g h}{\rho} \right|} \quad \text{Ecuación 3 - 39}$$

$$q_1 = C_D A \sqrt{\left| \frac{\Delta C_p U_R^2}{2} - \frac{\Delta \rho g h}{\rho} \right|} \quad \text{Ecuación 3 - 400}$$

### 3.3.2. CONSIDERACIONES EN CONDUCTOS.

El procedimiento básico para la consideración del flujo en conductos verticales se obtiene de establecer la relación entre el caudal de flujo y la diferencia de presiones entre la entrada y la salida del conducto. La ecuación de balance de energía térmica establece una relación entre el peso, el caudal de flujo y las propiedades de transferencia de calor del mismo. Con estas condiciones, la relación entre caudal y diferencias de presión puede ser obtenida.

En el caso de la consideración de conductos verticales inclinados, esta relación se establece en la siguiente ecuación:

$$\Delta p = g \sin \theta \int_0^L \rho ds + F_{SF} + \Delta M \quad \text{Ecuación 3 - 41}$$

donde  $F_{SF}$  es la fuerza de fricción en las superficies interiores y  $\Delta M$  el cambio del flujo de momento entre el punto inicial y el punto final.

### 3.2.3. RESISTENCIA DEL FLUIDO

Las pérdidas de presión en los conductos verticales se pueden expresar de la siguiente forma:

$$\Delta p = 2\rho K_b \left(\frac{Q_c}{A}\right)^2 \quad \text{Ecuación 3 - 42}$$

donde  $K_b$  es el coeficiente de pérdidas.

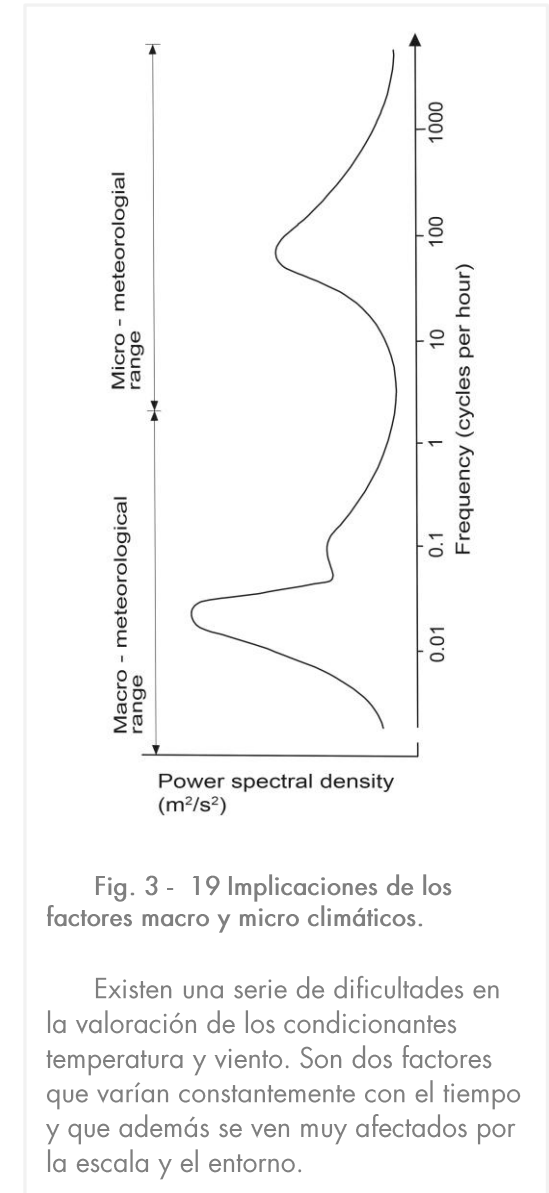


Fig. 3 - 19 Implicaciones de los factores macro y micro climáticos.

Existen una serie de dificultades en la valoración de los condicionantes temperatura y viento. Son dos factores que varían constantemente con el tiempo y que además se ven muy afectados por la escala y el entorno.

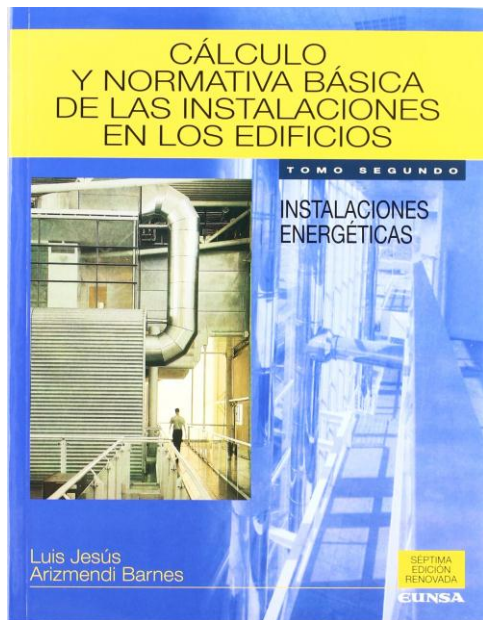


Fig. 3 - 20 Cálculo y normativa básica de las instalaciones en los edificios. Sistemas de ventilación.

### 3.4 SISTEMAS DE VENTILACIÓN

ARIZMENDI, Luis Jesús. Cálculo y normativa básica de las instalaciones en los edificios, Eunsa, Pamplona, 1985.

#### 3.4.1 MECANISMOS CONDUCTORES PARA LA VENTILACIÓN.

##### 1. Tiro térmico.

Se basa en la consideración de un volumen de aire determinado contenido entre dos niveles. El movimiento es inducido en este sistema por la diferencia de densidad entre el aire contenido en su interior y el aire presente en el exterior. Si el aire interior presenta una temperatura superior al exterior, se genera un flujo ascendente. Si por el contrario, el aire interior presenta una temperatura inferior al aire exterior, el flujo será descendente.

Esta relación podemos expresarla en función de los pesos específicos de los gases:

$$\Delta P = H (\gamma_a - \gamma_f) \quad \text{Ecuación 3 - 43}$$

o bien, en función de las densidades:

$$\Delta P = H g (\rho_a - \rho_f) \quad \text{Ecuación 3 - 44}$$

Como se observa en las ecuaciones, el tiro térmico es proporcional a la altura del conducto.

##### 1.1 Caudal térmico.

Podemos calcular el caudal de aire extraído en función de la velocidad. Una forma de hacerlo es mediante la ecuación empírica desarrollada por Sansbury.

$$V = 1,75 \left( \sqrt{\frac{H (t_i - t_e)}{t_e + 270}} \right) \quad \text{Ecuación 3 - 45}$$

Para el cálculo de los volúmenes de aire extraídos L. J. Arizmendi nos remite a las tablas elaboradas por las casas comerciales de conductos.

2. Efecto del viento.

Es importante conocer con precisión la intensidad y la dirección más frecuente de los vientos principales que afectan al entorno del edificio. Para considerar valores generales que puedan ser de aplicación en cálculo, estos deben ser el promedio de un periodo de tiempo superior a tres años.

En la aplicación a los conductos verticales de ventilación en las viviendas, la velocidad del viento debe ponderarse con coeficientes del siguiente modo:

$$P_{FV} = C_e C_f \frac{v^2}{16} \tag{Ecuación 3 - 46}$$

donde  $C_e$  y  $C_f$  son los coeficientes correctores de exposición y forma respectivamente. Sus valores se recogen en las tablas asociadas en la columna.

Estos valores de cálculo no son muy precisos debido a la variabilidad del factor viento en cuanto a velocidad y dirección. Las consideraciones de exposición y forma también son muy relativas y difícilmente generalizables. Existen pequeños elementos en el entorno, como puede ser un conjunto de árboles, que modifican sustancialmente estas consideraciones.

Coeficiente de exposición:

Superficies planas	
A Barlovento	A Sotavento
0,8	-0,4
Superficies curvas rugosas	
A Barlovento	A Sotavento
0,8	-0,4
Superficies curvas muy lisas	
A Barlovento	A Sotavento
0,8	-0,4

Coeficiente de forma:

Forma	$C_f$
Planta rectangular	1,2
Planta cuadrada	1,1
Planta octogonal	1,0
Planta cilíndrica de superficie rugosa	0,8
Planta cilíndrica de superficie lisa	0,6
Esferas o semiesferas	0,4

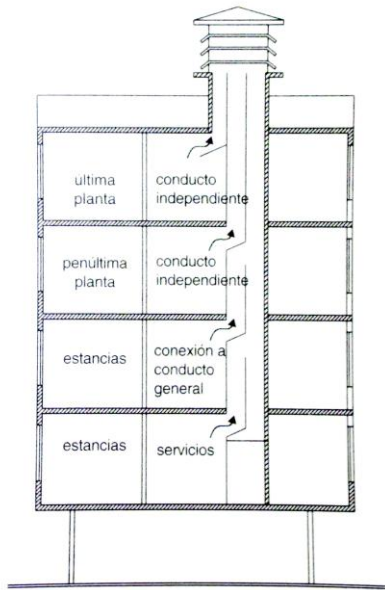


Fig. 3 - 21 Esquema de ventilación mediante chimeneas colectivas y conductos individuales.

El texto de ARIZMENDI es una guía para los arquitectos que permite comprender mejor la normativa de la construcción en España en cuanto a las instalaciones.

### 3.4.2. CONSIDERACIONES EN CONDUCTOS.

Existe otra variable que no se contempla en estas ecuaciones, la velocidad. La temperatura y el volumen del gas son directamente proporcionales; esto es, a mayor temperatura, mayor volumen de gas. También sabemos que el caudal es igual a sección por velocidad:  $Q = S \cdot v$ . De este modo, si queremos mantener una velocidad constante a lo largo del conducto, debemos reducir la sección del mismo en función de la altura.

### 3.4.3. RESISTENCIA DEL FLUIDO.

Otro factor a tener en cuenta en esta relación es la rugosidad del interior del conducto. El coeficiente de rozamiento del material de acabado del interior del conducto proporcionará el valor a tener en cuenta para la consideración de la pérdida de carga. También ejerce influencia en esta última la suciedad, la calidad de las uniones, etc.

### 3.5 ESTUDIO COMPARATIVO

Para realizar el estudio comparativo de las distintas teorías recogidas se presenta un caso particular. El estudio de los conductos de ventilación de las dos últimas plantas de un edificio residencial. La elección de este caso se debe a la limitación de los estudios recogidos en las teorías, debido a que no se consideran conductos con múltiples entradas en ninguna de las teorías. De este modo, los conductos de ventilación de las dos últimas plantas de un edificio genérico quedan recogidos en el ámbito de estudio.

Las condiciones particulares establecidas para este estudio son las siguientes:

Dos longitudes a valorar: C1, con un desarrollo en altura de 6 m.

C2, con un desarrollo en altura de 9 m.

Tres secciones a valorar: S1, sección circular de 120 mm. de diámetro.

S2, sección rectangular de 75 x 150 mm.

S3, sección circular de 250 mm. de diámetro.

Condiciones del entorno: Ubicado en Valladolid.

Temperatura exterior: 15 °C (288 K).

Temperatura interior: 21 °C (294 K).

Densidad del aire exterior: 1,19 kg/m<sup>3</sup> (según fórmula CIPM).

Densidad del aire interior: 1,08 kg/m<sup>3</sup> (según fórmula CIPM).

Velocidad media del viento: 4,11 m/s.

Coficiente de presión:  $C_p = 0,12$

	Altura(m)
C1	6,00
C2	9,00

	Nombre	Sección(m <sup>2</sup> )
S1	1	0,0112
S2		0,0112
S3	2	0,0490

	Altura(m)	Sección(m <sup>2</sup> )
C1.1	6,00	0,0112
C1.2	6,00	0,0490
C2.1	9,00	0,0112
C2.2	9,00	0,0490

	Valor
$T_{ext}$	288 K
$T_{int}$	294 K
$\rho_{ext}$	1,19 kg/m <sup>3</sup>
$\rho_{int}$	1,08 kg/m <sup>3</sup>
v	4,11 m/s
$C_p$	0,12

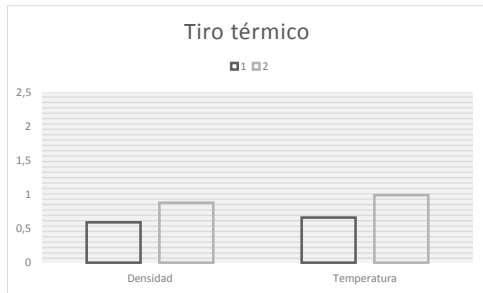


Fig. 3 - 22

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para el tiro térmico.

El proceso de comparación a desarrollar va a comprender tres aspectos fundamentales, que son los mismos recogidos en los capítulos anteriores: Tiro térmico, Presión de viento y Efecto combinado viento-temperatura. El método a seguir es el estudio de cada caso particular aplicando cada una de las teorías de manera independiente para luego comparar los resultados de manera conjunta.

### 3.5.1 2013 ASHRAE Handbook: Fundamentals

#### 1. Tiro térmico.

Este estudio recoge dos expresiones para el cálculo del tiro térmico, una en función de la densidad y otra en función de la temperatura:

Ecuación de tiro térmico en función de la densidad:

$$\Delta p_{se} = (\rho_{ext} - \rho_{int}) g (H_{NPL} - H) \quad \text{Ecuación 3 - 47}$$

Cálculo:

$$1 \quad \Delta p_{se} = (1,10 - 1,08) \cdot 9,81 \cdot (6,00 - 3,00) = 0,59 Pa$$

$$2 \quad \Delta p_{se} = (1,10 - 1,08) \cdot 9,81 \cdot (9,00 - 4,50) = 0,88 Pa$$

Ecuación de tiro térmico en función de la temperatura:

$$\Delta p_{se} = \rho_{ext} \left( \frac{T_{ext} - T_{int}}{T_{int}} \right) g (H_{NPL} - H) \quad \text{Ecuación 3 - 48}$$

Cálculo:

$$1 \quad \Delta p_{se} = 1,10 \cdot \left( \frac{288 - 294}{294} \right) \cdot 9,81 \cdot (6,00 - 3,00) = -0,66 \text{ Pa}$$

$$2 \quad \Delta p_{se} = 1,10 \cdot \left( \frac{288 - 294}{294} \right) \cdot 9,81 \cdot (9,00 - 4,50) = -0,99 \text{ Pa}$$

1.1 Caudal térmico:

El caudal térmico se define según la siguiente ecuación:

$$Q = C_D A \sqrt{2g\Delta H_{NPL} \left( \frac{T_{ext} - T_{int}}{T_{ext}} \right)} \quad \text{Ecuación 3 - 49}$$

donde  $C_D$  es el coeficiente de descarga para cada abertura y se define como:

$$C_D = 0,40 + 0,0045 |T_{ext} - T_{int}| \quad \text{Ecuación 3 - 50}$$

Cálculo:

$$C_D = 0,40 + 0,0045 |288 - 294| = 0,4287$$

$$C1.1 \quad Q = 0,4287 \cdot 0,0112 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3,00 \cdot \left( \frac{288 - 294}{288} \right)} = 5,29 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C1.2 \quad Q = 0,4287 \cdot 0,0112 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 4,50 \cdot \left( \frac{288 - 294}{288} \right)} = 6,48 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

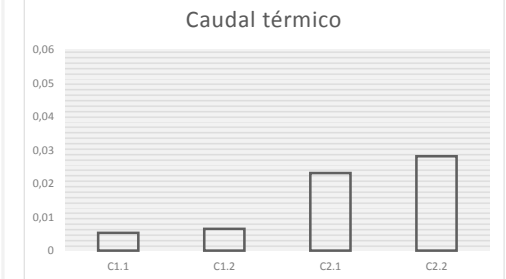


Fig. 3 - 23

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para el caudal térmico.



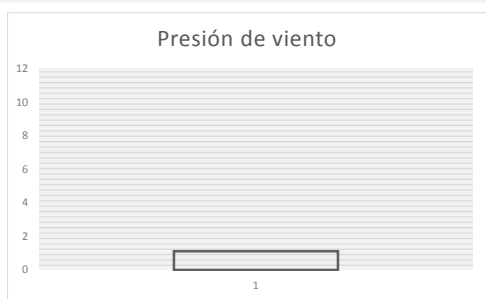


Fig. 3 - 24

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para la presión de viento.



Fig. 3 - 25

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para El caudal de viento.

$$C2.1 \quad Q = 0,4287 \cdot 0,0490 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3,00 \cdot \left(\frac{288 - 294}{288}\right)} = 23,16 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

$$C2.2 \quad Q = 0,4287 \cdot 0,0490 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 4,50 \cdot \left(\frac{288 - 294}{288}\right)} = 28,17 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

## 2. Presión de viento.

Para el caso de los conductos verticales que llegan a cubierta, la influencia de la diferencia de presión generada en los mismos, se expresa como:

$$p_w = C_p \rho \frac{U^2}{2} \quad \text{Ecuación 3 - 51}$$

Cálculo:

$$p_w = 0,12 \cdot 1,10 \cdot \frac{4,11^2}{2} = 1,11 Pa$$

### 2.1 Caudal de viento:

El caudal de flujo instantáneo de ventilación debido al viento se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Q = C_v A U \quad \text{Ecuación 3 - 52}$$

Cálculo: Se establece  $C_v = 0,50$  por considerarse una situación de viento perpendicular.

$$C1 \quad Q = 0,50 \cdot 0,0112 \cdot 4,11 = 0,02 m^3/s$$

$$C2 \quad Q = 0,50 \cdot 0,0490 \cdot 4,11 = 0,10 m^3/s$$

3. Efecto combinado viento-temperatura:

En nuestro caso de estudio, con temperaturas uniformes en el interior, la diferencia de presión total de cada punto define mediante los parámetros de referencia de viento,  $P_U$  y temperatura,  $P_T$ , comunes a todos los puntos.

$$P_U = \rho_0 \frac{U_H^2}{2} \quad \text{Ecuación 3 - 53}$$

$$P_T = g\rho_0 \left[ \frac{(T_{ext} - T_{int})}{T_{ext}} \right] \quad \text{Ecuación 3 - 54}$$

La diferencia de presión en cada punto, con presiones positivas, se expresa como:

$$\Delta p = s^2 C_p P_U + H P_T \quad \text{Ecuación 3 - 55}$$

donde  $s$  es el factor de protección para la dirección particular del viento, en este caso establecido en 0,20.

Cálculo:

$$P_U = 1,10 \cdot \frac{4,11^2}{2} = 9,29 \text{ Pa}$$

$$P_T = 9,81 \cdot 1,10 \left[ \frac{(288 - 294)}{288} \right] = 0,22 \text{ Pa}$$

$$1 \quad \Delta p = 0,20^2 \cdot 0,12 \cdot 9,29 + 6,00 \cdot 0,22 = 1,36 \text{ Pa}$$

$$2 \quad \Delta p = 0,20^2 \cdot 0,12 \cdot 9,29 + 9,00 \cdot 0,22 = 2,02 \text{ Pa}$$

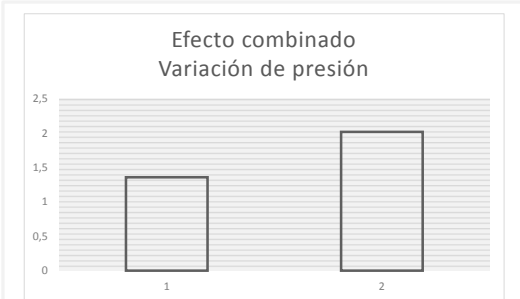


Fig. 3 - 26

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para los efectos combinados de variación de presión.

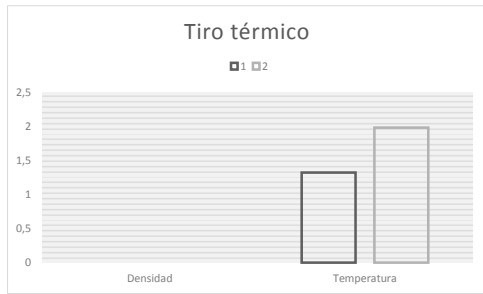


Fig. 3 - 27

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para el tiro térmico.

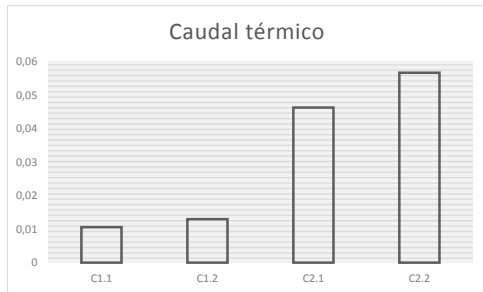


Fig. 3 - 28

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para el caudal térmico.

### 3.5.2 VENTILATION OF BUILDINGS

#### 1. Tiro térmico:

La ecuación desarrollada para el cálculo del tiro térmico en conductos verticales es la siguiente:

$$p_s = -\rho_{ext}gh \left(1 - \frac{T_{ext}}{T_{int}}\right) \quad \text{Ecuación 3 - 56}$$

Cálculo:

$$1 \quad p_s = -1,10 \cdot 9,81 \cdot 6,00 \left(1 - \frac{288}{294}\right) = -1,32 \text{ Pa}$$

$$2 \quad p_s = -1,10 \cdot 9,81 \cdot 9,00 \left(1 - \frac{288}{294}\right) = -1,98 \text{ Pa}$$

#### 1.1 Caudal térmico:

El caudal de flujo producido por el tiro térmico es:

$$Q_s = A_{eff} \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho_0}} \quad \text{Ecuación 3 - 57}$$

Cálculo:

$$C1.1 \quad Q_s = 0,61 \cdot 0,0112 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1,32}{1,10}} = 10,58 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C1.2 \quad Q_s = 0,61 \cdot 0,0112 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1,98}{1,10}} = 12,96 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C2.1 \quad Q_s = 0,61 \cdot 0,0490 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1,32}{1,10}} = 46,30 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C2.2 \quad Q_s = 0,61 \cdot 0,0490 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1,98}{1,10}} = 56,71 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

2. Presión de viento:

La presión del viento se define mediante la siguiente ecuación:

$$p_w = 0,5 C_p \rho_0 \bar{V}^2$$

Ecuación 3 - 58

Cálculo:

$$p_w = 0,5 \cdot 0,12 \cdot 1,10 \cdot 4,11^2 = 10,40 \text{ Pa}$$

2.1 Caudal de viento:

El caudal de flujo producido por la presión del viento es:

$$Q_w = C_d A_w \bar{V} \sqrt{\Delta C_p}$$

Ecuación 3 - 59

Cálculo:

$$C1 \quad Q_w = 0,60 \cdot 0,0112 \cdot 4,11 \cdot \sqrt{0,12} = 9,56 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C2 \quad Q_w = 0,60 \cdot 0,0490 \cdot 4,11 \cdot \sqrt{0,12} = 41,23 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

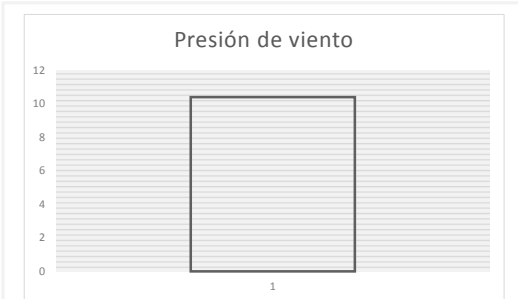


Fig. 3 - 29

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para la presión de viento.



Fig. 3 - 30

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para el caudal de viento.

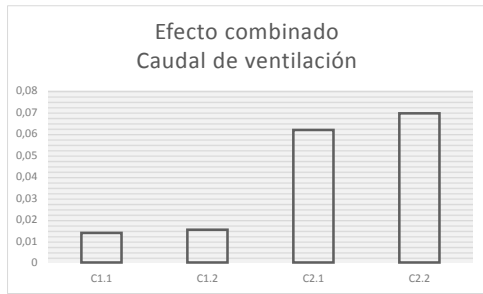


Fig. 3 - 31

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para el efecto combinado de caudal de ventilación.

### 3. Efecto combinado viento-temperatura:

En un sistema de ventilación natural, la ecuación que representa la combinación viento-temperatura es la siguiente:

$$Q_t = \sqrt{Q_w^2 + Q_s^2}$$

Ecuación 3 - 60

Cálculo:

$$C1.1 \quad Q_t = \sqrt{9,56 \cdot 10^{-3^2} + 0,010^2} = 13,83 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C1.2 \quad Q_t = \sqrt{9,56 \cdot 10^{-3^2} + 0,012^2} = 15,34 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C2.1 \quad Q_t = \sqrt{41,23 \cdot 10^{-3^2} + 0,046^2} = 61,77 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C2.2 \quad Q_t = \sqrt{41,23 \cdot 10^{-3^2} + 0,056^2} = 69,54 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

### 3.5.3 BUILDING VENTILATION, THEORY AND MEASUREMENTS

#### 1. Tiro térmico:

Para el caso de estudio, la diferencia de presión generada por el tiro térmico, viene dada por la ecuación:

$$\Delta p = P_{E0} - P_{I0} - gz(\rho_E - \rho_I) \quad \text{Ecuación 3 - 61}$$

Cálculo:

$$1 \quad \Delta p = -9,81 \cdot 6,00 \cdot (1,10 - 1,08) = -1,17 \text{ Pa}$$

$$2 \quad \Delta p = -9,81 \cdot 9,00 \cdot (1,10 - 1,08) = -1,76 \text{ Pa}$$

#### 1.1 Caudal térmico:

El caudal de ventilación puede definirse a través de la temperatura o de la densidad según las siguientes ecuaciones:

$$q_1 = C_D A \sqrt{\frac{\Delta \rho g h}{\rho}} \quad \text{Ecuación 3 - 62}$$

$$q_1 = C_D A \sqrt{\frac{\Delta T g h}{T_I}} \quad \text{Ecuación 3 - 63}$$

Cálculo en función de la densidad:

$$C1.1 \quad q_1 = 0,60 \cdot 0,0112 \cdot \sqrt{\frac{0,02 \cdot 9,81 \cdot 6,00}{1,08}} = 7,01 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$C1.2 \quad q_1 = 0,60 \cdot 0,0112 \cdot \sqrt{\frac{0,02 \cdot 9,81 \cdot 9,00}{1,08}} = 8,59 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

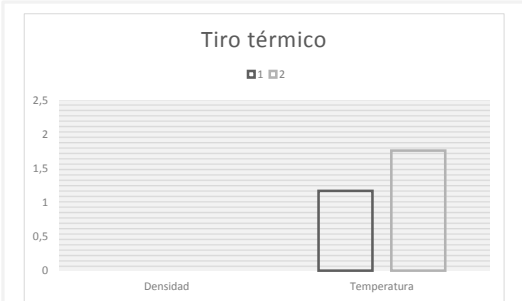


Fig. 3 - 32

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para el tiro térmico.

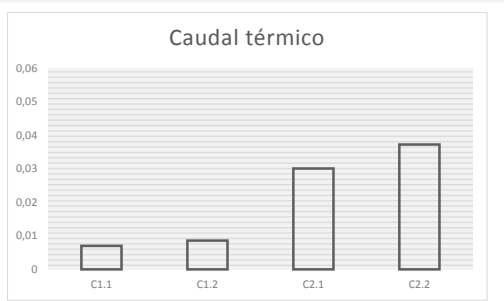


Fig. 3 - 33

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para el caudal térmico en función de la densidad.

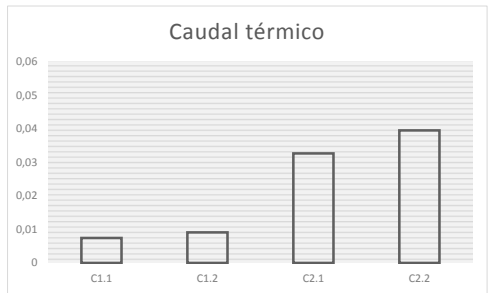


Fig. 3 - 34

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para el caudal térmico en función de la densidad.

$$C2.1 \quad q_1 = 0,60 \cdot 0,0490 \cdot \sqrt{\frac{0,02 \cdot 9,81 \cdot 6,00}{1,08}} = 30,12 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

$$C2.2 \quad q_1 = 0,60 \cdot 0,0490 \cdot \sqrt{\frac{0,02 \cdot 9,81 \cdot 9,00}{1,08}} = 37,25 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

Cálculo en función de la temperatura:

$$C1.1 \quad q_1 = 0,60 \cdot 0,0112 \cdot \sqrt{\frac{6,00 \cdot 9,81 \cdot 6,00}{288}} = 7,44 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

$$C1.2 \quad q_1 = 0,60 \cdot 0,0112 \cdot \sqrt{\frac{6,00 \cdot 9,81 \cdot 9,00}{288}} = 9,11 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

$$C2.1 \quad q_1 = 0,60 \cdot 0,0490 \cdot \sqrt{\frac{6,00 \cdot 9,81 \cdot 6,00}{288}} = 32,68 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

$$C2.2 \quad q_1 = 0,60 \cdot 0,0490 \cdot \sqrt{\frac{6,00 \cdot 9,81 \cdot 9,00}{288}} = 39,54 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

2. Presión de viento:

La diferencia de presión causada por el viento expresa en la siguiente ecuación:

$$\Delta p = \frac{\Delta C_p \rho_E U_R^2}{2} \quad \text{Ecuación 3 - 64}$$

Cálculo:

$$\Delta p = \frac{0,12 \cdot 1,10 \cdot 4,11^2}{2} = 1,11 Pa$$

2.1 Caudal de viento:

El caudal de flujo de aire debido a la diferencia de presiones para este caso particular se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$q = C_D A U_R \sqrt{\frac{\Delta C_p}{2}}$$

Ecuación 3 - 65

Cálculo:

$$C1 \quad q = 0,60 \cdot 0,0112 \cdot 4,11 \cdot \sqrt{\frac{0,12}{2}} = 6,76 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

$$C2 \quad q = 0,60 \cdot 0,0490 \cdot 4,11 \cdot \sqrt{\frac{0,12}{2}} = 29,54 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

3. Efecto combinado viento-temperatura:

El caudal generado como suma de los efectos combinados de viento y temperatura (en función de la densidad) responde a la siguiente ecuación:

$$q_1 = C_D A \sqrt{\left| \frac{\Delta C_p U_R^2}{2} + \frac{\Delta \rho g h}{\rho} \right|}$$

Ecuación 3 - 66

Cálculo:

$$C1.1 \quad q_1 = 0,60 \cdot 0,0112 \cdot \sqrt{\left| \frac{0,12 \cdot 4,11^2}{2} + \frac{0,02 \cdot 9,81 \cdot 6,00}{1,08} \right|} = 9,74 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

$$C1.2 \quad q_1 = 0,60 \cdot 0,0112 \cdot \sqrt{\left| \frac{0,12 \cdot 4,11^2}{2} + \frac{0,02 \cdot 9,81 \cdot 9,00}{1,08} \right|} = 10,97 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

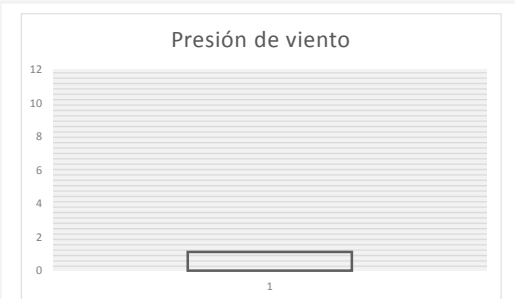


Fig. 3 - 35

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para la presión de viento.



Fig. 3 - 36

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para el caudal de viento.



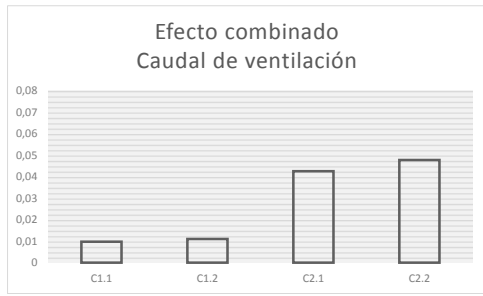


Fig. 3 - 37

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para el efecto combinado de caudal de ventilación.

$$C2.1 \quad q_1 = 0,60 \cdot 0,0490 \cdot \sqrt{\left| \frac{0,12 \cdot 4,11^2}{2} + \frac{0,02 \cdot 9,81 \cdot 6,00}{1,08} \right|} = 42,58 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

$$C2.2 \quad q_1 = 0,60 \cdot 0,0490 \cdot \sqrt{\left| \frac{0,12 \cdot 4,11^2}{2} + \frac{0,02 \cdot 9,81 \cdot 9,00}{1,08} \right|} = 47,81 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

### 3.5.4 SISTEMAS DE VENTILACIÓN

#### 1. Tiro térmico:

El tiro térmico presente en los conductos de ventilación verticales se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta P = H g (\rho_a - \rho_f) \quad \text{Ecuación 3 - 67}$$

Cálculo:

$$1 \quad \Delta P = 6,00 \cdot 9,81 \cdot (1,10 - 1,08) = 1,17 \text{ Pa}$$

$$2 \quad \Delta P = 9,00 \cdot 9,81 \cdot (1,10 - 1,08) = 1,76 \text{ Pa}$$

#### 1.1 Caudal térmico:

El caudal de aire extraído se calcula en función de la velocidad mediante la ecuación empírica desarrollada por Sansbury.

$$V = 1,75 \left( \sqrt{\frac{H (t_i - t_e)}{t_e + 270}} \right) \quad \text{Ecuación 3 - 68}$$

Aplicando posteriormente la relación  $Q = V \cdot S$  podemos obtener el caudal.

Cálculo:

$$1 \quad V = 1,75 \left( \sqrt{\frac{6,00 (294 - 288)}{288}} \right) = 0,61 \text{ m/s}$$

$$2 \quad V = 1,75 \left( \sqrt{\frac{9,00 (294 - 288)}{288}} \right) = 0,75 \text{ m/s}$$

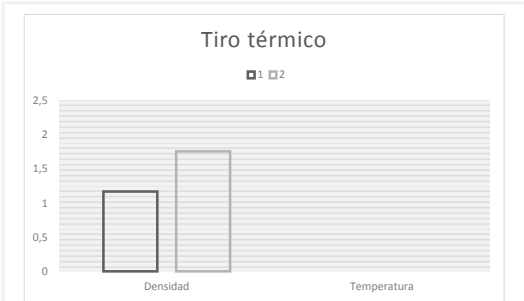


Fig. 3 - 38

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para el tiro térmico.

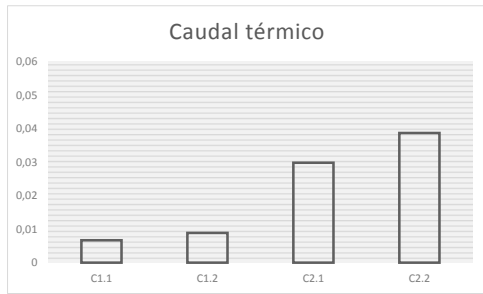


Fig. 3 - 39

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para el caudal térmico.

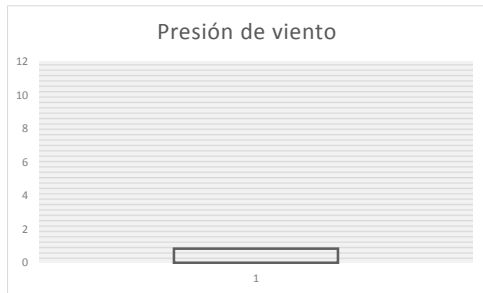


Fig. 3 - 40

Esquema gráfico de los resultados de cálculo para la presión de viento.

Aplicamos  $Q = V \cdot S$ :

$$C1.1 \quad 0,61 \cdot 0,0112 = 6,68 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

$$C1.2 \quad 0,79 \cdot 0,0112 = 8,84 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

$$C2.1 \quad 0,61 \cdot 0,0490 = 29,84 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

$$C2.2 \quad 0,79 \cdot 0,0490 = 38,71 \cdot 10^{-3} m^3/s$$

2. Presión de viento:

En el caso que nos ocupa, la velocidad del viento se pondera con coeficientes del siguiente modo:

$$P_{FV} = C_e C_f \frac{V^2}{16}$$

Ecuación 3 - 69

Cálculo:

$$P_{FV} = 0,8 \cdot 1,0 \cdot \frac{4,11^2}{16} = 0,84 Pa$$

2013 ASHRAE Handbook: Fundamentals							
		Tiro térmico		Presión de viento		Efecto combinado	
		$\Delta P (Pa)$	$Q (m^3/s)$	$\Delta P (Pa)$	$Q (m^3/s)$	$\Delta P (Pa)$	$Q$
C1	C1.1	0,59	$5,29 \cdot 10^{-3}$	1,11	0,02	1,36	
	C1.2	0,88	$6,48 \cdot 10^{-3}$			2,02	
C2	C2.1	0,59	$23,16 \cdot 10^{-3}$		0,10	1,36	
	C2.2	0,88	$28,17 \cdot 10^{-3}$			2,02	

VENTILATION OF BUILDINGS							
		Tiro térmico		Presión de viento		Efecto combinado	
		$\Delta P (Pa)$	$Q (m^3/s)$	$\Delta P (Pa)$	$Q (m^3/s)$	$\Delta P$	$Q (m^3/s)$
C1	C1.1	1,32	$10,58 \cdot 10^{-3}$	10,40	$9,56 \cdot 10^{-3}$		$13,83 \cdot 10^{-3}$
	C1.2	1,98	$12,96 \cdot 10^{-3}$			$15,34 \cdot 10^{-3}$	
C2	C2.1	1,32	$46,30 \cdot 10^{-3}$		$41,23 \cdot 10^{-3}$		$61,77 \cdot 10^{-3}$
	C2.2	1,98	$56,71 \cdot 10^{-3}$			$69,54 \cdot 10^{-3}$	

BUILDING VENTILATION, THEORY AND MEASUREMENTS							
		Tiro térmico		Presión de viento		Efecto combinado	
		$\Delta P (Pa)$	$Q (m^3/s)$	$\Delta P (Pa)$	$Q (m^3/s)$	$\Delta P$	$Q (m^3/s)$
C1	C1.1	1,17	$7,01 \cdot 10^{-3}$	1,11	$6,76 \cdot 10^{-3}$		$9,74 \cdot 10^{-3}$
	C1.2	1,76	$8,59 \cdot 10^{-3}$			$10,97 \cdot 10^{-3}$	
C2	C2.1	1,17	$30,12 \cdot 10^{-3}$		$29,54 \cdot 10^{-3}$		$42,58 \cdot 10^{-3}$
	C2.2	1,76	$37,25 \cdot 10^{-3}$			$47,81 \cdot 10^{-3}$	

SISTEMAS DE VENTILACIÓN								
		Tiro térmico		Presión de viento		Efecto combinado		
		$\Delta P (Pa)$	$Q (m^3/s)$	$\Delta P (Pa)$	$Q$	$\Delta P$	$Q$	
C1	C1.1	1,17	$6,68 \cdot 10^{-3}$	0,84				
	C1.2	1,76	$8,84 \cdot 10^{-3}$					
C2	C2.1	1,17	$29,84 \cdot 10^{-3}$					
	C2.2	1,76	$38,71 \cdot 10^{-3}$					

### 3.5.5 Tabla comparativa.

---

Con el objetivo de facilitar el análisis comparativo del ejemplo desarrollado se han elaborado unas tablas resumen que relacionan los resultados obtenidos. A pesar de que todos los autores no han tratado todos los puntos, se puede extraer unas conclusiones relevantes.

La consideración inicial de dos tipos de geometrías de sección para los conductos (rectangular o circular) no influye en ningún aspecto. Es relevante solo el tamaño de la abertura, no su forma.

La longitud de los conductos no presenta ninguna influencia en la presión ejercida por el viento. En este aspecto solo es relevante el tamaño de la abertura, no su longitud.

La variación del viento es un factor muy relevante y de difícil consideración. Los factores de corrección y de valoración existentes influyen en gran medida en los resultados.

Con una mayor sección, se obtiene un mayor caudal de ventilación. Según las fórmulas expuestas no existe un límite en el que el efecto chimenea presente en los conductos deje de estar presente, o tenga una menor repercusión.

### 3.6 CONCLUSIÓN

---

Podemos observar en el desarrollo de este capítulo como las diferentes teorías acerca de la aplicación de los conductos verticales en la ventilación de viviendas presentan una serie de similitudes y una serie de diferencias.

Las consideraciones de los autores en cuanto al tiro térmico son todas muy semejantes. Queda patente la claridad de la relación directa entre densidad del aire, gravedad y diferencia de altura:  $\rho$ ,  $g$  y  $h$ . En cuanto a las consideraciones del efecto Venturi existe algo más de diferencia pero también están presente siempre una serie de valores, en este caso, un coeficiente de presión, la densidad del aire y la velocidad del viento:  $c_p$ ,  $\rho$  y  $v$ . Las mayores diferencias están presentes en cuanto a los efectos combinados.

Debemos tener en cuenta que los estudios son realizados por autores de distintas nacionalidades, con distintas culturas y con distintos elementos de estudio. La especificidad de los climas de cada región y su implicación en la ventilación no se pueden extraer para generar estudios globales, por lo que las comparaciones no pueden ser siempre exactas. También existe un componente de variabilidad muy elevado, en cuanto a que los factores no se pueden controlar y están en constante cambio. La variable que más sufre estas variaciones es el viento. La dirección y la velocidad del viento están en constante cambio, lo que dificulta en gran medida trabajar con esta variable.

Cuando consideramos los conductos de ventilación, existe un factor que no se trata en ninguno de los textos aquí recogidos. Todos los conductos de ventilación verticales son tratados de manera individual, con una sola entrada y con una sola salida. En las aplicaciones de estos conductos en las viviendas hoy en día, estos conductos presentan, por lo general, más de una entrada. Este es uno de los puntos más importantes a la hora de elaborar los trabajos derivados de este. Cómo afectan las distintas entradas de aire a un conducto de ventilación vertical.



---

# DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA NORMATIVA DE VENTILACIÓN

---

La ventilación es un concepto que tiene una importancia en la arquitectura desde su origen. Aunque en un principio no existía ningún tipo de regulación acerca de la misma, los arquitectos consideraban la necesidad de ventilar sus edificios por conceptos de higiene.

Desde el origen de los textos de arquitectura, con los diez libros de arquitectura de Vitruvio, encontramos la presencia de la ventilación. Siglos después, con el desarrollo industrial, los ideales cambiaron y la ventilación se vio relegada por la producción. La situación de las ciudades del siglo XIX era complicada en los aspectos morales y sanitarios. A través de distintas actuaciones y regulaciones se consigue revertir esta situación.

Con la entrada del siglo XX, en España se comienzan a realizar construcciones normalizadas. Estas normas van a sucederse a lo largo de los años incorporando modificaciones y ampliando cada vez más los aspectos regulados. La ventilación en un principio tiene un carácter casi testimonial, para, a finales de siglo, ocupar un papel muy relevante en el caso de las viviendas.

---

## Índice del capítulo

---

VITRUVIO..... 76

SIGLO XIX EUROPEO..... 78

SIGLO XIX ESPAÑOL..... 81

NORMATIVA HIGIÉNICA  
ESPAÑOLA EN EL ÁMBITO DE LA  
CONSTRUCCIÓN ..... 84

CONCLUSIÓN ..... 121



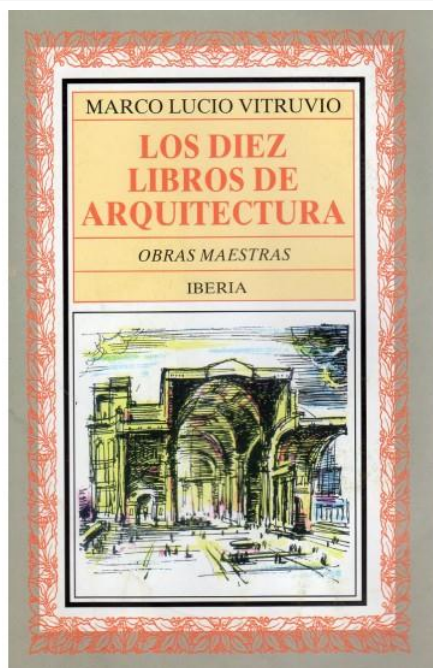


Fig. 4 - 1 Portada de VITRUVIO, M. L. *Los diez libros de arquitectura*, Iberia, Barcelona 2007.

*“Los diez libros de la arquitectura, de Vitruvio, son una obra literaria, de estilo más o menos escueto, como suele ocurrir con la mayoría de las obras didácticas, pero de grata lectura. Porque, a través de los escritos de Vitruvio, nos asomamos una vez más a toda la vida de la Roma antigua, y de un modo tan directo que no podemos sentirnos sino un poco asombrados”.*

## 4. DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DE LA NORMATIVA DE VENTILACIÓN

### 4.1 VITRUVIO

Es imprescindible, siempre que se habla de los orígenes de la arquitectura, no citar los diez libros de arquitectura de Vitruvio. Como no podía ser de otro modo, entre todos los temas que se tratan en ese libro también está presente la ventilación, aunque no se concibiera todavía como tal.

Si revisamos los distintos libros y sus correspondientes capítulos, es fácil apreciar las distintas situaciones en las que se considera la ventilación. Se presenta con mayor relevancia en el primero de ellos con citas como las siguientes:

Capítulo primero.

*Qué es Arquitectura y qué cosas deben saber los arquitectos.*

*“La Medicina es necesaria al arquitecto para conocer cuáles son los aspectos del cielo, que los griegos llaman “climas”, las condiciones del aire en cada lugar; qué parajes son nocivos, y cuáles saludables, y qué propiedades tienen sus aguas, porque sin el conocimiento de estas circunstancias no es posible construir edificios sanos”.*

Capítulo cuarto.

*De la elección de lugares sanos.*

*“Antes de echar los cimientos de las murallas de una ciudad habrá de escogerse un lugar de aires sanísimos.”*

Capítulo sexto.

*De la división y distribución de las obras dentro de las murallas.*

*“Una vez acabado el recinto amurallado, resta por hacer la distribución del área o solar en el interior, y las adecuadas vías de acceso a las plazas, las calles y los callejones, conforme a la región del cielo que sea más ventajosa. Será acertada la disposición si prudentemente se procura evitar que enfilen directamente con las calles los vientos; los cuales, si con fríos, molestan; si cálidos, vician; si húmedos, dañan.”*

Se denota claramente la preocupación por el aire y sus circulaciones aunque sea en aspectos generales. La medicina y la salubridad son temas que se apuntan ya desde un principio como elementos esenciales y que servirán en un futuro como el origen de la concepción de la ventilación. Para su presencia, en España, debemos esperar hasta principios del siglo XIX.

Debemos comenzar entonces a hablar del pensamiento higienista, un pensamiento que se encuentra en las bases de lo que hoy conocemos como medicina.

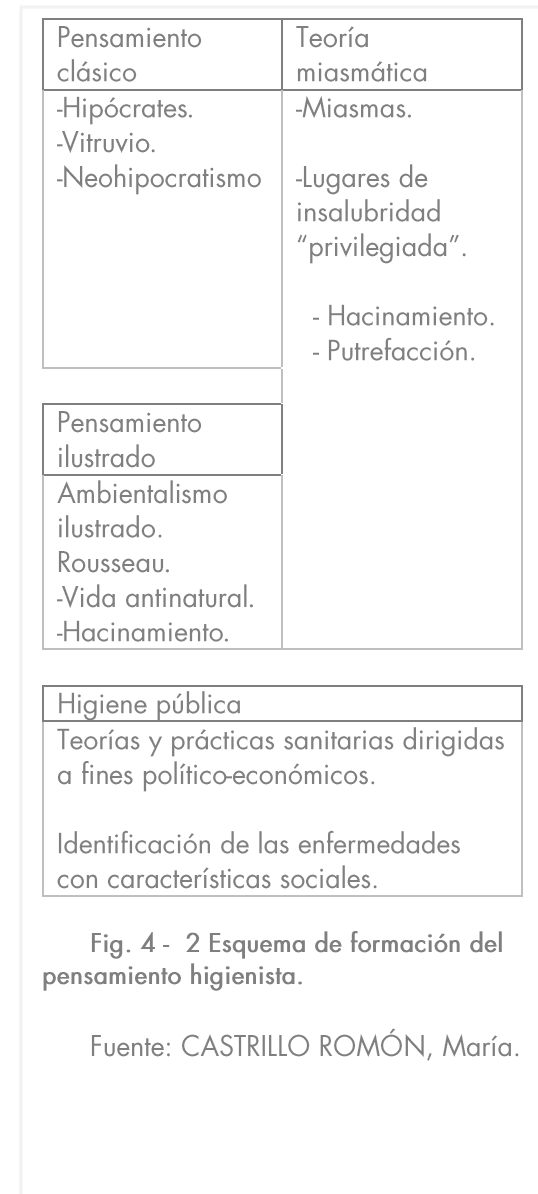
Quiero establecer aquí un breve contexto que considero importante de cara al discurso a tratar, sin entrar en excesivo detalle.

Ya el mismo Vitruvio nos cita como referencia a Hipócrates, conocido como el “padre de la medicina”. Con él se establece el pensamiento clásico que dará paso con posterioridad al pensamiento ilustrado basado en el ambientalismo ilustrado de Rousseau. Paralelamente se desarrolla a ambas corrientes de pensamiento, la teoría miasmática y su concepto de lugares de insalubridad “privilegiada”.

Estas dos ramas de pensamiento finalmente convergen en el concepto de higiene pública, un concepto básico para el pensamiento del siglo XIX europeo. En él se recogen las teorías y prácticas sanitarias dirigidas a fines político económicos, vinculando las enfermedades con las características sociales. Este es el punto clave a tratar en la medicina del siglo XIX y que en cierto modo sigue teniendo un eco en nuestra sociedad actual, como más adelante explicaré.

En la confluencia de las corrientes de pensamiento se abren dos necesidades que se erigen como pilares fundamentales, la higiene y la moralidad.

El objeto del trabajo se centra sobre todo en la higiene, pero existe una vinculación en el origen de estos dos pilares que imposibilita el tratamiento de uno sin el otro.



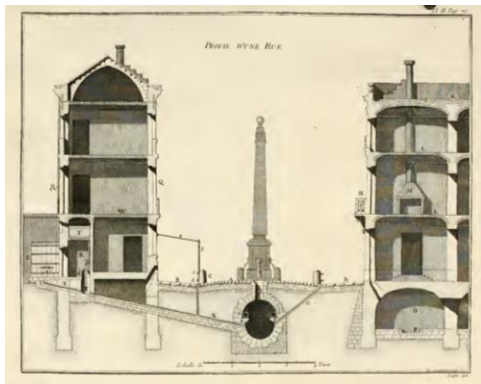


Fig. 4 - 3 Sección de una calle ideal.

PATTE, Pierre. *Memòries sur les objets les plus importants de l'architecture*, París, 1769.

En la imagen se recoge una ilustración extraída de este texto en la que el autor recoge la sección de una calle ideal.

Expone dos edificios que presentan dos tipologías constructivas diferentes enfrentados en la misma calle.

Define distintas soluciones constructivas para la incorporación de un sistema de alcantarillado en la ciudad que sea útil para todas las tipologías.

## 4.2 SIGLO XIX EUROPEO

Tras la primera revolución industrial en el siglo XVIII y la gran expansión de las ciudades el siglo XIX en Europa comienza con un proyecto científico y social. Se establece así una relación próxima entre médicos y ciudades que generará una serie de evoluciones muy interesantes que paso a relatar.

Pierre Patte, en su libro *Memòries sur les objets les plus importants de l'architecture* editado en París en el año 1769, establece el punto de partida para sus predecesores. En este escrito Pierre Patte trata el concepto de las calles rectas y la circulación del aire en las mismas de un modo similar al que lo hacía Vitruvio.

Las ciudades del siglo XIX son ciudades insalubres, densas, saturadas, colmatadas y en definitiva, llenas de problemas físicos. Pero también existen problemas intangibles como la anomia o falta de reglas morales. Existe en las ciudades una situación de disfuncionamiento a todos los niveles heredado de escenarios anteriores todavía no superados.

Ya en el siglo XIX surge lo que podríamos llamar la figura del higienista ante esta "crisis urbana moderna". Se realizan desde finales del siglo XVIII distintos estudios geográficos-estadísticos denominados topografías médicas. En estas topografías se analizan los orígenes y desarrollos de las epidemias y de la morbilidad en general. Aquí es donde se establece claramente la vinculación de una serie de enfermedades con la clase obrera y el impacto de la industrialización sobre la salud pública.

La literatura desarrollada en los años siguientes se centra en estos dos aspectos principales. Uno de los textos que sin duda tiene mayor influencia es el informe elaborado por Chadwick en el año 1.842 titulado *The Sanitary Condition of the Labouring Population*. En él, Chadwick relata la situación en la que vive la clase obrera y dictamina la necesidad de crear en las ciudades, al menos, redes de saneamiento.

## La ventilación en edificios residenciales.

Años más tarde, Benjamin W. Richardson se refiere a Chadwick como “el líder vivo de las reformas sanitarias de este siglo”, en su famoso escrito *Hygeia, a city of health* del año 1.875. En esta publicación Richardson hace referencia a una frase que Chadwick repetía en diferentes ocasiones. Decía que era capaz de construir en una ciudad con un índice de mortalidad de cincuenta, o tal vez mayor, y reducirlo a cinco o incluso menos. Así, Richardson, en su escrito describe una ciudad construida exnovo a semejanza de las existentes como paradigma de “la ciudad de la salud”.

Centrándonos en el tema que nos concierne en este trabajo, podemos extraer algunas líneas del texto de Richardson.

The houses are built of a brick which [...] are perforated transversely, and at the end of each there is a wedge opening, into which no mortar is inserted, and by which all the openings are allowed to communicate with each other. The walls are in this manner honeycombed, so that there is in them a constant body of common air let in by side openings in the outer wall, which air can be changed at pleasure, and, if required, can be heated from the firegrates of the house.

The warming and ventilation of the houses is carried out by a common and simple plan. The cheerfulness of the fireside is not sacrificed; there is still the open grate in every room, but at the back of the firestove there is an air-box or case which, distinct from the chimney, communicates by an opening with the outer air, and by another opening with the room. When the fire in the room heats the iron receptacle, fresh air is brought in from without, and is diffused into the room at the upper part...

Como vemos, hace referencia a numerosos factores. Podríamos resumir que la ciudad se deja a su libre albedrío pero siempre guiada por el saber científico. El ideal de vivienda higiénica que aquí se plantea es la vivienda unifamiliar tradicional, pero mejorada con distintos avances científicos.

Entrando en las condiciones de la vivienda, no debemos olvidar el texto de Henry Roberts *l'essentien d'une habitation salubre*, escrito en el año 1.862 y publicado en *Dwelling for the working classes* en el año 1.867. En este texto define una configuración de una vivienda salubre,

Sergio Mendoza Martínez

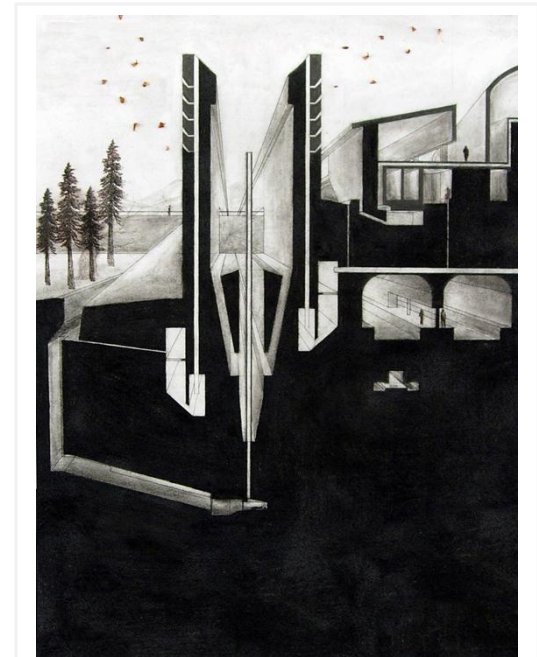


Fig. 4 - 4 Hygeia a city of health.

Reimaginación simbólica de la una ciudad de la salud del siglo XX.

Imagen propiedad de Joshua Arnold.

Fuente:

<http://drawingarchitecture.tumblr.com/post/491582066/hygeia-a-city-of-health-re-imagination-of-the>

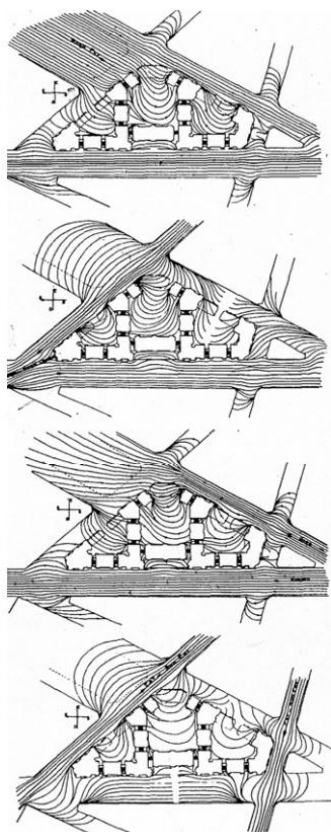


Fig. 4 - 5 Esquemas de los efectos de vientos dominantes sobre los edificios.

Proyecto de Augustin Rey, ganador del concurso de la Foundation Rothschild.

Ventilación de fachadas asegurada por el sistema de patios abiertos.

atendiendo a las circunstancias del lugar, a las características estructurales de la vivienda y a las circunstancias dependientes de sus ocupantes. Se abre así una experimentación a finales y mediados del siglo XIX en torno a la vivienda higiénica.

Como cierre a este apartado, quiero citar el concurso para la Rue Prague realizado en París en el año 1.904. Se trata de un concurso en el que se aportan soluciones para resolver los aspectos higiénicos en viviendas en altura. Acuden grandes arquitectos de la época, como Tony Garnier, cuya aportación principal es que las viviendas tengan al menos una apertura al sur. Pero sin duda, la propuesta más interesante, y a la vez la ganadora del concurso, es la presentada por A. Augustin Rey.

La propuesta de A.A. Rey está basada principalmente en la ventilación, tratando tanto la macro como la micro escala. En relación a la macro escala plantea una disposición de patios de manera que el viento seco pueda entrar y arrastrar el aire contaminado, pero evitando, en la misma disposición, que el viento húmedo se introduzca en el interior.

En relación a la micro escala existen dos piezas tratadas de manera especial. La primera es la disposición de la escalera como un espacio compartido muy ventilado. La segunda consiste en crear un espacio de ventilación en la cocina específico para la ropa de trabajo. Se conecta así, de algún modo también con los aspectos morales, el segundo aspecto fundamental de la higiene pública.



### 4.3 SIGLO XIX ESPAÑOL

En España está presente la misma problemática dual existente en Europa, el higienismo y la moralidad, con un desarrollo similar en el que vamos a entrar más en profundidad.

Las primeras reflexiones acerca de estos temas surgen también en el siglo XVIII, siendo de nuevo los médicos los dinamizadores de la higiene pública. Francisco López de Arévalo, José Masdevall y Ambrosio María Ximénez de Lorite sentarán las bases de futuros trabajos, comenzando a tratar la problemática de la clase obrera.

Años más tarde, otro médico, Mateo Seoane será el que dé el gran impulso al pensamiento higienista en España. Esto es posible debido a su labor política como diputado, en la que se erige como el principal responsable del Proyecto de Código sanitario del año 1.822 que finalmente no llegó a aprobarse. En él se recogían la mayor parte de los aspectos de higiene pública debatidos con anterioridad.

Por su pensamiento liberal fue condenado a muerte con el regreso del absolutismo al poder español en el año 1.823, debiendo exiliarse en Londres. Su actividad no decae, implicándose en diversos proyectos políticos y sociales. En su regreso a España, diez años después, importa de Inglaterra un conjunto de presupuestos higiénicos y morales. Se crea años después en España, de la mano de Seoane, la primera legislación española que contempla aspectos sobre la higiene pública. La Ley Orgánica de Sanidad del año 1.855.

El año 1.855 es un año clave en España. Además de aprobarse la Ley Orgánica de Sanidad, Ildefonso Cerdá comienza a elaborar su plan de ensanche y reforma de Barcelona. Para la concepción y la elaboración del mismo fue necesaria una agitación social cuyo principal impulsor fue Pedro Felipe Monlau, uno de los sucesores de Seoane.

La publicación en Barcelona del folleto *Abajo las murallas!!!* en el año 1.841 permitió introducir en la mayoría de la población la concepción y la necesidad del pensamiento higienista. Monlau resalta los beneficios que tendría el derribo de las murallas en una ciudad sobrecongestionada y



Fig. 4 - 6 Abajo las murallas!!!  
Extracto del folleto publicado por Pedro Felipe Monlau.

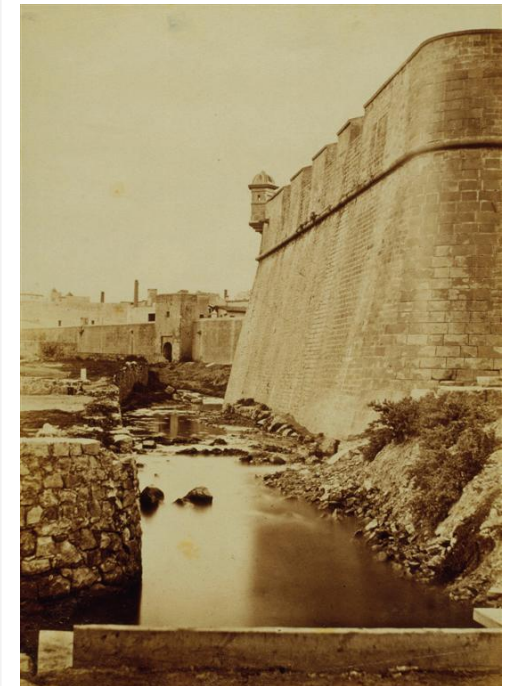


Fig. 4 - 7 Vista de las murallas de Barcelona antes de ser derribadas.

	1821-30	1831-40	1841-50	1851-60	1861-63	TOTAL
General		2		1		3
Estadística	2	7	15	33	8	65
Vestidos y Trajes				1		1
Subsistencias	1	1	1	21		24
Profesiones				2	1	3
Moral y costumbres públicas	2	3		3		9
Higiene municipal superior	1	3	15	51	12	83
Policía Rural	2	1	2	23	1	31
<b>Beneficencia Pública TOTALES</b>	<b>5</b>	<b>24</b>	<b>14</b>	<b>54</b>	<b>15</b>	<b>124</b>
Administración General	2	8	11	13	5	39
Enseñanza a sordomudos, ciegos, asilos de párvulos, casas de lavado y baños para pobres, casas salubres y baratas para familias proletarias		2		6		8
Cajas de ahorro y Monte de Piedad		5		5		10
Sociedades de Socorros Mutuos		1	2	5	1	9
Rifas y Loterías	2	3	1	5	1	17
Calamidades públicas en general				1	4	5
Expositos y Casas de Maternidad	1			1		7
Beneficencia / hospitalidad domiciliarias				7	1	10
Hospitales públicos generales				7	2	9
Casas de curación por empresa particular					1	1
Hospitales especiales (Manicomios)		5		4		9
<b>TOTALES</b>	<b>13</b>	<b>41</b>	<b>47</b>	<b>189</b>	<b>37</b>	<b>343</b>

Fig. 4 - 8 Cuadro 3 (B)

Legislación referente a Higiene Pública general 1821-1863

Fuente: ALCAIDE GONZÁLEZ, RAFAEL. *La introducción y el desarrollo del higienismo en España durante el siglo XIX. Precursores, continuadores y marco legal de un proyecto científico y social*. Scripta Nova n°50, 15 de octubre de 1999.

las mejoras en la higiene que eso supondría, todo conjugado con el pensamiento español plus ultra.

En los años sucesivos, Monlau desarrollará una serie de escritos en los que aborda los diferentes objetivos de los dos conceptos que venimos desarrollando en este texto: Estos escritos son los siguientes: Elementos de higiene privada, en el año 1.846; Elementos de higiene pública, 1.847; Higiene del matrimonio, 1.853; Higiene del alma, 1.855; Higiene industrial, 1.856.

Es muy interesante en lo que nos concierne el texto Elementos de higiene pública. Es un texto dividido tres tomos. Su primer tomo está compuesto de cinco partes, de las que debemos destacar la primera de ellas, la Atmosferología. Monlau trata diversos temas relacionados con el aire, las poblaciones y las ciudades. Los otros apartados, menos relevantes para este estudio son: Cosmetología, Bromatología, Gimnástica y Perceptología.

También debemos destacar el tercer tomo de este texto, dedicado por completo a la Legislación Sanitaria Española. Es aquí donde encontramos la primera legislación que hace referencia a la construcción de casas salubres. Se adjunta un cuadro elaborado por Rafael Alcaide González en su texto *La introducción y el desarrollo del higienismo en España durante el siglo XIX. Precursores, continuadores y marco legal de un proyecto científico y social*.

Es aquí donde podemos ver que dentro del apartado de Beneficencia Pública, existe un conjunto de leyes denominado *Enseñanza a sordomudos, ciegos, asilos de párvulos, casas de lavado y baños para pobres, casas salubres y baratas para familias proletarias*, que cuenta con dos leyes entre los años 1.831 y 1.840 y seis leyes entre los años 1.851 y 1.860.

Para rematar este apartado, surge la figura de Francisco Méndez Álvaro, otro de los sucesores de Seoane y coetáneo de Monlau. De nuevo es un médico que también se mueve en el mundo de la política y que tiene grandes influencias en el entorno de la sanidad española. Es una figura concedora de la importancia de higiene pública como se puede observar en su escrito

*Consideraciones sobre la higiene pública y mejoras que reclama en España la higiene municipal*, publicado en el año 1.853.

Posteriormente y como hiciera Henry Roberts en su texto *l'essentien d'une habitation salubre* citado anteriormente, Méndez Álvaro hace un discurso llamado *La habitación del menesteroso*, considerada bajo el aspecto higiénico social pronunciado en el año 1.874. En él, hace referencia a la condición de la clase obrera en las grandes ciudades y a las malas condiciones de la vivienda.

Se remata así, en grandes líneas, la introducción del pensamiento higiénico en España. Se plantan las bases de conocimiento ante una grave problemática social que permitirá la consecución de un conjunto de cambios importantes en el siglo XX.



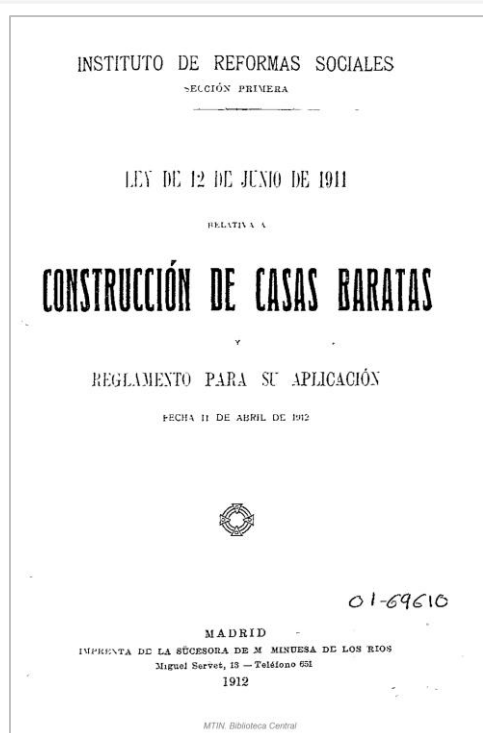


Fig. 4 - 9 Ley de 12 de junio de 1911 relativa a la construcción de casas baratas y reglamento para su aplicación.

## 4.4 NORMATIVA HIGIÉNICA ESPAÑOLA EN EL ÁMBITO DE LA CONSTRUCCIÓN

Hemos visto en capítulos anteriores como se han introducido los aspectos higiénico-morales en la sociedad española a finales del siglo XVIII y a lo largo del siglo XIX. Sin embargo, será a partir de comienzos del siglo XX cuando este pensamiento comience a afectar de manera legislativa a la construcción.

### 4.4.1. Ley de casas baratas del año 1.911.

*LEY del 12 de junio de 1911 relativa a construcción de casas baratas y reglamento para su aplicación.*

Todo comienza con la *Ley del 12 de junio de 1911 relativa a construcción de casas baratas y reglamento para su aplicación*, elaborada por el Instituto de Reformas Sociales (IRS). Esta ley surge tras la publicación en el año 1.907 por el IRS de la Preparación de las bases para un proyecto de ley de casas para obreros – Casas Baratas. En esta publicación se analiza el estado de la habitación para obreros en España y en otros países, bebiendo de los diferentes estudios realizados en el siglo pasado, de los cuales algunos se han citado con anterioridad.

Sin embargo, existe un gran referente para la elaboración de esta Ley de Casas Baratas. Así lo explica María Castrillo en su texto *Influencias europeas sobre la “Ley de casas baratas” de 1911: el referente de la “Loi des habitations à bon marché” de 1894*. La ley de casas baratas dice,

Comienza con una cita de Jules Siegfried y tan sólo en su epígrafe inicial, dedicado a «Consideraciones generales» hace referencia a una docena de autores relacionados con la Société Française des Habitations à Bon Marché (en adelante, SFHBM). Esta amplia presencia es muy significativa ya que, como muestra el texto que sigue, la Loi Siegfried (Loi du 30 novembre 1894 relative aux Habitations à Bon Marché) y el contexto ideológico en que se generó, personalizado en la SFHBM, constituyeron, sin duda, una de las más importantes referencias para la redacción de la I Ley de Casas Baratas.

La principal diferencia radica en la política intervencionista que establece la legislación española. Este cambio es fruto, principalmente, de la evolución de las corrientes de pensamiento expuestas en los diferentes Congresos internacionales de casas baratas existentes entre 1.894 y 1.911. Así, recoge María Castrillo que en el congreso de París de 1.889 se comentaba:

El [criterio] predominante, casi sin la más leve protesta, [...] fue absolutamente contrario a la acción directa del Estado, de las Provincias y de los Municipios [...] Era la idea reinante en la Academia de Ciencias Morales y Políticas donde se discutía la cuestión de las habitaciones obreras, hacía ya entonces más de 40 años.

La situación daría un giro, entre diversos debates, en el congreso desarrollado en Düsseldorf en el año 1.902:

El Estado debe favorecer la construcción de las habitaciones pequeñas [casas baratas], creando órganos apropiados para este objeto y procurándoles los medios financieros necesarios, allí donde el esfuerzo personal y la asistencia filantrópica no basten.

siendo esta corriente de pensamiento en la que finalmente se basa la legislación española.

Conociendo ya brevemente su origen podemos centrarnos en el propio contenido de Ley de Casas Baratas española. Para ello vamos a ocuparnos de las condiciones higiénicas que se establecen en la misma para las viviendas de los obreros. Estas condiciones se establecen en el Capítulo II: Condiciones técnicas de las casas baratas, del Reglamento de la Ley.

A lo largo de 33 artículos se establecen una serie de condiciones higiénicas que deben cumplir dichas viviendas.

Se establecen condiciones que van desde la localización de las viviendas en lugares puros (no impurificados por materias animales, cerca de cementerios, etc.), consideraciones de cimentación y humedad, hasta tratar los aspectos climáticos y meteorológicos, orientaciones, alturas, ocupación e incluso urbanización y dotaciones.

Índice general:

**Ley relativa a construcción de casas baratas.**

Capítulo primero:  
De las juntas para el fomento y mejora de las casas baratas.

Capítulo segundo:  
Medios para fomentar la construcción de habitaciones baratas.

Capítulo tercero:  
Intervención de los ayuntamientos.

Capítulo cuarto:  
Sucesión hereditaria en las casas baratas.

**Reglamento de la ley.**

Capítulo primero:  
Condiciones generales de las casas baratas.

Capítulo segundo:  
Condiciones técnicas de las casas baratas.

Capítulo tercero:  
Calificación de la casa barata.

Capítulo cuarto:  
Organización y funcionamiento del servicio de casas baratas.

Capítulo quinto:  
De las exenciones tributarias.

Capítulo sexto:  
De las subvenciones.

Capítulo séptimo:  
Seguro.

Capítulo octavo:  
Intervención municipal.

Capítulo noveno:  
De la sucesión de casas baratas.

Ley de casas baratas del año 1911.  
Otros artículos reseñables:

Art. 20. Cuando la orientación de las fachadas no esté subordinada [...] se adoptará la más conveniente a fin de conseguir en el mayor grado posible:

- Aire, luz y soleamiento para las habitaciones.
- Condiciones térmicas las más convenientes y uniformes, con arreglo a la localidad.
- Evitar el efecto nocivo de los vientos reinantes, en su acción higrométrica, calorífica, y como transportadores de humos, gases, malos olores y gérmenes de enfermedades.

Art. 21. Las dimensiones mínimas de los patios destinados a dar luz y aire a dormitorios, salas de estancia prolongada, comedores y otras piezas principales serán:

Nº de pisos	Sup. mín. patio m <sup>2</sup>	Lado menor patio m
1	12	3
2	20	3
3	30	5
4 o más	50	5

En los patinillos para desahogo, ventilación e iluminación de cocinas, retretes, pasillos o piezas accesorias, las dimensiones mínimas deberán ser:

Nº de pisos	Sup. mín. patio m <sup>2</sup>	Lado menor patio m
1	10	2
2 o más	15	3

Los artículos que refieren de manera directa al objeto de este trabajo están recogidos a continuación:

Art. 33. Ya se emplee la ventilación artificial, ya los sencillos procedimientos de la natural, en los que interviene de modo eficaz la distribución, dimensiones y disposición de los vanos, se tendrá en cuenta que la renovación del aire interior de las habitaciones es, si cabe, más necesaria e interesante que la cubicación grande de estas.

Quando sea necesario activar la ventilación natural, por ser poco eficaz, se adoptarán procedimientos de ventilación artificial, de instalación y mantenimiento fáciles y económicos, tales como conductos, registros y chimeneas de aspiración de aire viciado, dobles vidrios y otras clases de entrada de aire puro, etc.

Como vemos, se tiene en cuenta ya, y de manera legislada, el aspecto de la ventilación en las casas para los obreros. Bien es cierto, que se limita a una imposición de un patio con unas dimensiones específicas, sin clarificar los porqués de estas dimensiones y sin llegar a tanto desarrollo en los conductos de ventilación verticales.

A pesar de sus limitaciones, se establece así la primera ley higiénica que afecta a la construcción en España. Esta ley servirá de referente también a otros países, reproduciéndose de manera casi literal en Argentina y otros países de Sudamérica. Pero lo realmente importante es que se tiene ya un punto de partida para considerar y evolucionar estos aspectos higienistas dentro de la construcción española.

#### 4.4.2. La ley de casas baratas del año 1.921

*LEY de 10 de diciembre de 1921 relativa a Construcción de casas baratas y reglamento para su aplicación.*

El Instituto de Reformas Sociales (IRS) elabora la *LEY de 10 de diciembre de 1921 relativa a Construcción de casas baratas*. Con ella se amplía la anterior *LEY de 12 de junio de 1911 relativa*

a *construcción de casas baratas*. Posteriormente se ampliará con dos reglamentos, el primero en el mismo 1.921 y el segundo, el reglamento para su aplicación, el 8 de julio de 1.922.

Se recoge ya, en el anteproyecto de ley del 24 de febrero de 1.921, la preocupación por la higiene y la moral antes señalada:

La casa fea e incómoda desplaza a sus habitantes y les impulsa a refugiarse en la taberna para buscar, durante el invierno, un local donde se hurten al frío y donde encuentren además, con la bebida, calor artificial para sus organismos, a costa de las enormes perturbaciones que el alcoholismo produce, y que es una constante preocupación de los higienistas y gobernantes.

El congreso internacional de casas baratas de Londres del año 1.907 establece el punto de inflexión con respecto a la ley anterior. Se toman las conclusiones de dicho congreso como base y Salvador Crespo (jefe de la sección de casas baratas) elabora nuevas propuestas.

Estudio de las modificaciones y ampliaciones del Reglamento vigente de casas baratas, que comprenda:

Número de dormitorios, baños, duchas y otros detalles técnicos de higiene exigibles para la calificación de casa barata, con distinción de las que se construyan en el casco de la población y de las que se edifiquen en el campo.

Así se recogerá en el reglamento para la aplicación de la Ley de casas baratas de 10 de diciembre de 1.921. Capítulo primero, sección 3ª – Condiciones técnicas de la construcción. B) Casas familiares, II. – Condiciones relativas a la higiene.

Art. 61. La distribución de cada casa [...]

La pieza de estar, o comedor, tendrá una capacidad mínima de 40 metros cúbicos; la cocina, de 20 metros cúbicos; los dormitorios, si han de ser utilizados por una sola persona, un mínimo de 20 metros cúbicos; si por dos, de 30 metros cúbicos, y si por tres, límite máximo que se autoriza para dormir en una misma habitación, de 40 metros cúbicos; los retretes, 4,50 metros cúbicos. [...]

Las escaleras han de ser claras y ventiladas.

Art. 62. [...]

Las cocinas y retretes tendrán luz y ventilación directa de patios o patinillos [...]

Ley de casas baratas del año 1921.

B) Casas familiares, II.

Otros artículos reseñables:

Art. 59. La superficie descubierta destinada a patios, jardines, etcétera, será, como mínimo, el 15 por 100 de la total del solar, cuando la casa tenga una sola fachada y su altura exceda de 7 metros; si no llegare a esta altura, podrá ser solo del 10 por 100.

Si la finca tuviere dos fachadas o más, los tantos por ciento anteriores podrán ser reducidos al 13 y al 8 por 100, respectivamente.

Todo patio o patinillo, mancomunado o no, no podrá tener superficie menor de 10 metros cuadrados, con lado mínimo de tres metros.

Esta condición se cumplirá siempre, aunque resulten mayores los tantos por ciento de superficie descubierta, en el caso de un solar de reducidas dimensiones.

Ley de casas baratas del año 1921.

C) Casas colectivas, II.

Otros artículos reseñables:

Art. 66. Al hacer la distribución general del solar para la construcción de una casa colectiva, se procederá en forma tal que el 25 por 100 de la superficie total esté destinado a patios y patinillos. Estos últimos no tendrán una superficie menor de 12 metros cuadrados, sin dejar rincones, perjudiciales desde el punto de vista higiénico.

Los grandes patios, en las casas de más de tres plantas o pisos, se situarán en forma que linden con las vías públicas por alguno de sus lados, evitando el confinamiento perjudicial del aire.

Si las casas colectivas tuvieran altura mayor de 20 metros, la superficie descubierta aumentará proporcionalmente a la altura.

Art. 64. Para la ventilación artificial, o bien para la natural, en la que intervienen de modo eficaz la distribución, dimensiones y disposición de los vanos, se tendrá en cuenta que la renovación del aire interior de las habitaciones es más necesaria e interesante que la cubicación grande de estas.

**La suma de la superficie de los huecos destinados a dar luz y ventilación a cada habitación deberá ser, como mínimo, un sexto de la superficie de la planta de aquella.**

Estos coeficientes podrán ser modificados si las costumbres y circunstancias locales lo aconsejan.

Cuando sea necesario activar la ventilación natural, por ser poco eficaz, se adoptará un procedimiento de ventilación artificial de instalación y mantenimiento fáciles y económicos, tales como conductos, registros, chimeneas de aspiración de aire viciado, dobles vidrios y otras clases de entrada de aire puro.

### C) Casas colectivas, II. – Condiciones relativas a la higiene.

Art. 70. [...]

La suma de superficie de los huecos destinados a dar luz y ventilación a cada habitación podrá reducirse, en el último piso de las casas de más de tres plantas, a un octavo de la planta de este.

Es obligatorio que todas las estancias tengan aberturas a calle.

Se aumentan en esta ley las consideraciones generales de aplicación en las distintas categorías de viviendas recogidas. La complejidad de abordar los diferentes criterios necesarios en cada una de ellas se realiza mediante la subdivisión en categorías.

En cuanto a los criterios de ventilación se mantienen prácticamente idénticos a los establecidos en la ley de casas baratas del año 1911. Las consideraciones de los patios de iluminación y ventilación se mantienen y sigue sin hacerse mayor hincapié en los conductos de ventilación. Sin embargo, existe un avance en comparación con la ley anterior en cuanto a la incorporación de las superficies mínimas de ventilación e iluminación en función de la superficie en planta de las estancias.

Las críticas a esta ley se desarrollaron en los años sucesivos dando lugar a un debate sobre la vivienda mínima. Uno de los detonadores de estos debates fue Luis Lacasa con la publicación de *Un libro alemán sobre casas baratas*, en el año 1.924. En él hace referencia al libro de Hermann Muthesius, *Kleinhaus und Kleinsiedlung* (Casa mínima y barrio mínimo), publicado en 1.922. Lacasa realiza la comparación de las distintas formas de actuar ante el mismo problema entrando además en el fondo de la cuestión, el problema social.

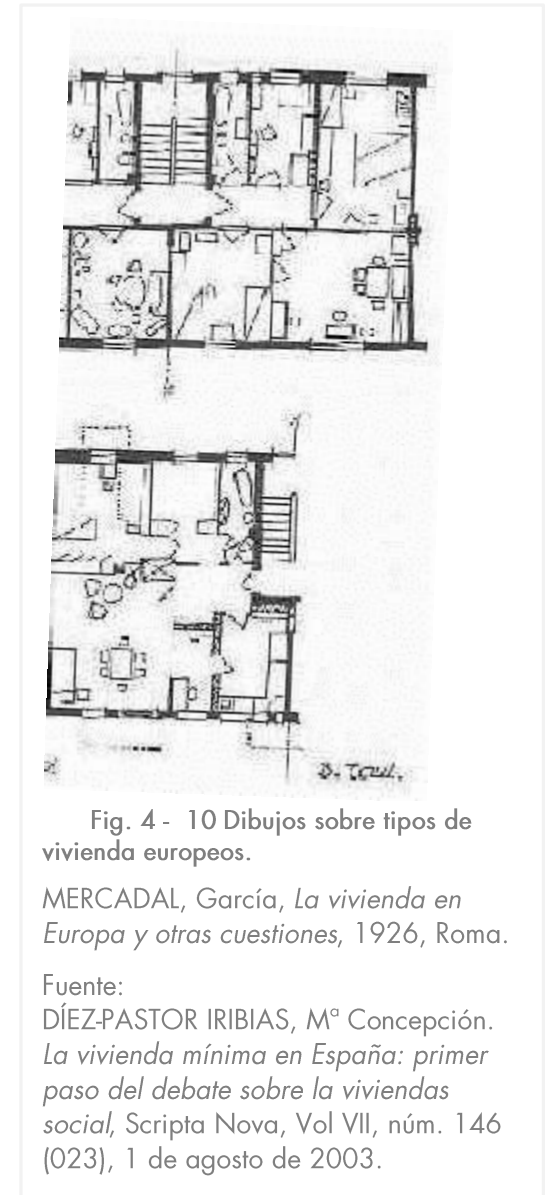
Cuatro años más tarde, año 1.926, Fernando García Mercadal presenta en Roma en el XI Congreso Nacional de Arquitectos y Primero de Urbanismo una ponencia titulada *La vivienda en Europa y otras cuestiones*. Como arquitecto trata el tema de la vivienda para la clase obrera desde todos los puntos de vista. En la comparación establecida entre la vivienda elaborada por los arquitectos europeos (Bruno Taut, Brinkman, Oud, entre otros) y la desarrollada a raíz de la ley de casas baratas, saca a la luz el atraso que esta ley estaba imponiendo en la sociedad española.

Estas dos figuras influyeron en el conjunto de los jóvenes arquitectos que desarrollaron la cuestión desde distintos ámbitos. Carlos Arniches y Martín Domínguez trataron especialmente el tema de la educación social desde una columna semanal en el diario El Sol. Tenían la voluntad de hacer llegar a la sociedad los temas que se estaban tratando en la arquitectura europea. Abordaban temas de manera individual para transformar la mentalidad de la población. *Cocinas*, diciembre de 1.927; *Un 'office'*, febrero de 1.928; *Casa sin criados*, septiembre de 1.928; *La casa nueva*, septiembre de 1.928; son ejemplos de los temas tratados. Publicando también artículos como *Conjuntos arquitectónicos*, en el año 1.927 en los que abordaban de manera íntegra el problema de la vivienda mínima.

El cambio sustancial se produjo con el Congreso Internacional de Arquitectura Moderna de Frankfurt del año 1.929 y el concurso que convocó el delegado español para este congreso, Fernando García Mercadal. Su intención era presentar un conjunto de propuestas españolas bajo el lema "Concurso de la vivienda mínima", el tema a tratar en ese CIAM. Los arquitectos presentaron propuestas que distaban mucho de la realidad de una vivienda mínima. Al no haberse hecho frente a la educación social, las necesidades de la población seguían siendo las mismas y, por tanto, la vivienda mínima se limita a ser una reducción de la vivienda tradicional.

Arnós Salvador recoge estas experiencias y parte de una crítica a aspectos de la ley como el art. 26 en el que se establece que los dormitorios contarán al menos con una capacidad de 20 m<sup>3</sup> por persona. Completado en el artículo 29 donde determina que la altura mínima para las habitaciones será de 3,60 m en planta baja y de 3,00 m en las demás plantas

Al arquitecto introdujo el concepto "mínimo confort deseable" y propuso diferentes soluciones innovadoras al problema, estando algunas de ellas todavía vigentes en la legislación actual de vivienda de protección. En su texto *La vivienda mínima en España: primer paso del debate sobre la viviendas social*, M<sup>a</sup> Concepción Díez-Pastor Iribias hace la siguiente referencia:





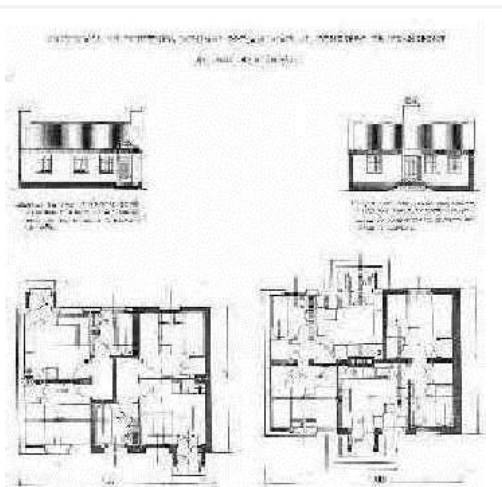


Fig. 4- 11 La vivienda mínima según Arnós Salvador.

Dos tipos de vivienda mínima propuestos por Salvador Arnós en la revista *Arquitectura*.

Fuente:  
DÍEZ-PASTOR IRIBIAS, M<sup>o</sup> Concepción.  
*La vivienda mínima en España: primer paso del debate sobre la viviendas social*, Scripta Nova, Vol VII, núm. 146 (023), 1 de agosto de 2003.

Conseguir que las viviendas resultantes fueran baratas desde el punto de vista técnico –y no solo para quienes pedían la subvención; es decir, para los promotores-, era posible, según él [Arnós Salvador], solamente si se reducían los módulos de cubicación (mínimo metro cúbico construido). Y el único modo de conseguirlo era el que él proponía: reducir las alturas de techos hasta los 2.60, 2.50 e incluso 2.40 metros de altura libre entre forjados [...]

Salvador mantenía que las alturas de 3.00 metros y más, consideradas como mínimas por la ley por razones de higiene, no se justificaban, y aseguraba que era posible conseguir una vivienda higiénica con alturas menores simplemente ventilándola adecuadamente. Además, era no solo más barata de construir sino también de mantener, puesto que el consumo de calefacción disminuía significativamente.

Aquí reside la importancia de este desarrollo histórico de cara al trabajo que se desarrolla. Por primera vez, un arquitecto español se preocupa específicamente por la ventilación en las viviendas.

Los arquitectos españoles estaban un paso más allá de lo que la nueva (pero obsoleta) ley de casas baratas disponía para la proyección de las mismas. Así, en el editorial *Lo que entendemos por vivienda mínima*, publicado en el año 1.932 el grupo GATEPAC reclamaba una nueva ley más ajustada a la realidad actual.

#### 4.4.3. La creación del Instituto Nacional de Vivienda 1.939

*LEY de 19 de abril de 1939. Régimen de protección a la vivienda y creando el Instituto Nacional de la Vivienda.*

Una vez finalizada la guerra civil española existe un cambio en el pensamiento político. La victoria del frente sublevado lleva al rechazo a la cultura anterior, correspondiente a la República. De este modo se rechazan en gran medida la mayoría de los presupuestos definidos anteriormente. Supuso un paso atrás en la búsqueda de modelos arquitectónicos, tachando la arquitectura moderna de no cristiana, y ensalzando los valores del antiguo modelo rural. Realizándose así en mayor medida la construcción de viviendas en el campo, como recompensa para los militares y funcionarios que habían apoyado al bando sublevado.

## La ventilación en edificios residenciales.

Según la Ley de 19 de abril de 1.939: Bajo la dependencia del Ministerio de Organización y Acción Sindical se crea un Organismo que se denominará Instituto Nacional de la Vivienda, que tendrá por misión fomentar la construcción de viviendas protegidas y asegurar su mejor aprovechamiento.

Las atribuciones del Instituto Nacional de Vivienda según la ley son las siguientes:

- *Primera.* – Dictar ordenanzas generales sobre la construcción de las viviendas protegidas, señalando las condiciones higiénicas, técnicas y económicas de las mismas.
- *Segunda.* Formular los Planes generales de construcción, atendiendo a las necesidades de la colonización interior del país, a la gravedad y urgencia que presente el problema en las diversas comarcas y a las exigencias del urbanismo.
- *Tercera.* Aprobar los planes comarcales de obras que elaboren sus Delegaciones sobre los planes y proyectos que formulen con la colaboración de las Corporaciones locales y sindicales y las demás entidades constructoras.

Estas ordenanzas generales sobre la construcción de viviendas son dictadas por el INV, redactadas por el arquitecto José Fonseca y oficializadas por *DECRETO del 8 de septiembre de 1939* y completadas por la *LEY de 7 de agosto de 1941 de Viviendas Protegidas*.

De este modo se determina el funcionamiento de la ley, pero no se establecen las condiciones que deben cumplir las viviendas para considerarse vivienda protegida. Estos preceptos son determinados en las ordenanzas comarcales en las que se establecen las condiciones higiénicas y económicas para la clasificación de vivienda protegida.

La protección de la Ley alcanzará a los edificios destinados a capillas, escuelas, casa del Partido y edificios sociales de las obras de cooperación que formen parte de los grupos de casas protegidas [...] También afectará a los huertos inherentes a la vivienda, los lavaderos, baños, parques y campos de deportes de uso común de los vecinos, al taller familiar en las casas para artesanos y al granero y estable en las de labranza.

El objeto del trabajo son ordenanzas nacionales, por lo que queda para un posible desarrollo posterior, la consulta y el análisis de distintas ordenanzas autonómicas.

## Sergio Mendoza Martínez

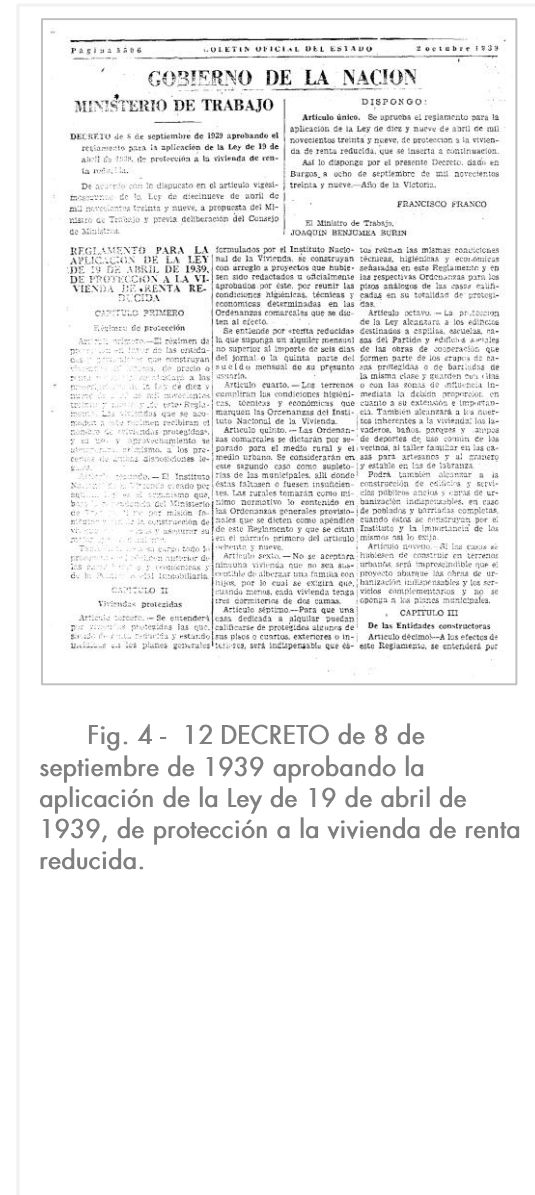


Fig. 4 - 12 DECRETO de 8 de septiembre de 1939 aprobando la aplicación de la Ley de 19 de abril de 1939, de protección a la vivienda de renta reducida.



DECRETO-LEY de 19 de noviembre de 1948.

Artículo quinto: Serán de primera categoría las viviendas que cumplan las siguientes condiciones:

b) Composición: Tendrá, por lo menos, un cuarto de baño completo y un retrete independiente, pudiendo suprimirse este en las viviendas de tipo C y D. Las habitaciones de vivir y dormir representarán, cuando menos, el sesenta por ciento de la superficie útil. Despensa y uno o varios trasteros, los cuales pueden disponerse colgados, con un volumen mínimo de seis metros cúbicos.

Artículo sexto: Serán de segunda categoría [...]

b) Composición: En las menos de ochenta metros cuadrados pueden componerse cocina-comedor, aislando en lo posible la zona de la cocina. Ningún dormitorio será habitación de paso forzoso. Tendrá, por lo menos, una ducha, un lavabo y un retrete, excepto en las de los tipos A y B, en las que se exigirá una ducha, dos retretes y dos lavabos.

Estas son las consideraciones más cercanas en cuanto a salubridad e higiene que se pueden extraer de estas leyes.

Continúa en este punto todavía la participación dual de la iniciativa privada e iniciativa oficial. Diversas entidades públicas (ayuntamientos, diputaciones, FET de la JONS, etc.) participaron como complemento de la iniciativa oficial. Al amparo de esta conjunción se crea un servicio de arquitectura que dé un asesoramiento técnico a los distintos participantes, pero es más importante aún la creación de la Obra Nacional Sindicalista también en el año 1.939. Esta última será reducida años más tarde a Obra Sindical, del Hogar y la Arquitectura (OSH), convirtiéndose en el único instrumento del régimen para promover, construir, conservar y administrar las viviendas protegidas.

#### 4.4.4. Vivienda bonificables.

*LEY de 25 de noviembre de 1944 sobre reducción de contribuciones e impuesto en la construcción de casas de renta para la denominada "clase media".*

*DECRETO-LEY de 19 de noviembre de 1948 por el que se modifica la Ley de 25 de noviembre de 1944 sobre viviendas bonificadas.*

Tras la guerra civil española la necesidad de vivienda no afectaba solo a la clase obrera.

La realidad económico-social aconseja acometer con carácter inmediato todo lo que se refiere a la construcción de inmuebles, situándolo en vías de realización, asegurando, al propio tiempo, dentro de una marcha normal de obras, trabajos sucesivos en el desarrollo de las mismas, perfectamente compatible por las condiciones del tiempo en las sucesivas épocas del año, lo que socialmente es de gran importancia, y que elevan al máximo el número de días de posibilidad de trabajo, acentuando, al propio tiempo, el sentido actual de reconstrucción de España.

Dentro de la categoría de viviendas bonificables se enmarcan distintas actuaciones inmobiliarias como son:

- Edificación de viviendas sobre solares anteriormente ocupados por otras que hubieran quedado destruidas total o parcialmente.
- Reanudación de obras paralizadas en fincas destinadas a viviendas.
- Ampliación, tanto en altura como en superficie, de edificaciones existentes, siempre que su destino sea el de viviendas para renta y que se aumente el número de aquellas.

## La ventilación en edificios residenciales.

- Edificación de viviendas destinadas a favorecer el traslado de inquilinos de otros inmuebles enclavados en zonas insalubres o que hayan de adquirir mejora notable por nuevas construcciones.
- Construcción de edificios de nueva planta con destino a viviendas sobre solares existentes.

A pesar de tener en cuenta la salubridad de las viviendas no existen unas condiciones específicas como las presentes en las leyes de casas baratas. Se reduce a condiciones muy someras de construcción, composición e instalaciones.

### 4.4.5. Viviendas de renta limitada.

*LEY de 15 de julio de 1954 Sobre viviendas de renta limitada.*

*DECRETO de 24 de junio de 1955 por el que se aprueba el Reglamento para la aplicación de la Ley de 15 de julio de 1954 sobre protección de viviendas de renta limitada.*

*ORDEN de 12 de julio de 1955 por la que se aprueba el texto de las Ordenanzas técnicas y normas constructivas para "viviendas de renta limitada".*

Los años cuarenta y cincuenta fueron los años en los que los arquitectos españoles y otros técnicos viajaron a Estados Unidos para completar su formación.

Sáenz de Oíza, que viajó a Estados Unidos entre octubre de 1.947 y noviembre de 1948 con la Beca Conde de Cartagena de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, que le otorgaron por tener el mejor expediente académico de su promoción

VV.AA. Francisco Javier Sáenz de Oíza, Pronaos, Madrid, 1996, p. 3.

Como muestra de estos avances y consideraciones destaca la figura de Francisco Javier Sáenz de Oíza. En el año 1.949 comienza su ejercicio docente en la escuela técnica de arquitectura de Madrid impartiendo clases de salubridad e higiene. En el transcurso de los años fue elaborando un conjunto de apuntes que se recogen en el libro Sáenz de Oíza, F. Javier, *Los apuntes de salubridad e higiene de Francisco Javier Sáenz de Oíza, Madrid, 2.010.*

En sus apuntes incluye continuas referencias a libros técnicos estadounidenses y europeos de los que extrae datos y obras de referencia para sus clases. Oíza demuestra el interés por el

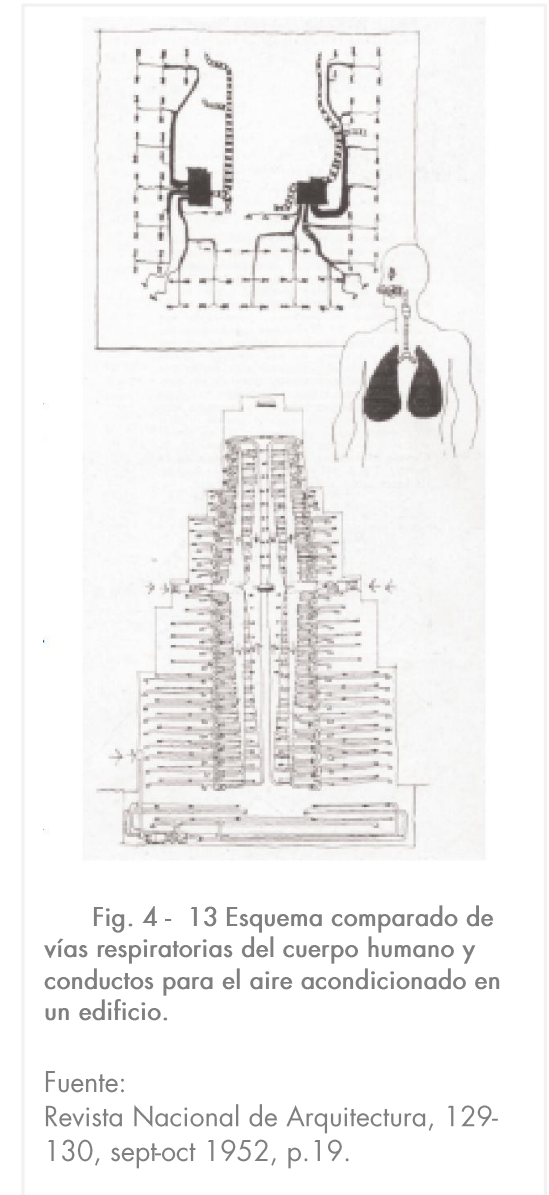


Fig. 4 - 13 Esquema comparado de vías respiratorias del cuerpo humano y conductos para el aire acondicionado en un edificio.

Fuente:  
Revista Nacional de Arquitectura, 129-130, sept/oct 1952, p.19.

Viviendas de renta limitada.

Otras ordenanzas reseñables:

Ordenanza 11. Dimensiones de los patios interiores.

En los edificios que tengan patios interiores regirán las siguientes normas para las dimensiones mínimas de los mismos, siendo L el lado menor en metros y S la superficie en metros cuadrados.

Nº de plantas	Lado mín. m	Sup. mín. m <sup>2</sup>
1	3	10
2	4	16
3	5	30
4	6	40
5	7	50

Ordenanza 12. Orientaciones.

Salvo casos especiales, debidamente justificados, se intentará conseguir que las estancias estén orientadas hacia el Sur o hacia la orientación más favorable de la localidad y de los terrenos que se trate.

Ordenanza 21. Servicios de la calle: pavimentación, arbolado, alumbrado y canalizaciones.

Se arbolarán todas las calles que por su anchura lo consientan

conocimiento de todos los aspectos energéticos que influyen en la arquitectura. Cartas Solares, Calor Solar, Iluminación Natural y Aire son los cuatro capítulos en los que estructura los apuntes. En el último de ellos hace la siguiente cita:

Las habitaciones se abren a patios reducidos donde no llega el efecto vivificante de la brisa o el viento, o ventilan a calles congestionadas de tráfico donde se acumula el polvo y los gases exhalados por motores o industrias cada vez más numerosos.

Incorpora por primera vez los "valores aconsejables de ventilación" según Hood en el libro *Arquitectura sanitaria* de Fletcher y la "ventilación aconsejable" según Ashve y Rumor. En este último caso se establecen el número de renovaciones de aire por hora de las distintas estancias.

Con estas referencias Oíza reflejaba la dificultad de acometer cálculos puesto que en cada país, en cada normativa o incluso en cada edificio tanto las condiciones como los presupuestos son diferentes.

En cuanto a la ley, se establecen unas claras diferencias con las anteriores. Por primera vez se clasifican las "viviendas de renta limitada" en dos grupos.

- Primer grupo: Constituido por las "viviendas de renta limitada" para cuya construcción no se soliciten auxilios económicos directos del Estado.
- Segundo grupo: Constituido por "viviendas de renta limitada" para las que se soliciten dichos auxilios. Este segundo grupo se dividirá a su vez en tres categorías, cuyas características se fijarán en el Reglamento en función su superficie y presupuesto por metro cuadrado de edificación.

En esta ley, también a diferencia de las anteriores, la regulación de las viviendas se establece con normas reguladoras que son elaboradas por la Obra Social del Hogar y de Arquitectura. Las disposiciones y el desarrollo de estas normas se recogen en apartados especiales.

Estas ordenanzas son aprobadas por la Orden de 12 de julio de 1.955 por la que se aprueba el texto de las Ordenanzas técnicas y normas constructivas para "viviendas de renta limitada".

Ordenanza 11. Dimensiones de los patios interiores.

**Los patinillos o chimeneas de ventilación necesitarán especial autorización, que solo se concederá en casos muy justificados.**

Las ordenanzas comarcales establecerán normas especiales en aquellos casos en que el clima lo aconseje.

Ordenanza 13. Superficies de ventilación.

La superficie real de ventilación de todas las habitaciones de la vivienda no será inferior a un décimo de la superficie de su planta.

Ordenanza 14. Superficie mínima de las habitaciones.

En toda vivienda habrá un cuarto capaz de hacer la vida familiar, que si es único, sea la cocina o comedor, se ajustará a las siguientes superficies mínimas.

Posteriormente se verán ampliados en la Orden de 22 de febrero de 1.968 por la que se añaden dos nuevas ordenanzas sobre chimeneas de ventilación y sobre iluminación y ventilación de escaleras.

Las Ordenanzas 17 y 22 de las Técnicas y Normas Constructivas de 12 de julio de 1.955 quedan ampliadas en la forma siguiente:

Ordenanza 17 bis. Se admiten las chimeneas de ventilación por colector general o unitario y conductos independientes, siempre que estén autorizadas por las Ordenanzas municipales de construcción y reúnan las condiciones siguientes:

- a) Un solo colector debe servir a un máximo de siete plantas.
- b) Todos los conductos (colectores e individuales), deben ser totalmente verticales (no existir ningún desvío) y ser de materiales incombustibles.
- c) La sección mínima del colector debe ser de 400 centímetros cuadrados, y la de los conductos individuales de 150 centímetros cuadrados.
- d) La longitud mínima del conducto individual desde la toma hasta su desembocadura en el colector general debe ser de dos metros.
- e) El entronque del conducto individual con el colector general debe hacerse con un ángulo menor de 45°. Debe prohibirse la salida perpendicular al eje vertical del colector.
- f) El conducto individual sólo debe servir para la ventilación de un solo local. Cuando se precise ventilar por un mismo colector dos locales de una misma planta, deberá hacerse a través de dos conductos individuales independientes.

Orden de 22 de febrero de 1968.

Otras ordenanzas reseñables:

Ordenanza 22 bis.

En casas colectivas de hasta tres plantas siempre que no se disponga lo contrario en las Ordenanzas Municipales se permitirá la luz y ventilación cenital de las escaleras por medio de lucernarios que tengan, por lo menos, una superficie en planta de los dos tercios de la caja de escalera.

El hueco central libre deberá tener ochenta centímetros para las casas de dos plantas y noventa para las de tres.

En las casas colectivas de más de tres plantas, las escaleras tendrán necesariamente iluminación y ventilación directas a la calle o patio por medio de tantos huecos como plantas tenga el edificio, con una superficie mínima, cada uno, de un metro cuadrado.

Podrá exceptuarse la planta baja cuando esta se comercial.

Orden de 22 de febrero de 1.968 por la que se añaden dos nuevas ordenanzas sobre chimeneas de ventilación y sobre iluminación y ventilación de escaleras.

Extractos:

La conveniencia de coordinar en la construcción de viviendas una adecuada ventilación con la economía de superficie, aconseja admitir el tipo de chimenea de ventilación por colector general o unitario y conductos independientes, siempre que se cumplan las exigencias técnicas requeridas por la investigación y experiencias constructivas.

Al mismo tiempo la insuficiente regulación que las Ordenanzas Técnicas y Normas Constructivas de 12 de julio de 1955 contienen en lo relativo a iluminación y ventilación de escaleras hace deseables establecer una norma que puntualice y concrete este extremo.

- g) La relación entre ambos lados del colector, caso de ser de sección rectangular, así como de los conductos individuales será, como máximo, de 1 : 1,5. Se admiten también y se da preferencia a igualdad de sección, a los conductos de sección circular.
- h) La sección útil del orificio de ventilación del local deberá ser, por lo menos igual a la sección del conducto individual y, si lleva incluido un sistema de regulación por rejilla, en la posición de cierre debe quedar garantizada una abertura mínima permanente de 100 centímetros cuadrados de sección. Las rejillas deben tener sus lamas orientadas en el sentido de la circulación del aire.
- i) El orificio de ventilación del local se colocará a una altura sobre el solado de 2,20 metros como mínimo.
- j) Cada local ventilado debe estar dotado en una entrada inferior de aire de 200 centímetros cuadrados de sección como mínimo, situada a la menor altura posible.
- k) Debe prestarse especial atención a la salida exterior del colector. Esta salida se debe prolongar 0,40 metros por encima de la cumbre o por encima de cualquier construcción situada a menos de ocho metros. En cubiertas planas o con ligera pendiente, deberá prolongarse 1,20 metros por encima de su punto de arranque al exterior.  
La parte superior de la chimenea de ventilación debe coronarse con un aspirador estático.
- l) Tanto el colector como los conductos individuales deberán estar debidamente protegidos térmicamente del ambiente exterior para evitar pérdidas de temperatura que dificulten el tiro correcto de la chimenea.
- m) A un mismo colector, no deberán acometer conductos individuales de ventilación y de salida de humos de combustión.
- n) Para que estos sistemas de ventilación puedan ser empleados en las viviendas de protección oficial, los fabricantes tienen que solicitar de la E. X. C. O. los oportunos ensayos y la expedición de un certificado en el que conste el signo positivo de éstos y que el material ensayado cumple con las presentes normas.

Es aquí donde por primera vez se permite de manera general el uso de conductos de ventilación verticales y se regula su utilización. Este es uno de los puntos fundamentales del trabajo que aquí se ha desarrollado. Se ha localizado el punto de origen de los conductos de ventilación en la normativa española.

Tomando como base esta ley de 15 de julio de 1.954 se elabora un texto refundido y revisado que dará pie al siguiente apartado.

#### 4.4.6. Viviendas de protección oficial.

*DECRETO 2131/1963. De 24 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la legislación sobre viviendas de protección estatal.*

*Texto refundido y revisado de la legislación en materia de "Viviendas de protección oficial".*

En este nuevo decreto de 24 de julio de 1.963 surge la denominación "Vivienda de protección oficial" para las viviendas acogidas a esta ley. Se modifica el plazo de sujeción al régimen de protección, estableciéndose en cincuenta años, frente al permanente de las legislaciones anteriores.

*DECRETO 2114/1968, de 24 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la aplicación de la Ley sobre Viviendas de Protección Oficial, texto refundido aprobado por Decretos 2131/1963, de 24 de julio, y 3964/1964, de 3 de Diciembre.*

*ORDEN de 20 de mayo de 1969 por la que se aprueba la adaptación de las ordenanzas técnicas y normas constructivas, aprobadas por Órdenes de 12 de julio de 1955 y 22 de febrero de 1968, al texto refundido y revisado de la Legislación de Viviendas de Protección Oficial y su Reglamento.*

Se siguen utilizando a efectos de esta ley las mismas normativas anteriores adaptadas.

Ordenanza 14ª. Chimeneas de ventilación.  
Idénticas a las establecidas en la ordenanza 17 bis de la Orden de 22 de febrero de 1.968.

Ordenanza 16ª. Superficies de ventilación.  
La superficie real de ventilación de todas las habitaciones de la vivienda no será inferior a un décimo de la superficie de su planta.

Ordenanza 19ª. Escaleras.  
En las casas colectivas, las escaleras tendrán necesariamente iluminación y ventilación directas a la calle o patio por medio de tantos huecos como plantas tenga el edificio, con una superficie mínima, cada uno, de un metro cuadrado.  
Podrá exceptuarse la planta baja cuando esta sea comercial.  
En casas colectivas de hasta tres plantas, siempre que no se disponga lo contrario en las

Viviendas de protección oficial.

Otras ordenanzas reseñables:

Ordenanza 9ª. Composición, programa y habitaciones de las viviendas.

Todas las habitaciones y la cocina tendrán primeras luces.

Ordenanza 11ª. Altura de la edificación.

4ª. Las alturas libres mínimas y máximas de planta son:

	Mínima		Máxima	
	Planta baja	Otras plantas	Planta baja	Otras plantas
Medio rural	2,50m	2,40m	3,00m	2,80m
Medio urbano	2,80m	2,50m	3,60m	3,00m



Viviendas de protección oficial.  
Otras ordenanzas reseñables:

Ordenanza 13ª. Dimensión de los patios interiores.

Para las viviendas de Protección Oficial del grupo II, categorías 1ª, 2ª, y 3ª, será:		
Nº de plantas	Lado mín. m	Sup. mín. m <sup>2</sup>
1	3,00	10,00
2	4,00	16,00
3	5,00	30,00
4	6,00	40,00
5	7,00	50,00
6	8,00	70,00
7	8,50	76,00
8	9,00	90,00
9	9,50	100,00
10	10,00	110,00

Para las viviendas del grupo I y del grupo II, categoría subvencionadas, será:		
Nº de plantas	Lado mín. m	Sup. mín. m <sup>2</sup>
1	3,00	9,00
2	3,00	11,00
3	3,25	13,00
4	3,60	15,00
5	4,45	20,00
6	5,25	30,00
7	6,10	40,00
8	6,95	50,00
9	7,80	65,00
10	8,65	80,00

En los patios a los que den solamente despensas, cuartos de aseo, vestíbulos, pasillos, escaleras o corredores sobre los que no se abra ningún hueco, podrá reducirse el lado mínimo hasta 1/6 de la altura del patio. Mínimo 3 metros.

Ordenanzas municipales se permitirá la luz y ventilación cenital de las escaleras por medio de lucernarios que tengan, por lo menos, una superficie en planta de los dos tercios de la caja de escalera. En las casas de más plantas queda prohibida la iluminación cenital. El ojo de la escalera deberá tener ochenta centímetros para las casas de dos plantas y noventa para las de tres.

Existen unas pequeñas variaciones en este texto refundido, de poca importancia, y que quedarán completamente definidas en el siguiente.

Se produce aquí un inciso en la normativa de viviendas protegidas. Según *REAL DECRETO-LEY 12/1976, de 30 de julio, sobre inversión en vivienda*, se establece la categoría de "vivienda social" que sustituirá a las definidas en la Ley de Viviendas de Protección Oficial de 24 de julio de 1963 y disposiciones complementarias.

El recorrido de esta nueva denominación es muy breve, recuperando la anterior clasificación de vivienda de protección oficial con el *REAL DECRETO-LEY 51/1978, de 31 de octubre, sobre política de viviendas de protección oficial*.

La legislación reguladora de la actuación del Estado en materia de vivienda se ha producido a través de una pluralidad de normas sucesivas creadoras de diferentes sistemas de fomento y protección. El último intento legislativo de alcance general fue el de la Ley de Vivienda Social de mil novecientos setenta y seis.

La multiplicidad de regímenes aplicables, la minuciosa regulación sobre los distintos tipos de viviendas y la ausencia de un sistema financiero que respaldase ese intento legislativo han determinado, entre otras circunstancias, un deterioro progresivo de la oferta de viviendas de protección oficial, a pesar de todos los intentos realizados para simplificar el sistema y promover la financiación por parte de las instituciones de ahorro.

[...] el Real Decreto-ley establece una sola categoría y un único régimen legal para todas las viviendas de protección oficial...

Las disposiciones transitorias pretenden evitar cualquier solución de continuidad con los sistemas vigentes, evitando posibles vacíos legislativos.

**REAL DECRETO 3148/1978, de 10 de noviembre, por el que se desarrolla el Real Decreto-ley 31/1978, de 31 de octubre sobre Política de Vivienda.**

ORDEN 21 de febrero de 1981 por la que se modifican las ordenanzas técnicas y normas constructivas novena, undécima, decimotercera, decimoséptima y trigésimo cuarta, aprobadas por Orden de 20 de mayo de 1969.

Ordenanza 14ª. Chimeneas de ventilación.

c) La sección mínima de los conductos individuales se aumenta de 150 centímetros cuadrados a 180 centímetros cuadrado. La sección mínima del colector sigue siendo de 400 centímetros cuadrados.

Ordenanza 16ª. Superficies de ventilación.

Se mantiene igual, pero se amplía.

La superficie de los huecos de iluminación de todas las habitaciones de las viviendas no será inferior a un décimo de la superficie de su planta.

La superficie real de ventilación podrá reducirse hasta un tercio de la de iluminación. En zonas de clima cálido se recomienda facilitar la ventilación cruzada mediante montantes, lamas, etcétera.

Será obligatoria la inclusión de un conducto de ventilación activada en la cocina, a fin de asegurar la evacuación del vapor de agua, gases o humos que se producen en aquella habitación.

Asimismo, otro conducto será necesario para la ventilación de despensas, cuando las hubiera.

Ordenanza 19ª. Escaleras.

Se modifican las condiciones de ventilación.

En las casas colectivas, las escaleras tendrán necesariamente iluminación y ventilación directa con el exterior en todas sus plantas, con una superficie mínima de iluminación de un metro cuadrado, pudiendo reducirse la de ventilación a 400 centímetros cuadrados.

En edificios de hasta cuatro plantas, siempre que no se disponga lo contrario en las Ordenanzas municipales, se permiten escaleras con ventilación e iluminación cenital por medio de lucernarios, que tengan una superficie en planta que sea, como mínimo, dos tercios de la superficie de la caja de escalera. En este caso el hueco central quedará libre en toda su altura y en él será inscribible un círculo de 1,10 metros de diámetro.

Como vemos existen pequeñas modificaciones en todos los aspectos que mejoran las condiciones establecidas en las anteriores legislaciones.

Ordenanzas 9ª y 11ª.  
Mismas condiciones.

Ordenanza 13ª. Dimensión de los patios interiores.

Se modifican las prescripciones hechas con anterioridad.

En los patios interiores, la distancia entre paramentos, enfrentados estará condicionada por su altura H y el uso de las habitaciones que iluminan los huecos, de forma que:

En patios interiores a los que den dormitorios se debe poder inscribir un círculo de diámetro  $0,30 H$  y la superficie del patio habrá de ser igual o mayor a  $H^2/8$ . Se fija un mínimo para luces rectas y diámetro de 3 metros y de  $12 \text{ m}^2$  para la superficie, salvo en el caso de viviendas unifamiliares de una planta en que los mínimos se reducen a 2 metros para las luces rectas y diámetro y  $8 \text{ m}^2$  para la superficie.

En patios interiores a los que den cocinas y no abran dormitorios se debe poder inscribir un círculo de diámetro  $0,20 H$  y la superficie del patio habrá de ser igual o mayor a  $H^2/10$ . Se mantienen los mínimos para las luces rectas, diámetro y superficie de los patios a los que abran dormitorios.

En patios interiores a los que no abran dormitorios no cocinas, se podrá inscribir un círculo de diámetro  $0,15 H$ , y la superficie del patio habrá de ser igual o mayor a  $H^2/20$ . Se fija un mínimo de 3 metros para luces rectas y diámetro y de  $9 \text{ m}^2$  para la superficie.



Normas técnicas de la vivienda social:

Esquema general:

Diseño:

1. Objeto.
2. Alcance.
  - 2.1 Ámbito de aplicación
  - 2.2 Condiciones de planeamiento.
  - 2.3 Condiciones de programa.
  - 2.4. Criterios de exigencia.
  - 2.5. Criterios de prioridad.
3. Condiciones exigidas para la vivienda en sí.
  - 3.1. Condiciones espaciales.

Las estancias estar, comedor, cocina y sus posibles combinaciones tienen establecidas sus superficies mínimas en m<sup>2</sup> en función del número de personas del programa familiar.

En cuanto a la consideración de superficie mínima de dormitorios se establecen 10 m<sup>2</sup> para dormitorio doble conyugal, 8 m<sup>2</sup> para el doble y 6 m<sup>2</sup> para el individual.

Existen además gráficos que definen las dimensiones críticas de todas las estancias.

#### 4.4.7. Vivienda Social.

Se ha explicado ya, en el apartado anterior, la situación fugaz de esta nueva categoría de vivienda social. La vivienda social sustituye a la vivienda de protección oficial, asumiendo sus mismos valores, con una nueva reglamentación por un periodo de dos años. A partir del *REAL DECRETO-LEY 51/1978, de 31 de octubre, sobre política de viviendas de protección oficial* vuelve a aparecer la denominación vivienda de protección oficial, que se extenderá hasta el día de hoy y en la que quedan incorporadas las viviendas sociales.

*REAL DECRETO-LEY 12/1976, de 30 de julio, sobre inversión en vivienda.*

Se establece la categoría de "vivienda social" que sustituirá a las definidas en la Ley de Viviendas de Protección Oficial de 24 de julio de 1963 y disposiciones complementarias.

*REAL DECRETO 2278/1976, de 16 de septiembre, por el que se desarrolla el Real Decreto-ley 12/1976, de 30 de julio, sobre inversión en vivienda.*

*REAL DECRETO 2960/1976, de 12 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Legislación de Viviendas de Protección Oficial.*

*ORDEN de 24 de noviembre de 1976 por la que se aprueban las Normas Técnicas de Diseño y Calidad de las viviendas sociales.*

Establece un nuevo concepto de la vivienda social, uno de cuyos requisitos exigidos es la sujeción de aquellas a unas Normas de Diseño y Calidad que determinen las características técnicas de la categoría de vivienda social con el objetivo prioritario de mejorar y garantizar la calidad de esta.

#### Normas Técnicas de la Vivienda Social.

Las Normas Tecnológicas de Diseño hacen relación expresa de las necesidades y los deseos humanos, que habrán de ser tenidos en cuenta en el proyecto y la construcción de las Viviendas Sociales, y establecen condiciones, mínimas y recomendables, que garanticen un nivel de satisfacción normal para aquellos.

## La ventilación en edificios residenciales.

Se definen con detalle las condiciones espaciales de todas las estancias: Superficie útil mínima, volumen útil mínimo, superficies y volúmenes útiles globales, programas funcionales mínimos y superficies parciales mínimas, compartimentación de espacios, superficies mínimas y dimensiones críticas.

*ORDEN de 17 de mayo de 1977 por la que se revisan determinadas Normas de Diseño y Calidad de las Viviendas sociales.*

Se amplían las Normas Técnicas de Diseño y Calidad. Se regulan las condiciones visuales, las condiciones higiénicas y las condiciones higrotérmicas.

### 3.4 Condiciones higiénicas:

No se permitirán viviendas situadas en planta de sótano o semisótano.

Los espacios de uso común de la vivienda: E, E+C, E+C+K, abrirán sobre el espacio exterior, considerándose como espacio exterior el definido por el planeamiento urbanístico, bien sean: calles, plazas, zonas abiertas, patios de manzana.

La vivienda tendrá una capacidad de renovación de aire, por conducto, de un volumen por hora, sin necesidad de abrir ventanas.

Independientemente las ventanas serán practicables en 1/3 de su superficie como mínimo.

Se consideran exigibles soluciones de diseño arquitectónico que den posibilidad de ventilación cruzada de la vivienda. Solo se admitirán excepciones cuando la renovación de aire se estimule mediante la introducción de mecanismos de ventilación forzada estática o dinámica.

Los humos procedentes de combustión tendrán evacuación directa al exterior.

La vivienda tendrá un conducto de ventilación en la cocina cuya capacidad de renovación de aire se computará a los efectos de la renovación de aire general de la vivienda.

En los locales destinados a usos comerciales se dejará previsto un sistema de ventilación que asegure una renovación de aire de 4 volúmenes por hora.

Las diferentes dotaciones y los diferentes suministros, así como los equipos necesarios son también regulados. Las condiciones exigidas a los servicios comunes del edificio de viviendas, los patios, los locales y los garajes son definidos con detalle.

Sergio Mendoza Martínez

ORDEN de 17 de mayo de 1977.

Ejemplo de determinación de dormitorio individual:

Dormitorio individual – D<sub>1</sub>

**Superficie mínima:**

6 m<sup>2</sup>, sin incluir superficie para armario ropero – R.

**Dimensiones críticas:**

Según gráfico.

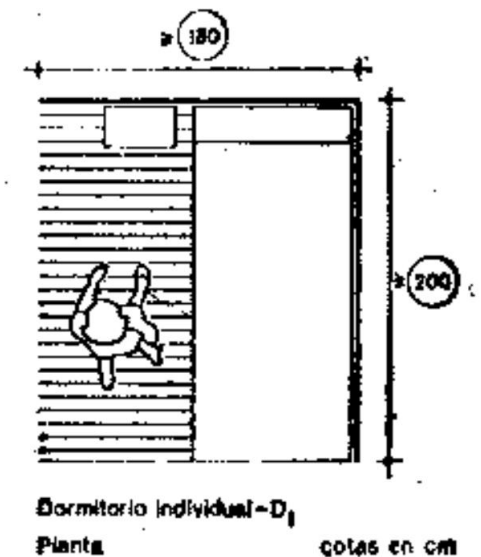


Fig. 4 - 14 Gráfico dimensiones críticas para dormitorio individual D<sub>1</sub>.

*ORDEN de 27 de septiembre de 1974 por la que se desarrolla el Decreto 3565/1972, de 23 de diciembre, sobre Normas Tecnológicas de la Edificación.*

Artículo primero:

En cada caso concreto, y para el desarrollo de la documentación técnica, el Arquitecto debe decidir si las Normas Tecnológicas de la Edificación promulgadas han de ser consideradas como documentación simplemente informativa, documentación parcialmente utilizable o norma de aplicación, manifestándolo así independientemente para cada una de las tecnologías.

#### 4.4.8. Normas Tecnológicas de la Edificación.

*DECRETO 3565/1972, de 23 de diciembre, por el que se establecen las normas tecnológicas de la edificación NTE.*

*ORDEN de 27 de septiembre de 1974 por la que se desarrolla el Decreto 3565/1972, de 23 de diciembre, sobre Normas Tecnológicas de la Edificación.*

*ORDEN de 1 de julio de 1974 por que se aprueba la Norma Tecnológica de la Edificación NTE-ISH/1974, "Instalaciones de salubridad: Humos y gases".*

*ORDEN de 2 de julio de 1975 por la que se aprueba la Norma Tecnológica de la Edificación NTE-ISV/1975, "Instalaciones de salubridad: Ventilación".*

Dado el avance de la tecnología en estos años y de la necesidad de conocimiento del sector de la construcción, el gobierno ve necesario la creación de una ordenación específica tanto jurídica como tecnológica. El Grupo Interministerial de Trabajo para la Seguridad en la Edificación se crea para dicha función.

Se elabora una serie de normas tecnológicas que traducen de modo operativo los conceptos generales contenido en las normas básicas de aplicación general, en caso de que estas existan. Para ello se desglosa el hecho edificatorio en seis fases o actuaciones diferentes que confluyen complementariamente en la edificación:

- Diseño: que comprende el trazado de los planos de obra que desarrollan y definen técnicamente, para su realización, el proyecto del edificio.
- Cálculo: que resuelve las operaciones necesarias para dimensionar las instalaciones y estructuras, de manera que cumplan debidamente su función.
- Construcción: que abarca el proceso de ejecución de la obra, la especificación de sus componentes y las medidas adecuadas de seguridad en el trabajo.
- Control: que atiende a la inspección, vigilancia y verificación cualitativa y cuantitativa de la construcción.
- Valoración: que considera los procedimientos para evaluar la obra realizada.

- Mantenimiento: que establece las medidas precisas para la conservación, entretenimiento Y uso adecuado del edificio, así como de sus componentes y servicios.

De cara a estas normas tecnológicas, se establece que es el arquitecto el que, en cada caso concreto, debe decidir si las Normas Tecnológicas de la Edificación han de ser consideradas como documentación simplemente informativa, documentación parcialmente utilizable o norma de aplicación. Es decir, estas normas son de aplicación voluntaria, pudiendo adoptarse reglas o condiciones diferentes que conlleven el cumplimiento de las disposiciones básicas.

Así, dentro de este marco legal se predisponen 173 normas de las cuales solo se llegan a desarrollar un total de 155. Se dividen en diversas familias: Acondicionamiento del terreno, cimentaciones, estructuras, fachadas, instalaciones, particiones, cubiertas y revestimientos.

### 4.4.8.1. NTE-ISV/1975, "Instalaciones de salubridad: Ventilación".

Dentro de la familia instalaciones, en las normas de salubridad, se desarrolla la norma tecnológica correspondiente a la ventilación: NTE – ISV.

Es aquí donde por primera vez se desarrolla una normativa a nivel nacional que considera la ventilación fuera de la normativa de vivienda protegida o vivienda social.

Diseño:

1. Ámbito de aplicación: Renovación de aire de locales situados en edificios de vivienda con un máximo de 20 plantas, incluido el garaje para los usuarios del edificio.
2. Información previa: Ordenanzas y reglamentos locales sobre ventilación.
3. Criterio de diseño:
  - a. Habitaciones vivideras: Entrada y salida de aire por huecos a fachada, al exterior o patio. Superficie de ventilación  $1/3$  de la superficie de iluminación y no menor de  $1/30$  de la superficie en planta del local.
  - b. Cuartos de baño y despensas:
    - i. Local exterior.  
La ventilación se efectuará como en el caso de habitaciones vivideras.

Normas tecnológicas de la edificación.  
Instalaciones de salubridad: Ventilación.

Esquema general:

Diseño:

1. Ámbito de aplicación.
2. Información previa.
3. Criterio de diseño.
4. Planos de obra.
5. Esquema

Cálculo.

1. Proceso de cálculo.
2. Cálculo de la entrada de aire en cocinas.
3. Cálculo de entrada o salida de aire en sala de calderas.
4. Cálculo de la entrada y salida de aire en garajes.
5. Cálculo de la altura H sobre cubierta.
6. Ejemplo.

Construcción.

Control.

Valoración.

Mantenimiento.

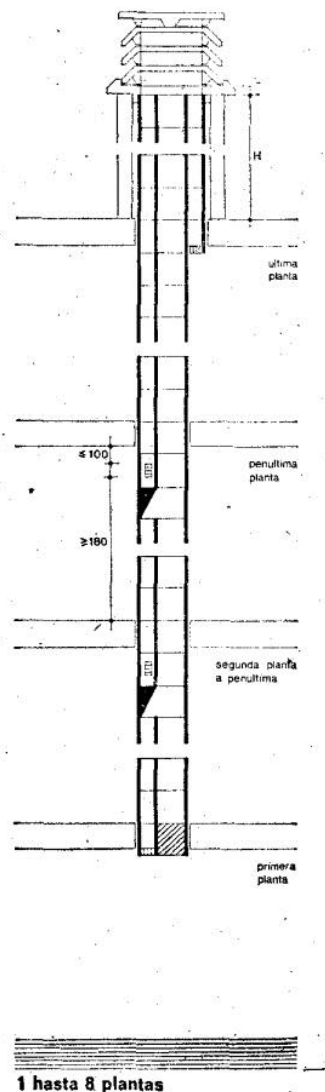


Fig. 4 - 15 Esquema.  
Conducto vertical de tiro forzado.

- ii. Local interior.  
Entrada de aire con rejilla de ventilación de sección no menor de 200 cm<sup>2</sup> en la puerta de acceso a local ventilado y con su borde inferior a una distancia del suelo no mayor de 10 cm.  
Salida de aire con conducto vertical de tiro forzado.
- c. Cuartos de basuras.
- d. Cuartos de máquinas y recinto de ascensores.
- e. Cuarto de contadores.
- f. Escaleras: Ventilación con huecos a fachada, al exterior o a patios en cada planta servida. Superficie no menor de 400 cm<sup>2</sup>. En edificios hasta cuatro plantas, podrán sustituirse los huecos por lucernarios practicables al exterior, con una superficie no menor de 2/8 de la superficie en planta de la escalera.
- g. Cocina: Ventilación con ventana y/o puerta en fachada, al exterior o a patio de dos metros de lado mínimo. Superficie 1/3 de la superficie de iluminación y no menor de 1/30 de la superficie.

Cálculo.

El proceso de cálculo se ocupa en este caso de determinar los caudales entrada y de salida de aire en los distintos tipos de situaciones. De cara a este trabajo es interesante el apartado número cinco.

5. Cálculo de la altura h sobre cubierta.

La altura libre H sobre cubierta de los conductos de salida de aire se determina en las Tablas 7 y 8 según se trate de azotea o tejado.

		Altura h en metros de la obstrucción							
		0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50		
Distancia en m del remate a la obstrucción	hasta								
	2,50	1,10	1,60	2,10	2,50	-	-	-	
	3,00	1,10	1,55	2,00	2,50	3,00	-	-	
	4,00	1,10	1,50	1,90	2,30	2,75	-	-	
	5,00	1,10	1,45	1,80	2,15	2,50	2,80	-	
	6,00	1,10	1,40	1,65	1,95	2,25	2,50	2,80	
	7,00	1,10	1,30	1,55	1,75	2,20	2,20	2,40	
	8,00	1,10	1,25	1,40	1,55	1,75	1,90	2,00	

		Distancia en m del remate a la cumbre					
		0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	más de 2,00
Ángulo en grados de la inclinación del tejado	5° a 10°	1,10	1,20	1,30	1,35	1,45	1,55
	11° a 20°	1,10	1,30	1,45	1,65	1,65	2,00
	21° a 30°	1,10	1,40	1,70	2,00	2,25	2,55
	31° a 40°	1,10	1,50	1,95	2,35	2,75	-
	40° a 50°	1,10	1,70	2,30	2,90	-	-
	50° a 60°	1,10	1,95	2,85	-	-	-

Construcción.

Este apartado es objeto de desarrollo en el siguiente capítulo "Evolución constructiva de los conductos de ventilación".

Los apartados de Control, Valoración y Mantenimiento quedan fuera del objeto de este trabajo, siendo un punto de desarrollo en sucesivas revisiones del mismo.

Podemos apreciar que las bases son muy similares a las existentes en las normativas de vivienda protegida. Cabe destacar, la aparición por primera vez, de la obligatoriedad de extracción forzada en locales interiores.

En cuanto al cálculo surgen diferencias sustanciales. Frente a la simple obligación impuesta por las normas anteriores, aquí se posibilita el dimensionado acorde con las necesidades. Existe una preocupación por adaptar los niveles de ventilación a las demandas internas. Para ello se elaboran tablas con cruces de datos que permiten una rápida aplicación.

En la consideración del apartado construcción observamos la preocupación por la estandarización y la incorporación de elementos prefabricados que permitan abaratar el sistema de ventilación.

Los últimos apartados permiten establecer un seguimiento de la instalación de manera que pueda mantenerse útil a lo largo del periodo de uso del edificio.

Tabla 7

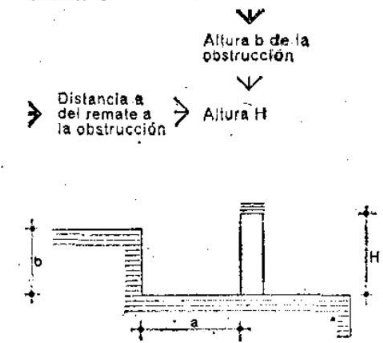


Fig. 4 - 16 Gráfico de cálculo de la altura H sobre cubierta en azotea.

Tabla 8

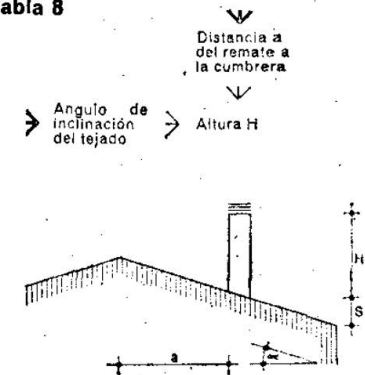


Fig. 4 - 17 Gráfico de cálculo de la altura H sobre cubierta en tejado.

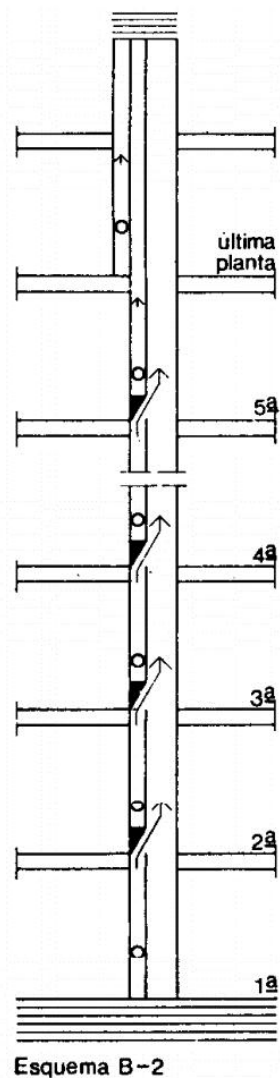


Fig. 4 - 18 Evacuación de humos con conducto auxiliar

#### 4.4.8.2 NTE-ISH/1974, "Instalaciones de salubridad: Humos y gases"

Como complemento a la normativa anterior quiero recoger también la norma tecnológica de la edificación correspondiente a instalaciones de salubridad: humos y gases. NTE-ISH/1974.

Esta norma no hace referencia directa a los conductos de ventilación de los locales, pero es interesante traerla a colación por el paralelismo existente en el funcionamiento de estas instalaciones.

El desarrollo sigue los mismos seis apartados que la normativa citada anteriormente. Diseño, Cálculo, Construcción, Control, Valoración y Mantenimiento.

Diseño:

1. **Ámbito de aplicación:** Instalación para evacuación de humos o gases resultantes de la combustión en aparatos para calefacción y/o agua caliente, instalados en edificios, de uso no industrial con un máximo de 20 plantas.
2. **Información previa:** Reglamentos nacionales y ordenanzas sobre evacuación de humos y gases y niveles de emisión de contaminación atmosférica.
3. **Criterio de diseño:**
  - a. Se conectarán a chimenea mediante conductos de evacuación.
  - b. No será necesario conectar a chimenea los siguientes aparatos.
  - c. Toda instalación de evacuación de humos y gases constará de:
  - d. Toda instalación de evacuación de humos y gases se ajustará a uno de los siguientes esquemas.
    - a. Esquema de evacuación unitario.
    - b. Esquema de evacuación múltiple.
  - e. Cuadro para elección del esquema.
  - f. Cuadro para elección del tipo de chimenea.
  - g. Las chimeneas se situarán preferentemente agrupadas en núcleos y de manera que su salida al exterior quede lo más cerca posible del punto más alto de la cubierta.
  - h. Remates.
  - i. Chimeneas unitarias autoportantes.
  - j. Chimeneas múltiples sobre forjado.
  - k. Distancias.
4. Planos de obra.
5. Esquemas



Cálculo.

1. Cálculo de la altura libre  $H$  sobre cubierta.  
Establece las mismas condiciones que en el caso anterior para las dos situaciones, azotea o tejado.
2. Cálculo de las dimensiones interiores de las chimeneas unitarias.  
El desarrollo aquí establecido es muy minucioso en cuanto a las consideraciones. Partiendo del tipo de combustible y de la altura de la chimenea se determina la potencia calorífica. En función de esta última se establece la sección de la chimenea, pudiendo considerar el material constructivo entre hormigón y ladrillo. También se contempla en este caso las dimensiones de la compuerta metálica de registro y las dimensiones del sombrerete metálico en la misma tabla.
3. Cálculo de los conductos de evacuación.  
Se determina en función del tipo de combustible y de la potencia calorífica del aparato de combustión.
4. Ejemplo.

Construcción.

Del mismo modo que en el caso anterior, este apartado se desarrollará en el siguiente capítulo "Evolución constructiva de los conductos de ventilación".

Siguiendo el mismo esquema, los apartados de Control, Valoración y Mantenimiento quedan fuera del objeto de este trabajo, siendo de nuevo un punto de desarrollo en sucesivas revisiones del mismo.

En una lectura profunda de la normativa podemos comprobar la similitud en casi todos los aspectos. La principal preocupación recogida en ambas normas es la determinación y cuantificación de los factores necesarios para el correcto dimensionado de los elementos. Como ya he mencionado anteriormente, la elaboración de tablas permite el cruce de datos para la consideración de todos los factores y la adaptación del dimensionado a las condiciones específicas de cada espacio.

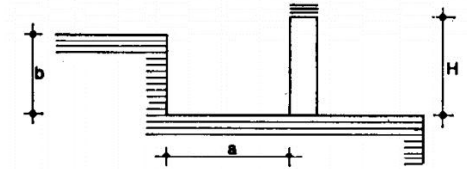


Fig. 4 - 19 Gráfico de cálculo de la altura libre  $H$  sobre cubierta en azotea.

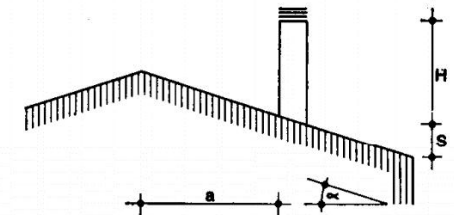


Fig. 4 - 20 Gráfico de cálculo de la altura libre  $H$  sobre cubierta en tejado.



REAL DECRETO 1050/1977 de 10 de junio, sobre Normativa de la Edificación.

Disposiciones finales:

Primera. – Las vigentes normas básicas MV del Ministerio de la Vivienda:

101-1962. – Acciones de la edificación.

102-1975. – Acero laminado para estructuras de edificación.

103-1972. – Cálculo de las estructuras de acero laminado en edificación.

104-1966. – Ejecución de las estructuras de acero laminado en edificación.

105-1967. – Roblones de acero.

106-1969. – Tornillos ordinarios y calibrados, tuercas y arandelas de acero para estructuras de acero laminado.

107-1968. – Tornillos de alta resistencia y sus tuercas y arandelas.

108-1976. – Perfiles huecos de acero para estructuras de edificación.

201-1972. – Muros resistentes de fábrica de ladrillo.

301-1970. – Impermeabilización de cubiertas con materiales bituminosos.

Pasan a integrarse dentro de la actuación correspondiente a las normas básicas de la edificación (NBE).

#### 4.4.9. Normas Básicas de la Edificación – NBE.

*REAL DECRETO 1050/1977 de 10 de junio, sobre Normativa de la Edificación.*

La normativa de la edificación es un medio necesario para conseguir el fin de que la edificación atienda y garantice la seguridad, el bienestar y la economía de la sociedad a la que está destinada.

Actualmente la Normativa que es aplicable a la edificación se compone de un conjunto de disposiciones de rango administrativo diferente, sin que aparezca perfectamente delimitada la frontera entre lo obligatorio y lo facultativo, fuente todo ello de dificultades interpretativas que pueden afectar directamente a todas las personas relacionadas con el proceso de la edificación y con el uso de los edificios.

Por ello se hace necesario crear un marco jurídico que ordene la Normativa de la Edificación.

[...] Son normas básicas de la edificación (NBE), las que a partir de los fundamentos del conocimiento científico y tecnológico, establecen las reglas necesarias para su correcta aplicación en el proyecto y la ejecución de los edificios. Tienen como finalidad fundamental defender la seguridad de las personas, establecer las restantes condiciones mínimas para atender las exigencias humanas y proteger la economía de la sociedad.

Como consecuencias de estos fines, las NBE son normas de obligado cumplimiento para todos los proyectos y las obras de edificación.

Las vigentes normas básicas MV del Ministerio de la Vivienda pasan a integrarse dentro de la actuación correspondiente a las normas básicas de la edificación (NBE).

*ORDEN de 28 de julio de 1977 por la que se desarrolla el Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio, sobre Normativa de la Edificación.*

Se distinguen tres tipos de actuaciones:

- Normas básicas de la Edificación - NBE (obligatorias).
- Normas tecnológicas de la Edificación - NTE (orientativas).
- Soluciones homologadas de la Edificación – SHE

Se pretende desarrollar el siguiente programa:

- Elaboración de seis Normas Básicas de la Edificación – NBE
- Elaboración de 20 Normas Tecnológicas de la Edificación – NTE
- Revisión de 20 Normas Tecnológicas de la Edificación – NTE
- Catalogación de soluciones homologadas de la Edificación – SHE

Siguiendo estos criterios se aprueban las siguientes normas:

- NBE-CT-79. Condiciones térmicas en los edificios.  
Aprobado por el REAL DECRETO 2429/1979, de 6 de julio.
- NBE-MV-111-1980. Placas y paneles de chapa conformada de acero para la edificación.  
Aprobado por el REAL DECRETO 2169/1981, de 22 de mayo.
- NBE-CA-81. Condiciones Acústicas de los Edificios.  
Aprobada por el REAL DECRETO 1909/1981, de 24 de julio.
- NBE-AE/88. Acciones en la edificación.  
Aprobada por el REAL DECRETO 1370/1988, de 11 de noviembre.
- NBE-FL-90. Muros resistentes de fábrica de ladrillo.  
Aprobada por el REAL DECRETO 1723/1990, de 20 de diciembre
- NBE-QB-90. Cubiertas con materiales bituminosos.  
Aprobada por REAL DECRETO 1572/1990, de 30 de noviembre.
- NBE-EA-95. Estructuras de acero en edificación.  
Aprobada por el REAL DECRETO 1829/1995, de 10 de noviembre.
- NBE-CPI-96. Condiciones de protección contra incendios en los edificios.  
Aprobada por el REAL DECRETO 2177/1996, de 4 de octubre.

Como vemos, la realidad se aleja de lo que se pretendía en un principio. Se elaboran más de seis Normas Básicas de la Edificación. Además, quedan otras dos normas en el tintero: la NBE-CV, Condiciones de ventilación de los edificios y la NBE-WM, Estructuras de madera.

Respecto a las normas tecnológicas de la Edificación, hemos visto con anterioridad como existían antes de esta ORDEN de 28 de julio de 1977. Tras esta orden, se siguen publicando diversas NTE, superando el número previsto en esta orden. En alguna ocasión se refunden algunas bajo el mismo nombre, pero siendo todavía muy numerosas.

Finalmente, las normas homologadas de la Edificación nunca llegaron a desarrollarse. Su objetivo era el de:

Completar en el campo de las soluciones constructivas convencionales o tradicionales a los Documentos de Idoneidad Técnica (DIT), evaluaciones técnicas favorables para las soluciones innovadoras otorgadas por el Instituto Eduardo Torroja.

Fuente: <http://www.codigotecnico.org/web/cte/historia/>

Documentos de Idoneidad Técnica (DIT)

El Documento de Idoneidad Técnica es un documento de carácter voluntario expedido por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja - IETcc-, que contiene 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.

El IETcc es el único Organismo español que tiene otorgada, por Decreto 3652/63 de Presidencia del Gobierno de fecha 26 de Diciembre de 1963 y Orden Ministerial 1265/88 de 23 de Diciembre de 1988, la facultad de conceder el DIT así como la confirmación de otros DIT concedidos por alguno de los Organismos Miembros de la Organización Europea en el ámbito de la UEAtc.

Fuente:

<http://www.ietcc.csic.es/index.php/es/apoyo-tecnologico/evaluacion-tecnica-de-productos-innovadores/documentos/dit>

Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. RITE.  
Esquema general.

Capítulo primero:  
Objeto y ámbito de aplicación.

Capítulo segundo:  
Objetivos de las instalaciones y sus componentes.

Capítulo tercero:  
Proyecto de las instalaciones.

Capítulo cuarto:  
Condiciones para la puesta en servicio de las instalaciones de mantenimiento.

Capítulo quinto:  
Fabricantes, instaladores, mantenedores, titulares y usuarios.

Capítulo sexto:  
Régimen sancionador.

#### 4.4.10. Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios y sus instrucciones técnicas.

*REAL DECRETO 1751/1998, de 31 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios.*

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

*Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.*

El Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria que fue aprobado por el Real Decreto 1618/1980, de 4 de julio, y ulteriormente desarrollado, modificado y complementado por diversas disposiciones, ha contribuido en gran medida a potenciar y fomentar un uso más racional de la energía en las instalaciones térmicas no industriales de los edificios, normalmente destinadas a proporcionar de forma segura y eficiente los servicios de calefacción, climatización y producción de agua caliente sanitaria necesarios para atender los requisitos de bienestar térmico y de higiene en los edificios.

Este Reglamento y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITE, tienen por objeto establecer las condiciones que deben cumplir las instalaciones térmicas de los edificios, destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, con objeto de conseguir un uso racional de la energía que consumen, por consideraciones tanto económicas como de protección al medio ambiente, y teniendo en cuenta a la vez los demás requisitos esenciales que deben cumplirse en los edificios, y todo ello durante un periodo de vida económicamente razonable.

Este reglamento recoge las normativas anteriores en cuanto a instalaciones térmicas en los edificios. Su objetivo, como se recoge en los párrafos anteriores, es conseguir la fiabilidad que se espera de las instalaciones. Para ello se establecen seis principios:

- Bienestar térmico e higiene.
- Seguridad.
- Demanda energética.
- Consumo energético.
- Mantenimiento.
- Protección al medio ambiente.

Estos principios se recogen en las instrucciones técnicas complementarias que se presentan como anexo al Real Decreto que las aprueba. Estas instrucciones son también las que rigen los criterios de diseño, cálculo, montaje, puesta en marcha y mantenimiento de las instalaciones. Estos criterios son muy semejantes a los de las anteriores normas NTE.

Las instrucciones técnicas complementarias no abordan prácticamente el tema de la ventilación y sus conductos. Se reduce prácticamente al apartado siguiente:

### ITE 02.2. Condiciones interiores.

#### ITE 02.2.2. Calidad del aire interior y ventilación.

Para el mantenimiento de una calidad aceptable del aire en los locales ocupados, se considerarán los criterios de ventilación indicados en la norma UNA 100011, en función del tipo de local y del nivel de contaminación de los ambientes, en particular la presencia o ausencia de fumadores.

Se introducen los conceptos de filtrado y tratamiento térmico del aire antes de su introducción en locales. Para ello también se consideran las distintas calidades del aire exterior, teniendo en cuenta los vientos dominantes, el soleamiento y la contaminación.

En busca de la generación de una sobrepresión de los locales menos contaminados a los más contaminados se introduce un caudal mínimo de ventilación proveniente del aire exterior.

En el resto de documentos se citan normas UNE de referencias como la UNE 123001 para el diseño y cálculo de chimeneas y la UNE 100101, UNE 100102 y UNE 100103 para los conductos de chapa metálica.

Instrucciones técnicas complementarias.  
Índice general.

ITE 01. Generalidades.

ITE 02. Diseño.

ITE 03. Cálculo.

ITE 04. Equipos y materiales.

ITE 05. Montaje.

ITE 06. Pruebas, puesta en marcha y recepción.

ITE 07. Documentación.

ITE 08. Mantenimiento.

ITE 09. Instalaciones individuales.

ITE 10. Instalaciones específicas.

ITE 11. Instalaciones y mantenedores.

Si comparamos este índice general de las ITE con las Normas Técnicas de Diseño y Calidad de la vivienda social y las Normas Técnicas de la Edificación (NTE) comprobamos que es prácticamente idéntico.

En estas ITE se hace un mayor desarrollo en todos los aspectos.

Caudal mínimo de aire exterior de ventilación.

Métodos de cálculo.

Categoría	dm <sup>3</sup> /s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Categoría	dp
IDA 1	0,8
IDA 2	1,2
IDA 3	2,0
IDA 4	3,0

Categoría	ppm(*)
IDA 1	350
IDA 2	500
IDA 3	800
IDA 4	1.200

Categoría	dm <sup>3</sup> /(s·m <sup>2</sup> )
IDA 1	No aplicable
IDA 2	0,83
IDA 3	0,55
IDA 4	0,28

A mayores se contemplan una serie de consideraciones que hasta el momento no se habían tenido en cuenta como los ruidos y vibraciones generados por los distintos componentes de las instalaciones.

Tras Real Decreto 1218/2002, de 22 de noviembre, por el que se modificó el Real Decreto 1751/1998, se aprueba el citado Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios. En este reglamento se introducen unos cambios sustanciales respecto a la versión anterior. Así, se recoge:

#### Artículo 11. Bienestar e higiene.

Calidad del aire interior: las instalaciones térmicas: permitirán mantener una calidad del aire interior aceptable, en los locales ocupados por las personas, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los mismos, aportando un caudal suficiente de aire exterior y garantizando la extracción y expulsión del aire viciado.

#### IT 1.1.4.2 Exigencia de calidad del aire interior.

Esta exigencia está definida para los usos más frecuentes en la sección HS 3 del Código Técnico de la Edificación. Para el resto de edificios se establece aquí una serie de condiciones, que permiten también la consideración del procedimiento de la UNE-EN 13779.

Se establecen cuatro categorías del aire interior en función del uso de los edificios:

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

En función de estas categorías se fija un requerimiento de "caudal mínimos del aire exterior de ventilación". Para dimensionar el requerimiento de "filtración del aire exterior mínimo de ventilación" es necesaria la clasificación de la calidad del aire exterior en categorías:

- ODA 1: aire puro que puede contener partículas sólidas de forma temporal.
- ODA 2: aire con altas concentraciones de partículas.
- ODA 3: aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos.
- ODA 4: aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas.
- ODA 5: aire con muy altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas.

Por último se clasifica también el aire de extracción según el uso del edificio o local:

- AE 1 (bajo nivel de contaminación): aire que procede de los locales en los que las emisiones más importantes de contaminantes proceden de los materiales de construcción y decoración, además de las personas. Está excluido el aire de locales donde se permite fumar.
- AE 2 (moderado nivel de contaminación): aire de locales ocupados con más contaminantes que la categoría anterior, en los que, además, no está permitido fumar.
- AE 3 (alto nivel de contaminación): aire que procede de locales con producción de productos químicos, humedad, etc.
- AE 4 (muy alto nivel de contaminación): aire que contiene sustancias olorosas y contaminantes perjudiciales para la salud en concentraciones mayores que las permitidas en el aire interior de la zona ocupada.

Sin hacer una referencia directa a los conductos de ventilación este reglamento supone un avance para la consideración de la ventilación en los edificios. Las clasificaciones de los tipos de aire permiten establecer comparaciones y determinar unos valores mínimos de ventilación.

Este documento, junto con el citado Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas, sigue vigente a día de hoy.

LEY 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.

#### EXPOSICIÓN DE MOTIVOS

El sector de la edificación es uno de los principales sectores económicos con evidentes repercusiones en el conjunto de la sociedad y en los valores culturales que entraña el patrimonio arquitectónico y, sin embargo, carece de una regulación acorde con esta importancia.

Así, la tradicional regulación del suelo contrasta con la falta de una configuración legal de la construcción de los edificios, básicamente establecida a través del Código Civil y de una variedad de normas cuyo conjunto adolece de serias lagunas en la ordenación del complejo proceso de la edificación, tanto respecto a la identificación, obligaciones y responsabilidades de los agentes que intervienen en el mismo, como en lo que se refiere a las garantías para proteger al usuario.

#### 4.4.11. Ley Ordenación de la Edificación.

---

*LEY 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.*

Con los mismos objetivos que el REAL DECRETO 1050/1977 de 10 de junio, sobre Normativa de la Edificación, surge esta nueva ley.

Esta Ley tiene por objeto regular en sus aspectos esenciales el proceso de la edificación, estableciendo las obligaciones y responsabilidades de los agentes que intervienen en dicho proceso, así como las garantías necesarias para el adecuado desarrollo del mismo, con el fin de asegurar la calidad mediante el cumplimiento de los requisitos básicos de los edificios y la adecuada protección de los intereses de los usuarios.

- Requisitos básicos de la edificación:
- Relativos a la funcionalidad.
- Relativos a la seguridad.
- Relativos a la habitabilidad.

Esta ley es la que da paso al actual Código Técnico de la Edificación – CTE.

#### 4.4.12. Código Técnico de la Edificación.

---

*REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*

Aquí es dónde se fijan los documentos básicos de aplicación:

- Exigencias básicas de seguridad estructural (SE).
- Exigencias básicas de seguridad en caso de incendio (SI).
- Exigencias básicas de seguridad de utilización (SU).
- Exigencias básicas de salubridad (HS).
- Exigencias básicas de protección contra el ruido (HR).
- Exigencias básicas de ahorro de energía (HE).



Cada una de estas categorías se subdivide a su vez en otras para abarcar todos los conceptos de la construcción. También existen documentos de apoyo para la aplicación de algunas de las exigencias.

Del mismo modo que las anteriores normativas existen revisiones de los documentos para adaptarlos y corregir errores. En el caso del documento de salubridad (HS) que es el que nos interesa en este trabajo nos encontramos con dos versiones.

El primer documento básico HS se presenta como suplemento del BOE número 74, de martes 28 de marzo de 2006.

*Texto modificado por RD 1371/2007, de 19 de octubre (BOE 23/10/2007) y corrección de errores (BOE 25/01/2008)*

*Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, por la que se modifican determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación, entre los que se encuentra el DB-HS.*

El 22 diciembre de 2.009 se publica el nuevo documento DB-HS.

Posteriormente, en diciembre de 2.014 se publica el DB HS con comentarios:

Conforme a lo establecido en el artículo 35.g) de la Ley de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común, la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo ha respondido a numerosas consultas relacionadas con la interpretación y aplicación del Documento Básico DB HS del Código Técnico de la Edificación.

En cuanto a las condiciones establecidas por el documento básico HS, existen diferencias sustanciales con las condiciones establecidas en las anteriores legislaciones.

El Documento Básico HS se divide en cinco apartados:

- HS1 Protección frente a la humedad.
- HS2 Recogida y evacuación de residuos.
- HS3 Calidad del aire interior.
- HS4 Suministro de agua.
- HS5 Evacuación de aguas.

REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación

Artículo 3. Contenido del CTE.

1. Con el fin de facilitar su comprensión, desarrollo, utilización y actualización, el CTE se ordena en dos partes:

a) La primera contiene las disposiciones y condiciones generales de aplicación del CTE y las exigencias básicas que deben cumplir los edificios; y

b) La segunda está formada por los denominados Documentos Básicos, en adelante DB, para el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE. Estos Documentos, basados en el conocimiento consolidado de las distintas técnicas constructivas, se actualizarán en función de los avances técnicos y las demandas sociales y se aprobarán reglamentariamente.



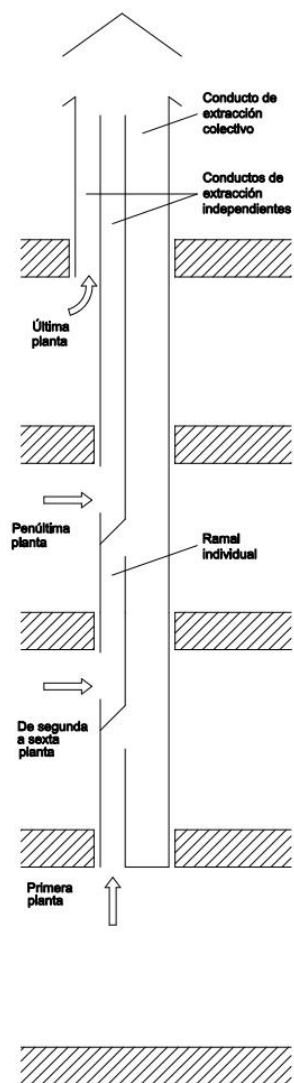


Fig. 4 - 21 Ejemplo de conducto de extracción para ventilación híbrida.

De cara a la ventilación nos interesa el tercer apartado, HS3 Calidad del aire interior.

En él se regulan todos los aspectos de la ventilación que ya estaban regulados en las normativas anteriores de manera similar y otros aspectos no considerados anteriormente. Se debe verificar el cumplimiento de los siguientes apartados:

- Condiciones de los caudales de ventilación.
- Condiciones de diseño del sistema de ventilación.
- Condiciones de dimensionado.
- Condiciones de los productos de la construcción.
- Condiciones de construcción.
- Condiciones de mantenimiento y conservación.

Las condiciones de los caudales de ventilación se realizan en función del número de ocupantes, de la superficie útil o en función de otros parámetros según el local. En las anteriores normativas se consideraba exclusivamente la superficie. Así, en función del local, se obtiene un caudal de ventilación mínimo exigido,  $q_v$ .

Las condiciones de diseño son prácticamente idénticas, incorporándose aquí la utilización de un sistema de aireadores no presente en ninguna de las normativas anteriores. La mayor diferencia en este apartado reside en que aquí se definen las condiciones particulares de los elementos, que si bien ya se definían de manera muy somera en las anteriores normativas, aquí se definen uno a uno todos los aspectos de los mismos. Las aberturas y bocas de ventilación, los conductos de admisión, los conductos de extracción para ventilación híbrida, los conductos de extracción para ventilación mecánica, los aspiradores híbridos, mecánicos y extractores y las ventanas y puertas exteriores quedan completamente definidos.

Las condiciones de dimensionado están en función del caudal de ventilación mínimo exigido explicado anteriormente. Se establecen también unos valores mínimos y se incorpora la variable geográfica con la introducción de la zona térmica en el cálculo.

Las condiciones de los productos de la construcción se incorporan aquí como en el resto de Documento Básicos de forma que todos los elementos que forman parte del proceso constructivo queden regulados.

Las condiciones de la construcción hacen referencia a la ejecución de la obra y a los controles de las mismas. Del mismo modo que el apartado anterior, estos conceptos se incorporan en todos los Documento Básicos. Anteriormente estaban presente solo en las normas tecnológicas de la edificación.

Las condiciones de mantenimiento y conservación establecen la periodicidad de las operaciones de mantenimiento. Del mismo modo que los anteriores, es un apartado de nueva incorporación en los Documentos Básicos.

Existen pocas diferencias entre los dos Documentos Básicos HS existentes hasta la fecha, el del año 2006 y el del año 2009. Las modificaciones afectan a elementos puntuales del cálculo, siendo menos restrictivo, por lo general, el documento del año 2009.

La principal diferencia reside en la microventilación, un aspecto que incorpora el DB HS 2009, no presente en el DB HS 2006. La microventilación hace referencia a una:

Apertura fija en las carpinterías que permita una ventilación muy pequeña suficiente para garantizar los caudales exigidos.

Este aspecto debe incorporarse en las carpinterías de las viviendas en función de la clase de las mismas para garantizar una admisión de aire.

#### 4.4.14 Normas UNE.

Una norma es un documento técnico de aplicación voluntaria, fruto del consenso, basado en los resultados de la experiencia y del desarrollo tecnológico y aprobado por un organismo de normalización reconocido.

Las normas garantizan unos niveles de calidad y seguridad que permiten a cualquier empresa posicionarse mejor en el mercado y constituyen una importante fuente de información para los profesionales de cualquier actividad económica.

Fuente: <http://www.aenor.es>

UNE es el acrónimo de Una Norma Española.

Tabla 4.2 Secciones del conducto de extracción en cm<sup>2</sup>

Caudal de tramo del conducto	Clase de tiro	Clase de tiro			
		T-1	T-2	T-3	T-4
q <sub>v</sub> ≤ 100		1 x 225	1 x 400	1 x 625	1 x 625
100 < q <sub>v</sub> ≤ 300		1 x 400	1 x 625	1 x 625	1 x 900
300 < q <sub>v</sub> ≤ 500		1 x 625	1 x 900	1 x 900	2 x 900
500 < q <sub>v</sub> ≤ 750		1 x 625	1 x 900	1 x 900 + 1 x 625	3 x 900
750 < q <sub>v</sub> ≤ 1 000		1 x 900	1 x 900 + 1 x 625	2 x 900	3 x 900 + 1 x 625

Fig. 4 - 22 Tabla 4.2. Cálculo de secciones del conducto de extracción en cm<sup>2</sup>.

Tabla 4.3 Clases de tiro

Nº de plantas	Zona térmica			
	W	X	Y	Z
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
≥8				

Fig. 4 - 23 Tabla 4.3. Clases de tiro para conductos de extracción.

Tabla 4.4 Zonas térmicas

Provincia	Altitud en m		Provincia	Altitud en m	
	≤800	>800		≤800	>800
Alava	W	W	Las Palmas	Z	Y
Albacete	X	W	León	W	W
Alicante	Z	Y	Lleida	Y	X
Almería	Z	Y	Lugo	W	W
Asturias	X	W	Madrid	X	W
Ávila	W	W	Málaga	Z	Y
Badajoz	Z	Y	Melilla	Z	-
Baleares	Z	Y	Murcia	Z	Y
Barcelona	Z	Y	Navarra	X	W
Burgos	W	W	Ourense	X	W
Cáceres	Z	Y	Palencia	W	W
Cádiz	Z	Y	Pontevedra	Y	X
Cantabria	X	W	Rioja, La	Z	Y
Castellón	Z	Y	Salamanca	Y	X
Ceuta	-	-	Sta. Cruz Tenerife	X	W
Ciudad Real	Y	X	Segovia	W	W
Córdoba	Z	Y	Sevilla	Z	Y
Coruña, A	X	W	Soria	W	W
Cuenca	W	W	Tarragona	Y	X
Girona	Y	X	Tenisi	W	W
Granada	Y	X	Toledo	Y	X
Guadalajara	X	W	Valencia	Z	Y
Guipúzcoa	X	W	Valladolid	W	W
Huelva	Z	Y	Vizcaya	X	W
Huesca	X	W	Zamora	X	W
Jaén	Z	Y	Zaragoza	Y	X

Fig. 4 - 24 Tabla 4.4. Zonas térmicas de las provincias españolas para aplicación de la tabla 4.3.

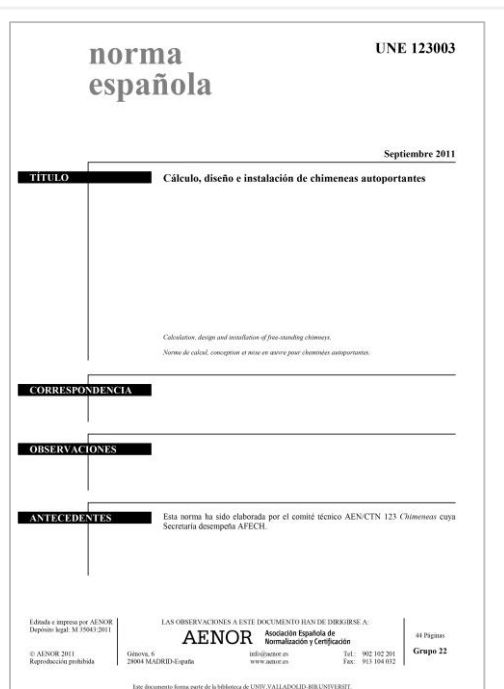


Fig. 4 - 25 UNE 123003:2011. Cálculo, diseño e instalación de chimeneas autoportantes.

Las normas UNE son de acceso restringido. Para su consulta o descarga es necesario el previo pago de una cuota.

Como miembro de la comunidad universitaria, cuento con acceso a dichas normas gracias a la suscripción de la Universidad de Valladolid a la base de datos NorWeb (AENOR).

Estas normas de aplicación voluntaria son elaboradas a través de comités técnicos de normalización (CTN) en los que están presentes todas las partes interesadas. AENOR (Asociación Española de Normalización y certificación) facilita el desarrollo de las normas realizando un seguimiento del desarrollo tecnológico, participando en los trabajos de normalización y difundiendo los resultados.

Se han elaborado más de 30.000 normas UNE con el objetivo de cubrir las necesidades de todos los sectores económicos y sociales. La norma "UNE 123003:2011: Cálculo, diseño e instalación de chimeneas autoportantes", hace referencia a las torres de ventilación. No es de aplicación directa a los conductos de ventilación verticales, pero existe una proximidad que merece la pena estudiar.

Como ocurre con el resto de normativas, estas normas UNE han ido evolucionando y sufriendo modificaciones con los años. Existen versiones anteriores de estas dos normas, pero solo voy a profundizar en estas dos últimas, por ser las actualmente vigentes.

#### 4.4.14.1. UNE 123003:2011. Cálculo, diseño e instalación de chimeneas autoportantes.

El objeto de esta norma es establecer los criterios para el cálculo, el diseño y la instalación de chimeneas, estructuras y torres de ventilación autoportantes, con conductos de humos metálicos, modulares o no modulares.

A los efectos de esta norma, cuando se emplee de forma genérica el término chimenea, ha de entenderse que engloba cualquiera de las tres variantes contempladas: chimeneas, estructuras y torres de ventilación. Asimismo, el término estructura engloba de forma genérica a los mástiles.

Se recogen en las normas UNE otros documentos que son necesarios también para la aplicación de las mismas. En este caso, se recoge una serie de normas UNE-EN que recoge todos los elementos y aspectos que intervienen en el cálculo, el diseño y la instalación de chimeneas autoportantes, de manera individual. Debido al número de normas recogidas no las cito aquí, quedando a voluntad del lector la consulta de las mismas en dicha norma.

Posteriormente se definen los términos para facilitar su aplicación. De este modo, se define la torre de ventilación como:

Variante de chimenea autoportante cuya función principal consiste en expulsar al exterior de un recinto el aire viciado por los contaminantes que se producen durante el uso normal de los locales a los que da servicio. Una torre de ventilación puede aportar así mismo el caudal suficiente de aire exterior para que dichos locales se puedan ventilar adecuadamente.

Siendo una chimenea autoportante:

Chimenea cuyo punto de fijación principal se encuentra en su base, pudiendo ser este el único punto de anclaje de la chimenea, o bien disponer de apoyos o fijaciones intermedias adicionales.

En cuanto al cálculo de la sección del conducto, nos remite al método establecido en el anexo A de la norma UNE-EN 13084-1, pudiendo utilizarse el método establecido en la norma UNE-EN 13384-1 para chimeneas con altura inferior a 20 m.

Anexo A.

A.1 Características principales del método de cálculo.

El cálculo del caudal de gases sirve para determinar las condiciones de presión en el interior del conducto que transporta los humos, desde la entrada de los humos hasta la cumbre de la chimenea. Esto requiere el cálculo de la evolución del cambio de temperatura en el conducto que transporta los humos. Si los parámetros varían sobre la longitud de la chimenea, el cálculo debería realizarse sección por sección.

Se tienen en cuenta los parámetros de rugosidad, resistencia térmica y los valores de temperatura del aire, presión del aire exterior, composición de los humos, constante de elasticidad del gas, densidad del aire exterior, calor específico, factor de corrección de la temperatura y coeficiente de seguridad del flujo.

Los valores aquí determinados adquieren gran complejidad debido a la cantidad de factores que entran en consideración. El cálculo es específico para conductos de extracción de humos, pudiendo llegar a simplificarse para su aplicación en conductos de ventilación natural. En este trabajo no considero relevante la aplicación de este método.

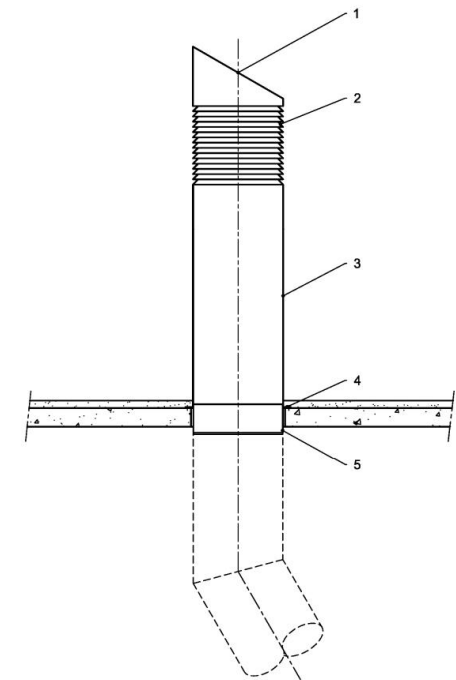


Fig. 4 - 26 Torre de ventilación.  
Esquema UNE 123003:2011.

Leyenda:

1. Remate superior.
2. Salida de gases.
3. Conducto resistente.
4. Brida base.
5. Entrada de gases.

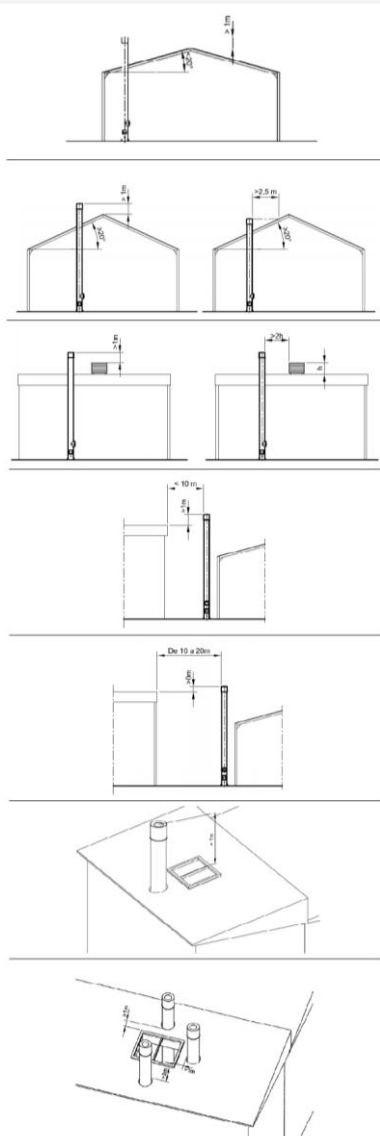


Fig. 4 - 27 Altura mínima chimeneas

Volviendo de nuevo a la norma UNE 123003:2011 podemos recoger que se elabora también una determinación del cálculo estructural de las secciones resistentes que no considero relevante a la hora de realizar este trabajo, quedando la posibilidad de ampliación en futuras revisiones.

De cara a las especificaciones de los conductos de humos en las torres de ventilación existe una tabla que determina los tipos de acero permitidos y sus sobreespesores.

Existe también un apartado destinado a los requisitos de diseño. En él se establecen los materiales para el conducto de humos, determinando el tipo de acero y el espesor del conducto. Se establece también la necesidad de aislamiento para aire evacuado a mayor de 70°C y la posibilidad de incorporar revestimiento exterior. La calidad del remate superior debe ser igual o superior a la calidad del conducto de humos o bien, del revestimiento exterior.

En el caso de que sea necesario incorporar la ventilación, la torre incorporará una cámara de aire de un espesor mínimo de 30 mm. Para su correcto funcionamiento es necesaria una entrada de aire en la base y una salida en el remate.

También se tiene en cuenta aquí la necesidad de cumplir los requisitos de resistencia al fuego, de control y de mantenimiento.

La determinación de la altura mínima de la chimenea se realiza mediante dos consideraciones, la dispersión de contaminantes a la atmósfera y la distancia mínima respecto a ventana o a aberturas de ventilación en edificios cercanos, y respecto a obstáculos o zonas de sobrepresión.

En el primero de los casos nos remite directamente a la legislación vigente en materia de prevención de la contaminación atmosférica. En el segundo caso elabora una tabla que se recoge en el lateral.

## 4.5 CONCLUSIÓN

---

Los arquitectos siempre han considerado la ventilación sin necesidad de normativas que obligaran su introducción en las construcciones. Sin embargo, con la evolución de la sociedad los valores se ven modificados, llegando en ocasiones a olvidarse las necesidades primarias o a relegarse a otros planos.

La obligatoriedad de la ventilación en las normativas de construcción es un aspecto complicado debido a su difícil valoración y cuantificación. Estas consideraciones se han ido modificando con las sucesivas publicaciones de nuevas normas de construcción. En un principio simplemente era obligatorio que las estancias vivideras contaran con luz y ventilación natural, sin necesidad de especificar la cantidad o la calidad de las mismas. Hoy, en cuanto a la ventilación, es necesario considerar numerosos factores para determinar el tipo de ventilación que deben tener todas las estancias.

El resultado al que se ha llegado hoy en los edificios residenciales es a la obligatoriedad de la presencia de ventilación forzada en los edificios. La ventilación forzada requiere de la presencia de una máquina, de un extractor, en continuo funcionamiento. De este modo se garantiza un caudal de ventilación constante en el interior del edificio. Se contempla también la posibilidad de que sea una ventilación híbrida, es decir, que el extractor funcione solo cuando las condiciones de ventilación naturales no sean suficientes.

Esta situación actual no parece que sea idónea, más aún cuando hoy en día se pretende la construcción de edificios eficientes de consumo energético casi nulo. Uno de los objetivos principales de este trabajo es establecer las condiciones necesarias para que las normativas de construcción actuales permitan que los edificios dispongan de un sistema de ventilación natural efectivo.



---

# EVOLUCIÓN CONSTRUCTIVA DE LOS CONDUCTOS DE VENTILACIÓN

---

La lectura del texto de presentación del número 35 de la revista TECTÓNICA, titulado Ventilación, sirve como catalizador de este capítulo. Bajo el título “La ventilación como recurso arquitectónico” se cita una serie de construcciones arquitectónicas de diferentes épocas y de diferentes objetivos que relatan la importancia de la ventilación en diversos aspectos.

Desde construcciones tradicionales creadas para solventar problemas de la vida cotidiana hasta la propia arquitectura actual, pasando por las viviendas tradicionales de diversas culturas del mundo se recogen en el artículo y se desarrollan desde un punto de vista propio en este trabajo.

Posteriormente, y de manera paralela al capítulo anterior, se realiza un recorrido por las distintas normativas españolas del ámbito de la construcción para extraer los datos significativos de cada una de ellas que permitan hacer una valoración acerca de la evolución constructiva de los conductos de ventilación.

---

## Índice del capítulo

---

LA VENTILACIÓN COMO  
RECURSO ARQUITECTÓNICO... 124

EVOLUCIÓN CONSTRUCTIVA EN  
LA NORMATIVA ESPAÑOLA..... 137

CONCLUSIÓN ..... 157



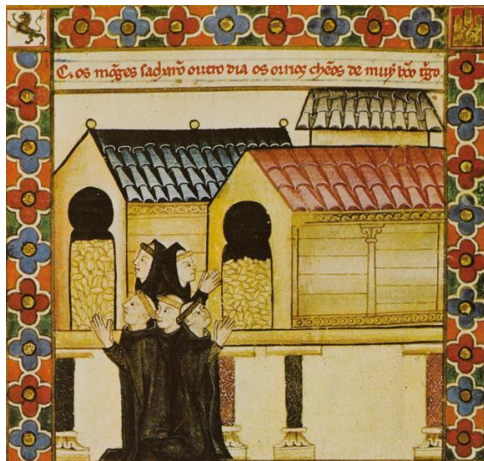


Fig. 5 - 1 Moines priant devant des greniers pleins de grain.

Monjes rezan ante hórreos llenos de grano.

Representación de un hórreo en las Cántigas de Santa María.

Fuente: <https://commons.wikimedia.org>

## 5. EVOLUCIÓN CONSTRUCTIVA DE LOS CONDUCTOS DE VENTILACIÓN

### 5.1 LA VENTILACIÓN COMO RECURSO ARQUITECTÓNICO.

Como se ha mencionado, siguiendo el texto CUNÍ, J., MIRANDA, M., PÉREZ, A., "La ventilación como recurso arquitectónico", en *TECTÓNICA*, número 35, p. 16., Año 2011, se realiza un desarrollo de las construcciones citadas en dicho artículo.

#### 5.1.1 Construcciones tradicionales.

##### *Hórreos*

Un hórreo es una construcción que se destina a almacenar y mantener los alimentos frescos y fuera del alcance de los animales de manera adecuada hasta su consumo. Su uso generalmente va ligado al maíz, permitiendo que pueda madurar y secarse en zonas con climas más fríos y húmedos.

Del origen de los hórreos no se tiene una fecha concreta exacta. Existen pruebas que permiten imaginar que podían existir en "la cultura castreña<sup>2</sup>" de la península ibérica, debido a la existencia de semillas tostadas en las ciudades de la época. Algunas referencias literarias remiten a estas construcciones en los poblados celtíberos existentes en la península antes de la llega del Imperio Romano.

Si buscamos la primera representación gráfica, recogida en la columna del margen, debemos remitirnos a las *Cántigas de Santa María* del siglo XIII. Estas cántigas son un cancionero religioso de época medieval, siglo XIII, que se atribuyen a Alfonso X el Sabio. En la cántiga número CLXXXVI, titulada "Virgen enriquece el monasterio de Jerusalén con oro y trigo", aparece la representación de un hórreo. Cabe destacar la similitud con los hórreos actuales, que debido a la sencillez de su construcción y funcionamiento, apenas han sufrido modificaciones.

<sup>2</sup> Es una cultura que existió en el noroeste de la península ibérica entre finales de la Edad del Bronce y principios de nuestra época.

## La ventilación en edificios residenciales.

La ventilación es elemento fundamental que caracteriza estas construcciones. Unas ranuras existentes en las paredes perimetrales permiten la libre circulación del aire. Se eleva del suelo para alejarse de los roedores y evitar la humedad, pero este aspecto permite también mejorar la ventilación del conjunto.

Existen hórreos en diferentes partes del mundo que, como recoge Eugeniusz Frankowsky<sup>3</sup>. Abarcan la península ibérica, la región de los Alpes, la península escandinava, los Balcanes, el África subsahariana, Persia, Sureste asiático, Japón, la península de Kamchatka y el estrecho de Bering.

### *Oast Houses.*

---

En un desarrollo y un funcionamiento similar, años más tarde, con la expansión de la cerveza, se hace necesario un edificio específico para el secado del lúpulo. Es así como surgen los secaderos de lúpulo o Oast houses, siendo el término en inglés más reconocido debido a su origen Anglo sajón.

Es una construcción que consta de dos o tres plantas en las que el lúpulo se extiende para ser secado con la introducción de aire caliente. Para ello, se crean unas brasas en las plantas inferiores de tal modo que el aire caliente suba a las distintas plantas a través de unos forjados perforados. Para permitir la circulación de este aire se construyen unas chimeneas de ventilación. Estas tienen una forma troncocónica con un capacete que se orienta según la dirección del viento para permitir un mejor funcionamiento.

---

<sup>3</sup> Frankowski, E. (1986). *Hórreos y palafitos de la Península Ibérica*. Edición facsímile. Madrid: Ediciones Istmo.

## Sergio Mendoza Martínez



Fig. 5 - 2 Stabur, Noruego.

Construcción similar al hórreo español en Noruega.

Título: Thelemarken. Stabur paa Gaarden Rollag, Vestfjorddalen. Año 1880-1890. Fotógrafo: Axel Lindahl.

Fuente: Librería nacional de Noruega.



Fig. 5 - 3 Oast Houses.

Fuente: <http://www.dreadnought-tiles.co.uk/>



Fig. 5 - 4 Ab Anbar.

Fuente: <http://tectonicablog.com/>

Los materiales utilizados en este tipo de construcciones son variados, incluyendo ladrillo, madera, piedra, etc. Lo que es curioso reseñar de cara a este aspecto, es la cubrición del cono de la chimenea con alquitrán. De este modo, la chimenea es impermeable al agua, pero sobre todo, evita que los humos procedentes del interior se deriven en su ascenso por la misma.

### Torres de ventilación, Ab Anbar.

Los Ab Anbar son construcciones tradicionales de la antigua persa que funcionan como tanques de agua potable. Ab, significa agua y Anbar, fácil almacenamiento.

Son construcciones subterráneas, que apenas sobresalen de la superficie del terreno. De este modo consiguen soportar más fácilmente la presión del agua contenida en su interior y los terremotos, muy frecuentes en las zonas de Persia e Irán. Los materiales empleados son tradicionales. Las paredes usan un mortero denominado *sarooj*, que hace que sean impermeables. Con un espesor aproximado de dos metros se dota a esta estructura de una gran inercia térmica.

Para mantener el agua fresca en las condiciones climáticas existentes en Persia e Irán se incorporan las torres de ventilación o *windcatchers*. Estas torres permiten generar, gracias al efecto venturi, un gradiente de presión en su extensión. De este modo se genera una circulación del aire caliente del interior al exterior, permaneciendo el aire más frío en el interior.

El uso combinado de materiales de gran inercia térmica, su ubicación subterránea y la incorporación de las torres de ventilación permiten evitar el estancamiento de aire y la presencia de condensaciones. Así, se consigue un aire puro, un espacio limpio y un agua fresca en todas las épocas del año.

### 5.1.2 Viviendas tradicionales.

#### *Yurta, Mongolia.*

Es un tipo de tienda de campaña utilizada por los pueblos nómadas de las zonas de estepa de Asia Central. Su origen se remonta al pueblo mongol en la Edad Media. Los mongoles era un pueblo nómada que, por dicha condición, debía trasladar su vivienda en sus desplazamientos.

La yurta consiste en un conjunto de piezas modulares y desmontables. Con forma circular, un entramado de madera cierra el recinto, que se cubre con conjunto de capas de paja y lana. Para el soporte de la cubierta se utilizan vigas, que se unen en un anillo superior, que permite la ventilación.

El mecanismo de ventilación es el proceso más simple. Una abertura permanente en la parte más alta de la construcción permite que el aire caliente, por ser menos denso, salga al exterior.

#### *Tipi, Norteamérica.*

El tipi es un lugar para vivir, según su origen etimológico. Ti, significa vivir y Pi, significa lugar. Son las tiendas que utilizaban los indios americanos en las llanuras de Norteamérica. Permite a sus habitantes protegerse de las inclemencias del tiempo consiguiendo un espacio cálido en invierno y fresco en verano.

Existen restos arqueológicos que establecen la presencia de estas construcciones antes de la llegada de los occidentales a América. Originalmente cabe pensar que fuera una estructura muy sencilla, reducida casi a dos palos que sujetan una piel que protege. Esta estructura ha ido evolucionando a formas más complejas.

Se orientan hacia el Este, para captar los rayos del sol al amanecer. Presentan una forma cónica, para ser más resistentes y estables. Su estructura está formada por un armazón de palos,



Fig. 5 - 5 Yurta tradicional.

Fuente: <http://es.mongabay.com/>



Fig. 5 - 6 Tipi tradicional.

Fuente: <http://tipiluxe.com.au/>





Fig. 5 - 7 Tienda negra beduina.

Fuente:

<http://cienciadefrontera.blogspot.com.es>



Fig. 5 - 8 Shapono.

Fuente:

GASPARINI, G. MARGOLIES, L. "La vivienda colectiva de los Yanomami".

*Tipiti: Journal of the Society for the Anthropology of Lowland South America*. Vol.2: Iss. 2, Article 1. 2004.

debidamente organizados según esquemas y ritos muy concretos. Antiguamente se cubrían con piel de búfalo tratada, aunque hoy en día se realizan con algodón impermeabilizado.

Debido a su forma cónica se genera en su interior un efecto chimenea. Existe una abertura en su parte superior, en la zona orientada hacia el este; y una abertura en la parte inferior, en la zona contrapuesta. La abertura superior cuenta con un sistema de varas por el exterior que permite a sus inquilinos modificar su condición de abierta o cerrada. De este modo se puede regular la salida del humo, la entrada de la luz y la renovación del aire.

### *Tienda negra beduina.*

Son tiendas de tela oscura que dan cobijo a los nómadas beduinos en sus desplazamientos por el desierto. Son construcciones sencillas, fáciles de montar y desmontar y que permiten soportar las severas condiciones del entorno.

Es una construcción baja, constituida por una tela y un conjunto de cuerdas para su soporte. Esta tela está hecha con pelo de camello o de cabra, que adquiere colores oscuros. En caso de tormentas de área o lluvia, existe la posibilidad de plegarla para conseguir una estanqueidad total.

Debido al color oscuro, la tela absorbe gran cantidad de radiación solar, calentándose considerablemente. Por el contrario, el suelo se encuentra más frío, debido a la sombra arrojada por esta tela. De este modo, se genera una corriente de convección en el interior de la tienda.

### *Shapono, Yanomami.*

Los yanomami son una comunidad indígena que habita en la selva tropical del Amazonas. El shapono es una casa comunal con forma circular entorno a un patio descubierta.

## La ventilación en edificios residenciales.

El shapono se ha mantenido prácticamente invariable desde su descubrimiento. Se debe tener en cuenta que esta comunidad indígena se descubrió a mediados del siglo XVIII. A pesar de ello, sus tradiciones constructivas se han mantenido hasta hoy en día. La descripción constructiva del shapono se reduce a una secuencia de cubiertas de hoja de palma, colocadas de manera adyacente, orientadas a un gran espacio central descubierto.

Debido a la extensión en superficie de esta comunidad se encuentran diferentes situaciones en cuanto a la ventilación. En las zonas más húmedas se dispone una distribución de las cubiertas más abierta, lo que permite una mayor circulación del aire del interior al exterior. Sin embargo, en las zonas más frías, las cubiertas se disponen de manera más cerrada para conseguir un mayor aislamiento térmico.

### *Torres de viento: malqaf y manghu.*

Una torre de viento es un dispositivo arquitectónico que permite disponer de ventilación natural y renovación de aire en el interior de los edificios en zonas desérticas y de poca humedad. Existen diversos tipos, como los malqaf en zonas de Egipto o los manghu en zonas de Pakistán. El funcionamiento en todos los casos es muy similar.

Los edificios se construyen con paredes gruesas de adobe, lo que permite contar con una gran inercia térmica. De este modo, las grandes diferencias de temperatura existentes entre el día y la noche se amortiguan en el interior del edificio. Para evitar la entrada de calor, las aberturas son mínimas y las ventanas pequeñas, siempre protegidas.

Las torres de viento cuentan con un captador de viento. Este elemento dispone de una serie de aberturas en distintas direcciones, que permanecen todas cerradas, salvo la que se encuentra en la dirección del viento dominante. Para permitir una mayor ventilación, se crea un qanat, un entramado que dispone de un conducto para colocar elementos con agua. De este modo se produce una refrigeración evaporativa que disminuye la temperatura del aire interior.

Sergio Mendoza Martínez



Fig. 5 - 9 Torre de viento tradicional.

Fuente: <http://viajes.ares.fm/>



Fig. 5 - 10 Torre de viento.

Fuente:  
<http://moleskinearquitectonico.blogspot.com.es/>



Fig. 5 - 11 Reconstrucción del jardín romana de la Casa de los Vetti.

Fuente: <http://plantasyjardin.com/>



Fig. 5 - 12 Patio de los Arrayanes, La Alhambra, Granada.

Fuente: <http://alhambragrd.blogspot.com.es/>

### *Patio Mediterráneo.*

Las antiguas viviendas romanas se distribuían en torno a un patio interior, atrium, hacia el que se volcaban vistas y aberturas para la ventilación. Existe un desarrollo paralelo también en las representaciones de los Jardines del Paraíso muy presentes en la cultura árabe.

Debido a su extensión en el territorio y en el tiempo existen multitud de modelos de patios mediterráneos, pero se puede extraer una serie de invariantes que están presente en la mayoría de los patios. La existencia de agua, ya sea en fuentes, pozos, u otros elementos. Vegetación, a modo de jardín, huerto o cualquier otra organización. Elementos de cierre, tanto para la privacidad como para la protección. Bancos o elementos de estancia, para el disfrute del patio.

Los elementos vegetales y el agua juegan un papel fundamental en estos patios mediterráneos. La vegetación proporciona, principalmente, sombra. Esto hace que la temperatura de las zonas en penumbra sea inferior a las soleadas, reduciendo así la temperatura media del aire en el patio. El agua, por su parte, reduce la temperatura del aire del interior del patio mediante la refrigeración evaporativa.

De este modo, el aire del interior del patio se mantiene a una temperatura inferior a la del resto del edificio. Con una orientación adecuada de las estancias y una serie de aberturas dispuestas de manera correcta se puede garantizar una ventilación constante.

### 5.1.3 Arquitectura moderna.

#### *Le Corbusier, India.*

Cuando Le Corbusier viaja a la India sufre un cambio de mentalidad en cuanto a la arquitectura. Basándose en las diferencias existentes entre el clima tropical presente en la India y el clima centroeuropeo comienza a plantearse aspectos climatológicos. En este cambio tiene una gran influencia el ingeniero André Misenard.

En su trabajo, Le Corbusier incorpora innovaciones técnicas que le permiten un mejor aprovechamiento de los recursos naturales, como los *aerateur*, los ventiladores verticales, etc. Elabora un esquema denominado *Grille climatique*, que permite el estudio de las variables relativas al confort humano; es decir, temperatura del aire, humedad, velocidad del aire y temperatura radiante.

Como vemos, en estas obras de arquitectura se tienen en cuenta numerosos factores que afectan a la ventilación. Sin embargo, quiero destacar una cita que me parece muy relevante de cara a la organización de este trabajo:

“se realizan simulaciones estacionales con diferentes criterios de ventilación que reflejan el comportamiento higrotérmico del edificio en conjunto. El procedimiento responde a los principios establecidos en la física de transferencia de calor considerando los mecanismos de conducción, convección y radiación, además de acumulación e inercia térmica”<sup>4</sup>

Los aspectos de conducción, convección y radiación han sido objeto de este trabajo en capítulos anteriores, sin pretender establecer una referencia directa con ningún proyecto arquitectónico. Aquí se demuestra la importancia que estos factores tienen a la hora de proyectar arquitectura.

<sup>4</sup> Fuente: REQUENA-RUIZ, J. “Bioclimatismo en la arquitectura de Le Corbusier: El palacio de los Hilanderos”, Informes de la construcción, Vol. 64, Año 2012, p. 551.

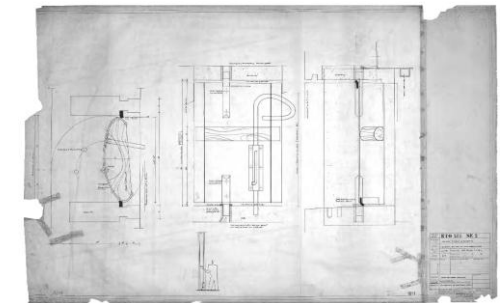


Fig. 5 - 13 Aerateur.  
Lámina-esquema de funcionamiento de un aerateur.

Fuente: <http://architainer.tistory.com/>

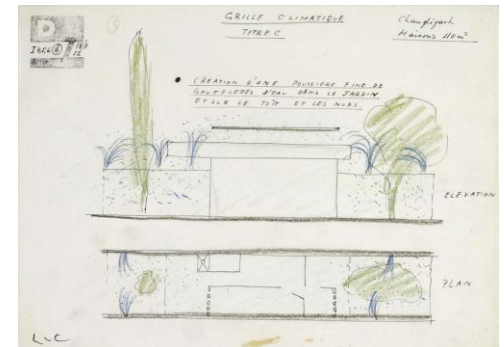


Fig. 5 - 14 Grille climatique.

Fuente:  
<http://www.fondationlecorbusier.fr/>





Fig. 5 - 15 Louis Khan.  
Asamblea Nacional de Bangladesh.

La superposición de fachadas funciona como una doble piel de cara a proporcionar corrientes de aire fresco.

Fuente: <http://es.wikiarquitectura.com/>



Fig. 5 - 16 Casa Schindler.

Espacios abiertos en continuidad con el exterior y control de las alturas de las estancias interiores.

Fuente: <http://gloriavalero.com/>

### Louis Kahn, Bangladesh.

Louis Kahn es un arquitecto preocupado principalmente por el espacio y por la luz y define su trabajo como la "construcción reflexiva de espacios". Esta rotundidad en el pensamiento y en los espacios también está acompañada de una consideración del entorno de los edificios y de sus condiciones en el interior.

Tal vez uno de los edificios más representativos de Kahn, en lo que a este trabajo se refiere, son los Laboratorios Richards. Un proyecto arquitectónico que articula la relación entre espacios servidos y espacios servidores, siendo estos últimos en los que se recogen los órganos fundamentales para el funcionamiento del edificio. Las escaleras, los conductos de ventilación y otras redes se alojan en estructuras independientes anexas al edificio principal.

Sin embargo, en este texto se recoge su actuación en la Asamblea Nacional de Bangladesh. La ventilación en el edificio de los Laboratorios Richards es una obligación programática. Aquí, es una "obligación" arquitectónica. Considerando la ubicación del proyecto, se debe evitar la incidencia del sol y de la lluvia a la vez que se debe permitir una ventilación continua. Las grandes aberturas con formas geométricas generan una doble piel exterior que resuelve todos estos condicionantes.

### Rudolph Schindler, su casa.

Es una vivienda que busca recuperar los rasgos vernáculos de la zona en la que se ubica, el "California living". Los principios básicos consisten en dotar a la vivienda de una conciencia ecológica para su entorno, principalmente conseguida siguiendo criterios básicos de orientación y ventilación.

## La ventilación en edificios residenciales.

Schindler, en el año 1921 proyecta una vivienda experimental para compartir con su pareja y un matrimonio de amigos. Mostrando la honestidad de los materiales, las estancias se vuelcan a un patio interior. Existe una completa simbiosis entre el jardín y la vivienda integrando el interior con el exterior manteniendo la privacidad interior.

Siguiendo el esquema de patio mediterráneo las estancias están en continuidad con el patio. La comunicación entre ambos se realiza a través de puertas correderas de lona, lo que permite una fluidez en los movimientos del aire constante. Las alturas de las estancias están muy controladas, lo que permite también, una renovación más optimizada del aire en el interior. Recordemos que ya se recogía en la legislación de casas baratas del año 1922 que es más interesante garantizar una buena ventilación que la cubicación grande de las estancias.

## *Prouvé, maison tropicale.*

Jean Prouvé proyectó y construyó tres prototipos de viviendas tropicales, maisons tropicales, en África (Niamey u Brazzaville). El objetivo principal de estas edificaciones era paliar la escasez de viviendas existente en las colonias francesas en estas regiones.

Se buscaba que las viviendas fueran baratas, con una construcción en serie, fáciles de montar y desmontar. Debían responder también a las condiciones climáticas particulares de cada zona. Para ello se combinaba el tipo de construcción tradicional de los constructores nativos con los estudios sobre casas porticadas, maisons á portiques, de Jean Prouvé.

La primera vivienda construida fue en Niamey. Una zona de clima semi árido con temperaturas elevadas y abundante humedad. En estas condiciones la circulación de aire y la refrigeración pasiva son determinantes. Por eso se incorporan ladrillos vitrificados, para refrigerar el ambiente y conjunto de brise soleil ajustables según las necesidades. Todo esto unido a una libre circulación del aire en toda la vivienda.

En la segunda construcción en Brazzaville, incorpora una pantalla de aluminio que permite reflejar el sol según su regulación. El concepto de la doble piel se lleva a la fachada y también al

Sergio Mendoza Martínez

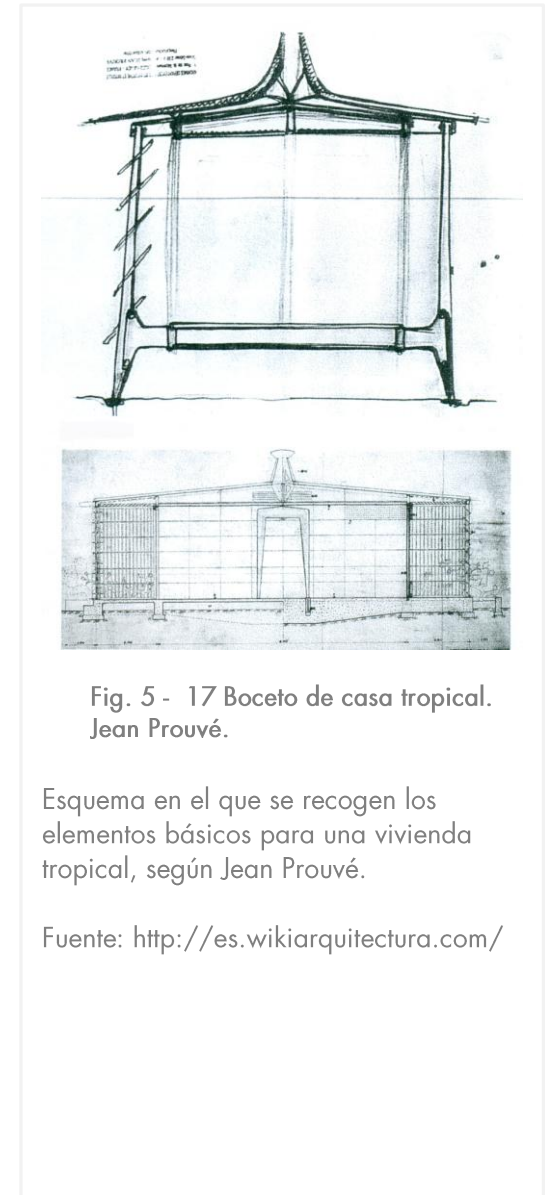


Fig. 5 - 17 Boceto de casa tropical. Jean Prouvé.

Esquema en el que se recogen los elementos básicos para una vivienda tropical, según Jean Prouvé.

Fuente: <http://es.wikiarquitectura.com/>

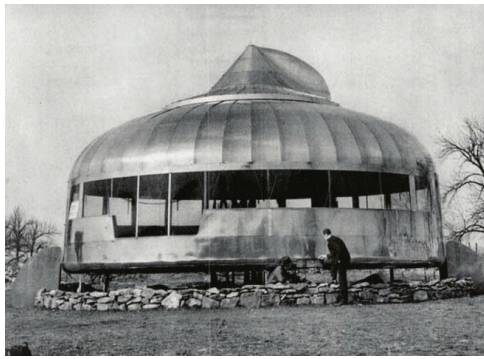


Fig. 5 - 18 Fuller, Wichita House.

Fuente: <http://es.wikiarquitectura.com/>

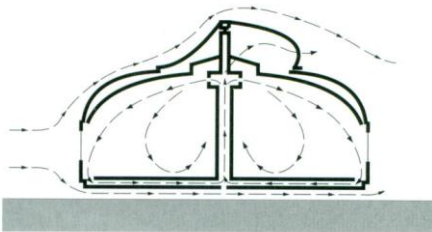


Fig. 5 - 19 Esquema de circulación del aire en Wichita House.

Fuente: <http://es.wikiarquitectura.com/>

techo, de modo que se obtiene una ventilación natural también en las estancias interiores gracias a una abertura en su parte superior.

### *Fuller, Wichita House.*

De nuevo, tras la segunda guerra mundial, es necesaria la fabricación de viviendas baratas para la mayoría de la población. En este caso, esta situación viene unida a la crisis de las fábricas de aviones, que ven reducida su producción debido al fin de la guerra. Richard Buckminster Fuller trabaja para combinar estos dos escenarios y desarrolla la casa Wichita o Wichita House.

Fuller ya había patentado anteriormente la casa Dymaxión, una vivienda consistente en una construcción metálica hexagonal que queda suspendida de un mástil central. Con este punto de partida, se proyecta la casa Wichita como una estructura con un forjado de acero con forma circular, elevado 60 cm. del suelo y un mástil central del que se suspende la fachada. El revestimiento de la fachada se realiza de manera modular con el material reciclado de las planchas de aviones.

El mástil central se aprovecha para generar una chimenea de distribución de aire hacia el interior de la vivienda. La cámara de aire de 60 cm. sobre la que se eleva la vivienda recoge el aire exterior, que gracias al efecto Venturi generado por un "casco" en la cubierta, se eleva y se distribuye por el interior. Se crea así una corriente de aire en el interior de la vivienda que además permite también extraer el aire caliente y viciado del interior.

### *Vilanova Artigas, escuela arquitectura de Sao Paulo. 1.961*

Es un proyecto en el que un arquitecto puede expresar lo que realmente es para él la arquitectura. Vilanova Artigas se aprovecha además de la ausencia de libertades debidas el poder político en el momento de proyección y construcción del edificio para transmitir un mensaje de compromiso social.

## La ventilación en edificios residenciales.

Un edificio cerrado sobre sí mismo, a modo de contenedor, que muestra la potencia del hormigón. Se crea un espacio aislado que permite crear un mundo diferente en su interior, donde poder poner en práctica nuevas ideas. Toda esta concepción viene acompañada de un gran vacío interior, que será la fuente de estos nuevos pensamientos y el instrumento que posibilite el acondicionamiento de manera natural del interior del edificio.

La topografía se ve modificada la relación del edificio con el entorno. Los espacios tienen una mayor vinculación interior-exterior. De este modo, las estancias que se encuentran en este nivel tienen garantizado un intercambio de aire con el entorno. Para las zonas enterradas se crea un patio con orientación noroeste, que tiene una vinculación directa con las aberturas presentes en la fachada de la misma orientación.

Las zonas superiores del edificio son iluminadas y ventiladas mediante cristaleras. Se aprovecha el uso de la planta baja libre para captar corrientes de aire que posteriormente se distribuirán en el interior del edificio gracias a la concepción espacial de salas sin divisiones.

## *Glenn Murcutt, en varias de sus obras.*

Glenn Murcutt es un arquitecto diferente. Lejos de los "arquitecto estrella" que trabajan en grandes oficinas y que establecen grandes relaciones públicas, Glenn Murcutt trabaja solo.

"Murcutt trabaja en una oficina de una sola persona al otro lado del mundo... aun así, tiene una lista de espera de clientes, a los cuales pretende brindar el mejor proyecto que él pueda producir. Él es un profesional innovador de la arquitectura, quien es capaz de dirigir su sensibilidad hacia el ambiente y lo regional, y producir obras de arte totalmente honestas y humildes".<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Cita del jurado del premio Pritzker cuando le otorgaron este premio en el año 2002.

## Sergio Mendoza Martínez

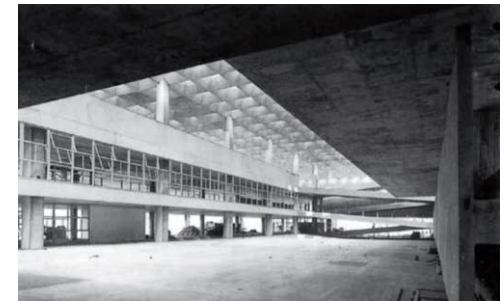


Fig. 5 - 20 Vilanova Artigas, escuela de arquitectura de Sao Paulo.

Vista del interior donde se observa la fluidez del espacio entre el interior y el exterior, junto con la cobertura protectora que genera un microclima en el interior del edificio.

Fuente: RAMOS CARRANZA, Amadeo. "LA FAU-USP DE VILANOVA ARTIGAS (1961): ARQUITECTURA Y MODELO DE ENSEÑANZA", *Proyecto, Progreso, Arquitectura*, n° 1, Año 2010, p. 70.

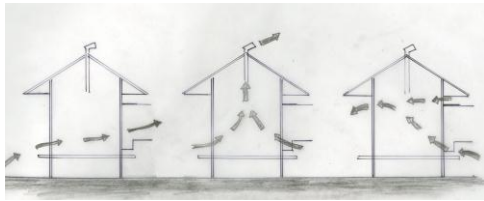


Fig. 5 - 21 Glenn Murcutt.  
Casa Marika.

Boceto de circulación del aire.

Fuente: <http://es.wikiarquitectura.com/>

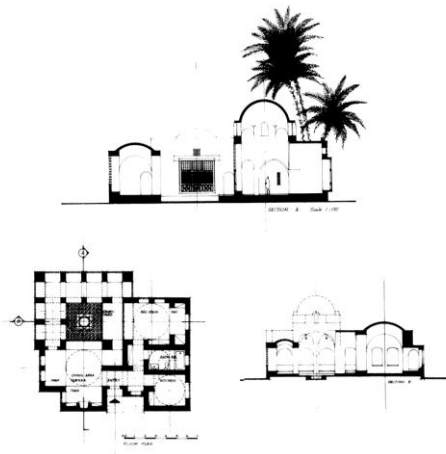


Fig. 5 - 22 Hassan Fathy, Prince  
Sadruddin Aga Khan House.

Esquemas de planta y sección.

Fuente: [archnet.org/](http://archnet.org/)

El concepto general de su obra se basa en construir espacios confortables, que se adapten a las exigencias específicas de los lugares en los que se implantan y que de esta manera sean construcciones económicas y sostenibles. Trabaja en Australia, donde el clima es tropical. Debido a las diferencias presentes en este tipo de clima, estudió los movimientos del viento, del sol y del agua, junto con las características del clima monzónico tropical.

Uno de los mejores ejemplos en cuanto a ventilación es la casa Marika Alderton. En ella proyecta unos aleros anchos que rodean toda la casa, volando en mayor o menor medida según su orientación. Las paredes verticales no están en contacto con el techo, permitiendo una libre circulación del aire caliente en la parte alta de la vivienda, de modo que pueda evacuarse más rápidamente. Al igual que en ejemplos anteriores, esta vivienda también se encuentra elevada sobre pilotes, lo que permite que el aire circule por debajo de la casa, refrigerando la parte inferior de la misma.

### *Hassan Fathy, sabiduría de la arquitectura tradicional del norte de África.*

Fue un arquitecto egipcio que estudió la arquitectura tradicional del norte de África con el objetivo de aplicar las técnicas tradicionales a las viviendas de las rentas más bajas combinando métodos modernos y materiales tradicionales.

Estudió la situación económica de las zonas rurales con el objetivo de que sus habitantes pudieran elaborar sus propios materiales y construir sus propias casas. En sus proyectos incorpora las condiciones climáticas de manera mejorada, creando ladrillos más densos e incorporando corrientes naturales de aire en el interior de las viviendas.

Aprovecha la relación entre temperatura y viento colocando captadores de aire elevados que recogen los vientos del desierto y aumentan su velocidad al entrar en el edificio. Pero, tal vez, el ejemplo más representativo de cara a este trabajo es la Casa Aga Khan, en Aswan, Egipto. En esta vivienda Hassan Fathy introduce un patio interior, que junto a la disposición de la escalera y la tradición de las torres de viento (malqaf), consigue crear un conducto de ventilación pasiva.



## 5.2 EVOLUCIÓN CONSTRUCTIVA EN LA NORMATIVA ESPAÑOLA.

---

Siguiendo el mismo esquema desarrollado en el capítulo “Evolución de la normativa de ventilación” dentro del apartado “Normativa higiénica española en el ámbito de la construcción” procedo a analizar los aspectos representativos de cara a la construcción de los conductos de ventilación recogidos en cada una de las normativas.

### 5.2.1 Ley de casas baratas del año 1.911

---

Hemos visto con anterioridad que no existe en esta reglamentación todavía una especificación muy desarrollada en cuanto a conductos de ventilación. La única presencia se recoge en el Capítulo II, dentro del apartado “Condiciones técnicas de las casas baratas”, con la siguiente cita:

Art. 33. [...]

Cuando sea necesario activar la ventilación natural, por ser poco eficaz, se adoptarán procedimientos de ventilación artificial, de instalación y mantenimiento fáciles y económicos, tales como conductos, registros y chimeneas de aspiración de aire viciado, dobles vidrios y otras clases de entrada de aire puro, etc.

Simplemente con esta información no es posible elaborar un discurso articulado en cuanto a la consideración de los aspectos constructivos de los conductos de ventilación en esta época.

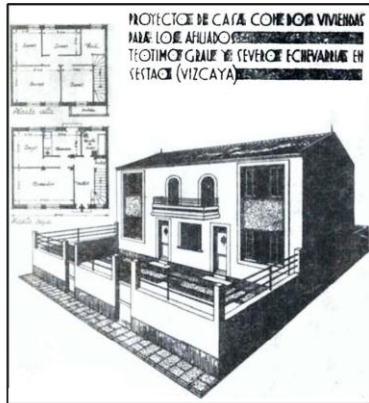
Podemos referirnos a la toma de datos de las viviendas proyectadas con esta normativa, siendo escasa y de poco valor, debido a la libertad con la que estos sistemas se podían llevar a cabo.

Por otro lado, sí se desarrollan otros aspectos constructivos interesantes en esta normativa que merece la pena destacar. Un ejemplo claro es el que se recoge en la siguiente cita:

Otros artículos reseñables:

Art. 45.

Los sistemas y detalles de construcción son de la iniciativa de los Arquitectos o Peritos que proyecten las casas, los cuales adoptarán en cada caso los procedimientos más convenientes dentro de la economía. Esta se obtendrá empleando fábricas y entramados de sencilla construcción y aprovechando hábilmente los materiales que brinde la localidad [...]



La Cooperativa Española de Casas Baratas Pabío Iglesias

El último proyecto de la localidad llegó en 1935, aunque las primeras referencias en el municipio aparecieron ya en 1934. Su objetivo era erigir una casa bifamiliar que albergase a dos de sus socios, Teótimo Grau y Severo Echevarría, con un presupuesto 32.079,54 pesetas.

Fidel Urbina había hecho público un interesante análisis sobre el problema de la vivienda en el País Vasco y Navarra<sup>100</sup>. Estudio que colocó desgraciadamente a este municipio labri en la primera posición, con un déficit de 3.000 alojamientos<sup>101</sup>. El más elevado de todos los referenciados, señalando, además: "Éntese e irita el caso de Sestao donde las 2.000 fincas urbanas que existen las poseen entre 50 propietarios. Casi todos estos residen fuera de la localidad, de lo cual se infiere que casi ninguno de los habitantes tiene dominio sobre la propiedad urbana del pueblo. Es un pueblo alquilado por los señores."<sup>102</sup>

Fig. 5 - 23 Proyecto casa barata.

Proyecto de una casa barata bifamiliar en Sestao (Vizcaya), en el año 1935.

Como se puede observar en la imagen no existen conductos de ventilación en la vivienda, por lo que se puede deducir de la ausencia de elementos en la cubierta.

Fuente:

<https://sestao.files.wordpress.com>

Art. 38. Para conciliar la higiene, sencillez y economía, se evitará el empleo de molduras y decoraciones en el interior de las habitaciones, y se redondeará el encuentro de paramentos y techos, a fin de no crear depósitos de polvo y de microbios.

Los enlucidos interiores serán de pintura o estuco que admitan lavado, o de enlucidos fácilmente renovables, y los pavimentos de material higiénico y económico, según las localidades.

En este caso sí se especifica detalladamente cómo deben ser los interiores de las habitaciones, de tal modo que en el proceso de construcción pueda seguirse un patrón claro. No ocurre lo mismo de nuevo cuando menciona "los pavimentos de material higiénico y económico". Debería de especificarse cuáles son las características que debe cumplir un pavimento para considerarse un material higiénico.

### 5.2.2 Ley de casas baratas del año 1.922

Los cambios con respecto a la ley de casas baratas del año 1.911 son muy reducidos en cuanto a la construcción de las viviendas. En este caso, los aspectos constructivos se recogen dentro del Reglamento de aplicación de la ley de casas baratas del año 1.922, en la sección 3ª – Condiciones técnicas de la construcción.

Dentro de esta sección se desarrollan diversos apartados, en los que se determinan los aspectos constructivos de los terrenos, las casas familiares, las casas colectivas, los grupos de casas y ciudades satélites y se recogen una serie de prescripciones generales.

En el artículo número 64, dentro de las condiciones de las casas familiares, encontramos la misma cita recogida anteriormente en cuanto a los conductos de ventilación. De nuevo, y dentro del apartado Prescripciones generales; en el artículo 96, encontramos la segunda cita recogida en el apartado anterior.

## La ventilación en edificios residenciales.

En cuanto a los aspectos constructivos de los conductos de ventilación esta normativa no aporta nada nuevo en comparación con la anterior. Siguen existiendo apuntes generales que no posibilitan información suficiente para la elaboración del estudio.

### 5.2.3 La creación del instituto nacional de vivienda 1.939

---

En el desarrollo elaborado en el capítulo anterior correspondiente a la evolución de la normativa se especificó la situación de esta nueva normativa. El objetivo de esta normativa no es establecer las condiciones que deben cumplir las viviendas protegidas, sino que se estos preceptos se recogen en las ordenanzas comarcales.

El objeto del trabajo son las ordenanzas nacionales, por lo que queda para un posible desarrollo posterior, la consulta y el análisis de distintas ordenanzas autonómicas.

### 5.2.4 Viviendas Bonificables.

---

En esta normativa se busca dotar de salubridad también a las viviendas de la clase media. A pesar de ello no existen unas condiciones específicas que dictaminen como deben realizarse estas viviendas salubres.

Un conjunto de condiciones someras en cuanto a construcción, composición e instalaciones se recogen para establecer clasificaciones en grupos que permitan asociar cada tipo de vivienda a un tipo de renta máxima. Por lo tanto, esta normativa no aporta nada en cuanto a construcción de conductos de ventilación se refiere.

Sergio Mendoza Martínez



Fig. 5 - 24 Casas baratas  
"La Humanitaria"

Fotografía de casas baratas proyectadas por la cooperativa "La Humanitaria" en Sestao (Vizcaia) en el año 1926.

Fuente:  
<https://sestao.files.wordpress.com>



Orden de 22 de febrero de 1968.

Otras ordenanzas reseñables:

Ordenanza 22 bis.

En casas colectivas de hasta tres plantas siempre que no se disponga lo contrario en las Ordenanzas Municipales se permitirá la luz y ventilación cenital de las escaleras por medio de lucernarios que tengan, por lo menos, una superficie en planta de los dos tercios de la caja de escalera.

El hueco central libre deberá tener ochenta centímetros para las casas de dos plantas y noventa para las de tres.

En las casas colectivas de más de tres plantas, las escaleras tendrán necesariamente iluminación y ventilación directas a la calle o patio por medio de tantos huecos como plantas tenga el edificio, con una superficie mínima, cada uno, de un metro cuadrado.

Podrá exceptuarse la planta baja cuando esta se comercial.

### 5.2.5 Viviendas de renta limitada.

Esta normativa sufre una ampliación que es determinante para este trabajo, debido a que en ella, se incorporan las ordenanzas sobre chimeneas de ventilación.

En la primera parte nos encontramos en una situación muy parecida a la de las anteriores normativas. Se recoge en la ordenanza número 11 la presencia de los conductos de ventilación según la siguiente cita:

Ordenanza 11. Dimensiones de los patios interiores.

Los patinillos o chimeneas de ventilación necesitarán especial autorización, que solo se concederá en casos muy justificados.

Las ordenanzas comarcales establecerán las normas especiales en aquellos casos en que el clima lo aconseje.

El cambio se produce con la ampliación llevada a cabo en la Orden de 22 de febrero de 1.968 por la que se añaden dos nuevas ordenanzas sobre chimeneas de ventilación y sobre iluminación y ventilación de escaleras.

Ordenanza 17 bis. Se admiten las chimeneas de ventilación por colector general o unitario y conductos independientes, siempre que estén autorizadas por las Ordenanzas municipales de construcción y reúnan las condiciones siguientes:

- a) Un solo colector debe servir a un máximo de siete plantas.
- b) Todos los conductos (colectores e individuales), deben ser totalmente verticales (no existir ningún desvío) y ser de materiales incombustibles.
- c) La sección mínima del colector debe ser de 400 centímetros cuadrados, y la de los conductos individuales de 150 centímetros cuadrados.
- d) La longitud mínima del conducto individual desde la toma hasta su desembocadura en el colector general debe ser de dos metros.
- e) El entronque del conducto individual con el colector general debe hacerse con un ángulo menor de 45°. Debe prohibirse la salida perpendicular al eje vertical del colector.

- f) El conducto individual sólo debe servir para la ventilación de un solo local. Cuando se precise ventilar por un mismo colector dos locales de una misma planta, deberá hacerse a través de dos conductos individuales independientes.
- g) La relación entre ambos lados del colector, caso de ser de sección rectangular, así como de los conductos individuales será, como máximo, de 1 : 1,5. Se admiten también y se da preferencia a igualdad de sección, a los conductos de sección circular.
- h) La sección útil del orificio de ventilación del local deberá ser, por lo menos igual a la sección del conducto individual y, si lleva incluido un sistema de regulación por rejilla, en la posición de cierre debe quedar garantizada una abertura mínima permanente de 100 centímetros cuadrados de sección. Las rejillas deben tener sus lamas orientadas en el sentido de la circulación del aire.
- i) El orificio de ventilación del local se colocará a una altura sobre el solado de 2,20 metros como mínimo.
- j) Cada local ventilado debe estar dotado en una entrada inferior de aire de 200 centímetros cuadrados de sección como mínimo, situada a la menor altura posible.
- k) Debe prestarse especial atención a la salida exterior del colector. Esta salida se debe prolongar 0,40 metros por encima de la cumbrera o por encima de cualquier construcción situada a menos de ocho metros. En cubiertas planas o con ligera pendiente, deberá prolongarse 1,20 metros por encima de su punto de arranque al exterior. La parte superior de la chimenea de ventilación debe coronarse con un aspirador estático.
- l) Tanto el colector como los conductos individuales deberán estar debidamente protegidos térmicamente del ambiente exterior para evitar pérdidas de temperatura que dificulten el tiro correcto de la chimenea.
- m) A un mismo colector, no deberán acometer conductos individuales de ventilación y de salida de humos de combustión.
- n) Para que estos sistemas de ventilación puedan ser empleados en las viviendas de protección oficial, los fabricantes tienen que solicitar de la E. X. C. O. los oportunos ensayos y la expedición de un certificado en el que conste el signo positivo de éstos y que el material ensayado cumple con las presentes normas.

Para poder comparar mejor las diferentes configuraciones geométricas que devendrán en las siguientes normativas recogidas, he elaborado un conjunto de gráficos que representan cada de manera esquemática las determinaciones recogidas en cada uno de los puntos.

Orden de 22 de febrero de 1.968 por la que se añaden dos nuevas ordenanzas sobre chimeneas de ventilación y sobre iluminación y ventilación de escaleras.

Extractos:

La conveniencia de coordinar en la construcción de viviendas una adecuada ventilación con la economía de superficie, aconseja admitir el tipo de chimenea de ventilación por colector general o unitario y conductos independientes, siempre que se cumplan las exigencias técnicas requeridas por la investigación y experiencias constructivas.

Al mismo tiempo la insuficiente regulación que las Ordenanzas Técnicas y Normas Constructivas de 12 de julio de 1955 contienen en lo relativo a iluminación y ventilación de escaleras hace deseables establecer una norma que puntualice y concrete este extremo.

Gráfico 1:  
Corresponde con la ordenanza a).  
Representa esquemáticamente la distribución de los conductos individuales y colectores para un edificio de seis plantas y para otro de 11 plantas respectivamente.

Gráfico 2:  
Corresponde con la ordenanza b).  
Representa la obligatoriedad de la verticalidad de los conductos.

Gráfico 3:  
Corresponde con las ordenanzas c) y g).  
Representa las secciones mínimas de los colectores y conductos individuales.

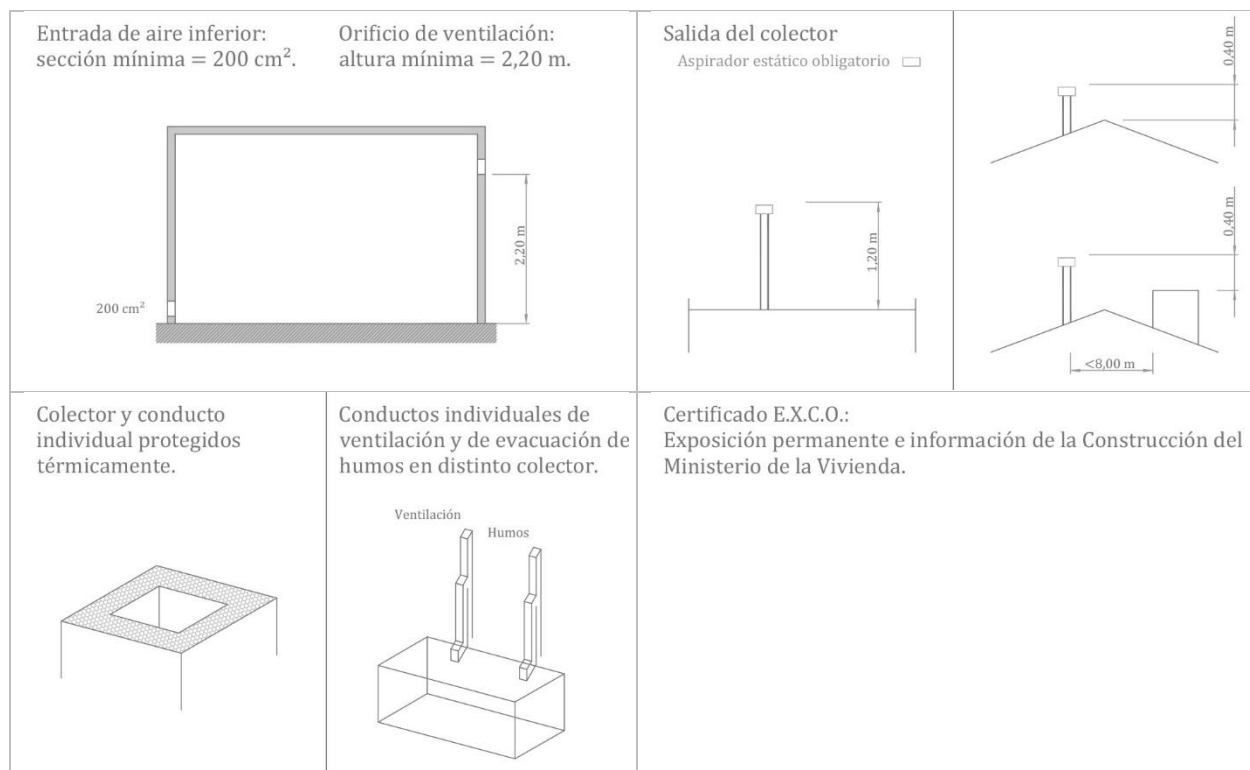
Gráfico 4:  
Corresponde con las ordenanzas d) y e).  
Representa la longitud mínima del conducto individual y su conexión con el colector.

Gráfico 5:  
Corresponde con la ordenanza f).  
Representa la configuración individual de ventilación de los locales.

Gráfico 6:  
Corresponde con la ordenanza h).  
Representa la sección útil del orificio de extracción y su abertura mínima.

Tabla gráfica con el desarrollo de los puntos especificados en la norma:

<p>Un colector máximo siete plantas.</p>	<p>Colectores y conductos individuales, verticales.</p>	
<p>Sección mínima colector: 400 cm<sup>2</sup>.</p> <p>Relación 1 - 1:1.5 (cm)</p> <p>Sección circular</p>	<p>Longitud mínima conducto individual = 2,00 m.</p>	<p>Entronque en ángulo menor a 45°.</p>
<p>Sección mínima conducto individual: 150 cm<sup>2</sup>.</p> <p>Relación 1 - 1:1.5 (cm)</p> <p>Sección circular</p>	<p>Un conducto individual por local</p> <p>La sección útil del orificio debe ser igual a la del conducto individual.</p> <p>Sección conducto individual: 150 cm<sup>2</sup></p> <p>Sección conducto individual: 150 cm<sup>2</sup></p>	<p>Abertura mínima permanente de 100 cm<sup>2</sup>.</p> <p>Sección conducto individual: 150 cm<sup>2</sup></p> <p>Posición rejillas cerradas: 100 cm<sup>2</sup></p>



De este modo se determinan por primera las características constructivas de los conductos, pero sin hacer mención todavía a los materiales empleados. Se definen geoméricamente las alturas, las secciones y distribuciones de los distintos elementos. Por primera vez se incorpora la protección térmica de los conductos para mejorar su funcionamiento. Además, se establece la especificidad de los conductos según se destinen a la evacuación de humos o a la renovación de aire.

Gráfico 7:  
Corresponde con la ordenanza i).  
Representa la altura con respecto al solado del orificio de ventilación.

Gráfico 8:  
Corresponde con la ordenanza k).  
Representa las configuraciones exteriores del colector en cubierta según se trate de cubierta inclinada o plana y de la existencia de otros objetos.

Gráfico 9:  
Corresponde con las ordenanzas l) y m).  
Representa la necesidad de aislante térmico en los conductos y la obligatoriedad de evacuación separativa de humos y ventilación.

Gráfico 10:  
Corresponde con la ordenanza n).  
Representa la obligatoriedad de un certificado expedido por la E.X.C.O.

Gráfico 1:  
Corresponde con la ordenanza c).  
Se modifica la sección mínima de los conductos individuales de 150 cm<sup>2</sup> a 180 cm<sup>2</sup>.

Gráfico 2:  
Corresponde con la ordenanza h) de la normativa anterior.  
Representa la sección útil del orificio de extracción y su abertura mínima definidas previamente.  
La abertura mínima aparentemente no se ve modificada a pesar de que se ve modificada la sección mínima del conducto.

### 5.2.6 Viviendas de protección oficial.

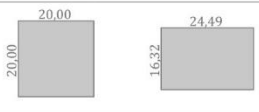







Existe una superposición en el tiempo de esta normativa con la ampliación llevada a cabo en la anterior. Este desarrollo está recogido en el capítulo correspondiente. Quiero recoger aquí simplemente que las ordenanzas en cuanto a conductos de ventilación son las mismas que las existentes en la Orden de 22 de febrero de 1.968.

Esto permanece así hasta que se publica la ORDEN 21 de febrero de 1.981 por la que se modifican las ordenanzas técnicas y las normas constructivas novena, undécima, decimotercera, decimoséptima y trigésimo cuarta, aprobadas por la Orden de 20 de mayo de 1.969. Estas modificaciones afectan a la construcción de los conductos de ventilación del siguiente modo:

Ordenanza 14<sup>a</sup>. Chimeneas de ventilación.

c) La sección mínima de los conductos individuales se aumenta de 150 centímetros cuadrados a 180 centímetros cuadrado. La sección mínima del colector sigue siendo de 400 centímetros cuadrados.

Tabla gráfica con el desarrollo de los puntos especificados en la norma:

Sección mínima colector: 400 cm <sup>2</sup> .		La sección útil del orificio debe ser igual a la del conducto individual.	Abertura mínima permanente de 100 cm <sup>2</sup> .
Relación 1 - 1:1.5 (cm)	Sección circular		
		Sección conducto individual: 150 cm <sup>2</sup>	
Sección mínima conducto individual: 180 cm <sup>2</sup> .		Sección conducto individual: 180 cm <sup>2</sup>	Posición rejillas cerradas: 100 cm <sup>2</sup>
Relación 1 - 1:1.5 (cm)	Sección circular		
			

Considerando exclusivamente los conductos de ventilación solo se modifica la sección mínima de los conductos individuales. Existe una ausencia en cuanto cómo afecta esta modificación a la abertura mínima permanente de las rejillas colocadas en dichos orificios.

### 5.2.7 Vivienda social.

Esta categoría de vivienda social tiene una presencia fugaz en el aspecto legal, debido a que se ve absorbida por la vivienda de protección oficial. El desarrollo normativo de esta categoría no es muy extenso y en cuanto a la construcción de los conductos de ventilación no hace referencia alguna. Se limita simplemente a especificar el número de renovaciones por hora de las distintas estancias, pero no define cómo se debe realizar.

### 5.2.8 Normas Tecnológicas de la Edificación.

Las Normas Tecnológicas de la Edificación suponen el punto de inflexión de cara a la consideración de la construcción de los conductos de ventilación. No es una normativa de obligado cumplimiento, sino que son documentación informativa, pero a pesar de esto fueron las normas de referencia de la época.

Existe una Norma Tecnológica de la Edificación específica para la instalaciones de ventilación, la denominada NTE-ISV/1975, "Instalaciones de salubridad: Ventilación".

En esta norma se siguen unos criterios de diseño similares a los anteriores que se ponen en comparación con las siguientes representaciones gráficas. Cabe destacar que esta NTE-ISV/1075 se acompaña de esquemas gráficos que facilitan la lectura y la interpretación de los criterios de diseño exigidos.

Diseño:

Local interior:

- Entrada de aire con rejilla de ventilación de sección no menor de 200 cm<sup>2</sup> en la puerta de acceso a local ventilado y con su borde inferior a una distancia del suelo no mayor de 10 cm.








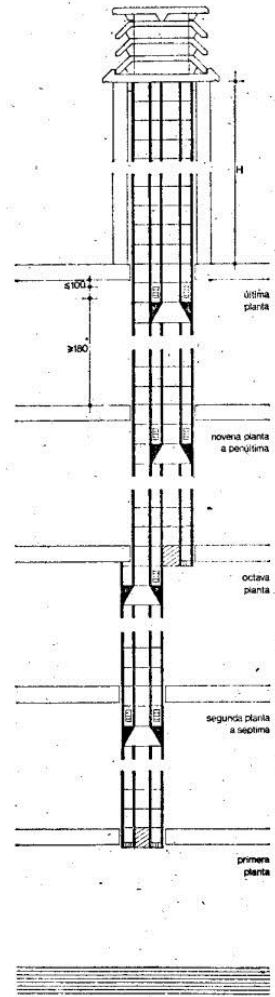
Especificación	Símbolo
<b>ISV-10</b> Conducto de piezas prefabricadas -H-Tipo	
<b>ISV-11</b> Conducto de elementos prefabricados -H-Tipo	
<b>ISV-12</b> Conducto y piezas especiales en entrada de aire -S-Tipo	
<b>ISV-13</b> Conducto en salida de aire de sala de calderas -S-H-Tipo	
<b>ISV-14</b> Conducto en salida de aire de garajes -S-H-P-Tipo	
<b>ISV-15</b> Extractor instalado -Q	
<b>ISV-16</b> Sistema de accionamiento automático -N	

Fig. 5 - 25 Representación gráfica.

Símbolos para unificar representación.



9 a 15 plantas

Fig. 5 - 26 Conducto vertical de piezas prefabricadas. Dos acometidas por planta.

Conductos de tiro forzado:

- Un solo colector debe servir a un máximo de siete plantas.
- Todos los conductos deben ser verticales.
- La longitud mínima del conducto individual, desde la toma hasta su desembocadura en el colector, deberá ser de dos metros.
- El entronque de un conducto individual con el colector debe hacerse con ángulo menor a 45°.
- Un conducto individual debe servir para ventilar un solo local.
- Los conductos verticales irán revestidos con un tabique de espesor no menor de 4 cm.

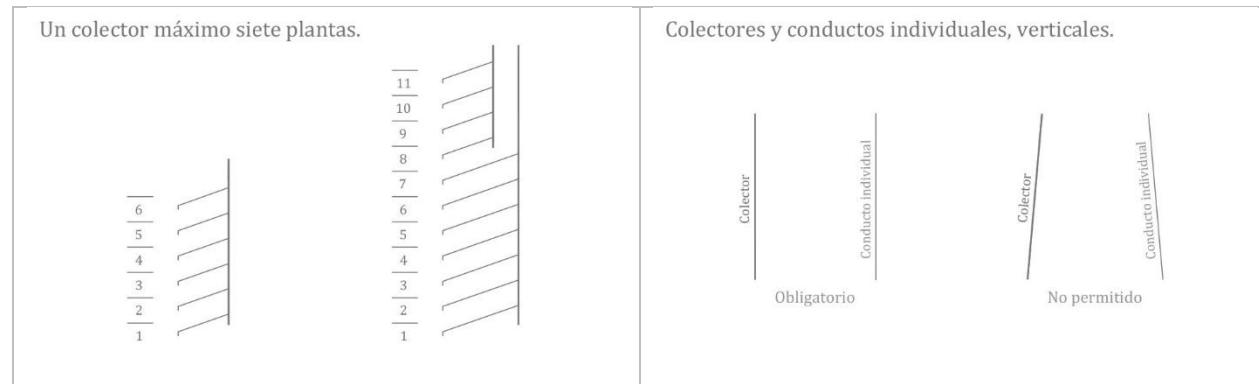
Salidas de aire:

- Las salidas de aire viciado de garajes, o de otros locales, mediante extractores, se situarán de tal manera que la distancia a la ventana más próxima no sea menor de cuatro metros. En los restantes casos, la salida de aire viciado, sin extractor, no será menor de tres metros.

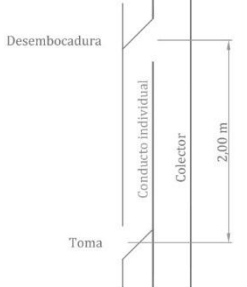
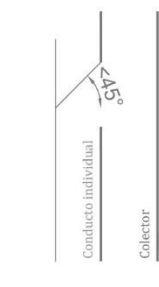
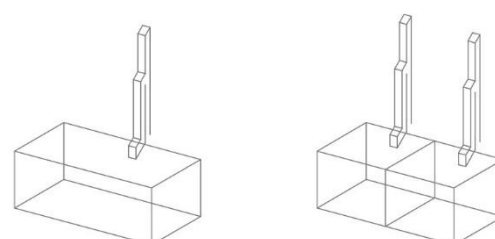
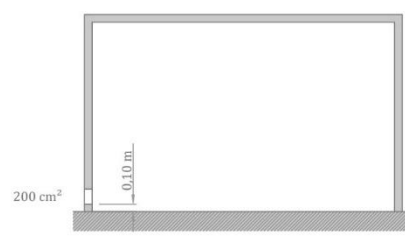
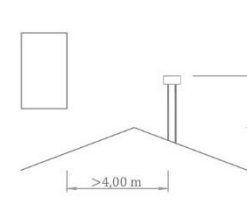
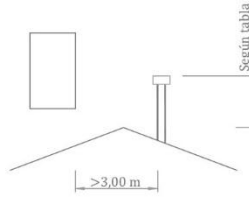
Aspirador estático:

- Dispondrá de certificado de funcionamiento obtenido mediante ensayos en laboratorio oficial.

Tabla gráfica con el desarrollo de los puntos especificados en la norma:





<p>No se definen secciones mínimas. Se realiza el cálculo según tablas.</p>	<p>Longitud mínima conducto individual = 2,00 m.</p> 	<p>Entronque en ángulo menor a 45°.</p> 
<p>Un conducto individual por local</p> 	<p>No se definen secciones mínimas. Se realiza el cálculo según tablas.</p>	
<p>Entrada de aire inferior: sección mínima = 200 cm<sup>2</sup>.</p> 	<p>Salida del colector Con extractor.</p> 	<p>Sin extractor.</p> 

- Gráfico 1:  
No se modifica.
- Gráfico 2:  
No se modifica.
- Gráfico 3:  
No se establecen secciones mínimas de colectores ni de conductos individuales de manera prescriptiva.
- Gráfico 4:  
No se modifica.
- Gráfico 5:  
No se modifica.
- Gráfico 6:  
Del mismo modo que en el gráfico 3, no se establecen secciones mínimas ni aberturas mínimas.
- Gráfico 7:  
No se establece altura mínima con respecto al solado para el orificio de extracción.
- Gráfico 8:  
Plantea distintas consideraciones.
- Gráfico 9:  
Se obliga al revestimiento de los conductos, pero no a su aislamiento térmico.
- Gráfico 10:  
Certificado solo para el aspirador estático, no para el conjunto.



**1. Especificaciones**

**ISV-1 Piezas prefabricadas-Tipo**

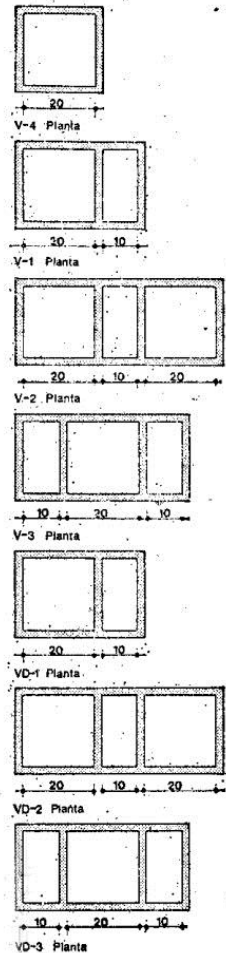
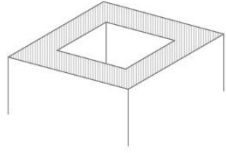
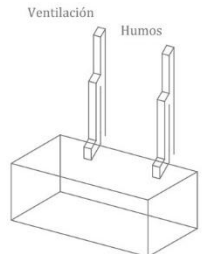


Fig. 5 - 27 ISV-1.  
Piezas prefabricadas-Tipo.  
Planta

<p>Conductos verticales revestidos con tabique, espesor &gt; 4 cm.</p> 	<p>Conductos individuales de ventilación y de evacuación de humos en distinto colector.</p> 	<p>Aspirador estático: Dispondrá de certificado de funcionamiento.</p>
---	---	--

Como se ha comentado con anterioridad, el desarrollo de los aspectos geométricos en esta normativa es muy similar al de las anteriores mencionadas. Por ser anterior en el tiempo se presenta más conservadora en algunos aspectos y no incluye la obligación de unas dimensiones mínimas de sección.

Considerando la parte correspondiente a la construcción, la cual es el objeto de este apartado, podemos destacar el desarrollo que se ha llevado a cabo en la realización de esta norma. Frente a la simple mención de cómo construir los conductos de ventilación en las primeras normas y a las condiciones de diseño de las anteriores, se establecen aquí todas las condiciones necesarias para la determinación de la construcción de los conductos de ventilación.

El apartado denominado "Construcción", de la NTE-ISV/1975 se divide en dos subapartados. El primero hacer referencia a las especificaciones de todas las piezas y de su puesta en obra. El segundo, se ocupa de las condiciones de seguridad en el trabajo específicas para la construcción de los conductos de ventilación.

Se desarrollan especificaciones de manera individual de todos los elementos que forman los conductos. Para la construcción de los conductos en sí, existen dos tipos de piezas, las denominadas ISV-1 Piezas prefabricadas-Tipo y las ISV-2 Elementos prefabricados-L-Tipo.

**Definición ISV-1:**

De forma paralelepípedica hueca.

No presentará grietas, deformaciones, roturas ni alabeos.

El peso de las piezas no será superior a 30 Kg y el espesor de sus paredes será no menor de 1 cm.

Tipo cerámica:

Exenta de caliches.

Resistencia a compresión no menor de 30 Kg/cm<sup>2</sup>

Las piezas destinadas a apoyo sobre el forjado estarán dotadas de pestañas longitudinales, en sus dos lados mayores, tal que entre ambas sean capaces de resistir una carga vertical de 300 Kg.

Tipo hormigón vibrado:

Resistencia a compresión no menor de 30 Kg/cm<sup>2</sup>. Las piezas destinadas a apoyo en el forjado estarán dotadas de pestañas longitudinales en sus dos lados mayores, tal que entre ambas sean capaces de resistir una carga vertical de 500 Kg.

Piezas de acometida y derivación necesarias para la formación de conductos verticales de tiro forzado con una y dos acometidas por planta servida.

**Definición ISV-2:**

De fibrocemento, metálico o plástico terminado en copa en uno de sus extremos y forma paralelepípedica hueca.

No presentará grietas, deformaciones, roturas ni alabeos.

La superficie interior será lisa y sin rebabas.

Dimensión L en cm.

L: 100/ 120/ 140/ 160/ 180/ 200/ 220/ 240/ 260/ 280/ 300

Existen dos diferencias fundamentales entre los dos tipos de piezas. La primera es el tipo de material. Las piezas ISV-1 son cerámicas o de hormigón, frente a las ISV-2 que son de fibrocemento, metálicas o de plástico. La segunda diferencia radica en la configuración, esto se refiere a que el tipo ISV-2 se define como elementos, es decir, cada tipo de elemento sirve de manera individual a una planta completa. Sin embargo, el tipo ISV-1 se define como pieza, el conducto de cada planta es un conjunto de piezas individuales.

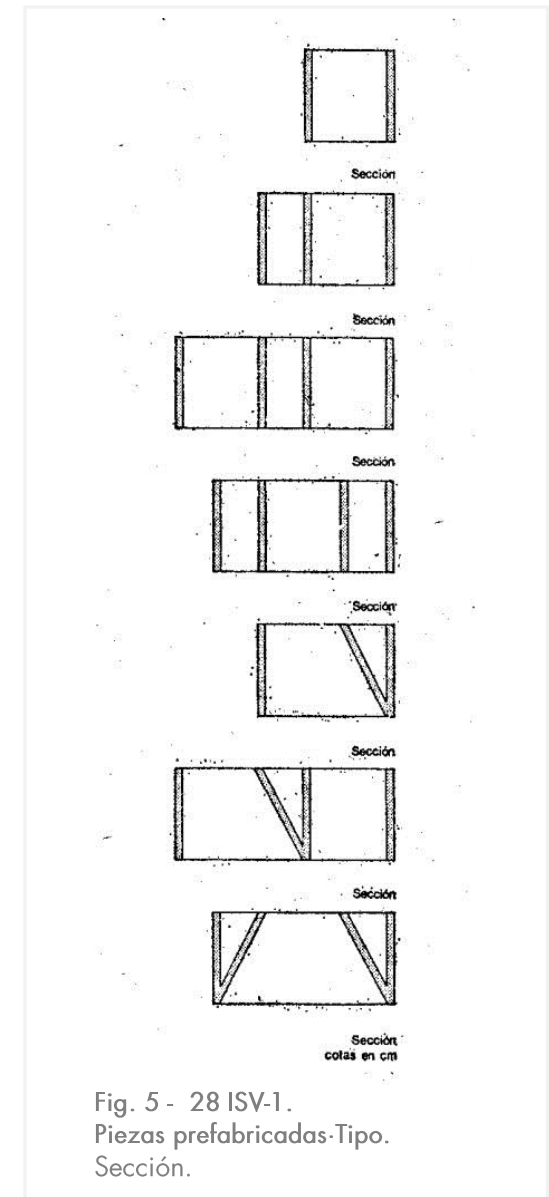
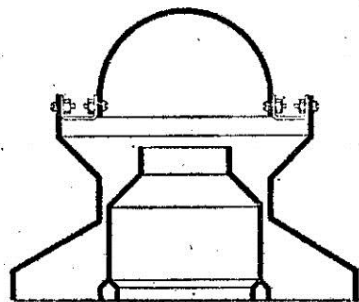
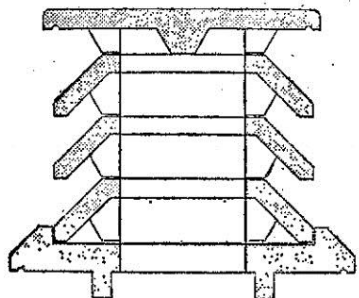


Fig. 5 - 28 ISV-1.  
Piezas prefabricadas-Tipo.  
Sección.

**ISV-9 Aspirador estático-S.Tipo**



El aspirador representado no presupone tipo

Fig. 5 - 29 Aspirador estático-S.Tipo.

Los aspiradores estáticos, definidos como ISV-9 Aspirador estático-S.Tipo, presentan un nivel de definición semejante:

**ISV-9:**

De hormigón, cerámica, fibrocemento, metálico o plástico.

Constituido por elementos dotados de hendiduras o bien formadas por estos, de tal forma que permitan crear dentro de él, la depresión necesaria para la evacuación del aire viciado. Tendrá una sección útil S no menor de 400 cm<sup>2</sup>.

Dispondrá de certificado de funcionamiento obtenido mediante ensayos de laboratorio oficial.

Cabe destacar que por primera vez se exige la necesidad de un certificado de funcionamiento.

Se desarrollan también una serie de consideraciones constructivas de los conductos como conjunto. Se presentan dos tipos, el ISV-10 y el ISV-11 como conductos de piezas prefabricadas-H.Tipo, cuya diferencia reside en la utilización de piezas prefabricadas tipo ISV-1 o ISV-2 respectivamente. Las prescripciones son las siguientes:

**ISV-10:**

ISV-1. Piezas prefabricadas.

Tipo según Documentación Técnica.

Se colocarán las piezas en forma de columna a partir del forjado de techo de la primera planta a ventilar, en el orden definido en los esquemas de Diseño.

La pieza de apoyo en el forjado estará dotada de pestaña longitudinal.

La pieza superior de acometida se colocará a la altura definida en la Documentación Técnica.

ISV-9. Aspirador estático.

Sección útil igual a la del conducto de tiro forzado, colocado sobre la catarata de ladrillo hueco doble y recibido según las indicaciones del fabricante.

**ISV-11:**

ISV-2. Elementos prefabricados.

Tipo según Documentación Técnica.

Se colocarán las piezas en forma de columna a partir del forjado de techo de la primera planta a servir.

Si es de fibrocemento se iniciará su colocación con la pieza simple que apoyará con su copa en el

## La ventilación en edificios residenciales.

forjado de techo de la planta a ventilar, en el orden y disposición definidos por la Documentación Técnica. Las piezas se unirán mediante enchufe dejando 5 mm. de holgura en la copa y se sellarán las juntas con pasta de yeso Y-12.

Las piezas metálicas se unirán mediante bridas, de tal manera que quede asegurada la estanqueidad.

ISV-9. Aspirador estático.

Sección útil igual a la del conducto de tiro forzado, colocado sobre la cítara de ladrillo hueco doble y recibido según las indicaciones del fabricante.

De este modo se define por primera vez en una normativa el proceso constructivo de los conductos de ventilación. También es la primera vez que se recogen los tipos de materiales que pueden ser utilizados y en qué condiciones.

### 5.2.9 Normas Básicas de la Edificación – NBE.

### 5.2.10 Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios.

### 5.2.11 Ley de Ordenación de la Edificación.

Estas normativas no desarrollan ningún aspecto relacionado con la construcción de los conductos de ventilación.

### 5.2.12 Código Técnico de la Edificación.

El código técnico en su apartado HS-3 Calidad del aire interior, recoge gran parte de la normativa anterior existente unificándola bajo el mismo criterio. Los aspectos de diseño, como se explicó en el capítulo correspondiente, son prácticamente idénticos a los existentes. Existen modificaciones en cuanto a la incorporación del sistema híbrido para la ventilación. Las condiciones particulares de este sistema son las siguientes:

ISV-11 Conducto de elementos prefabricados H-Tipo.

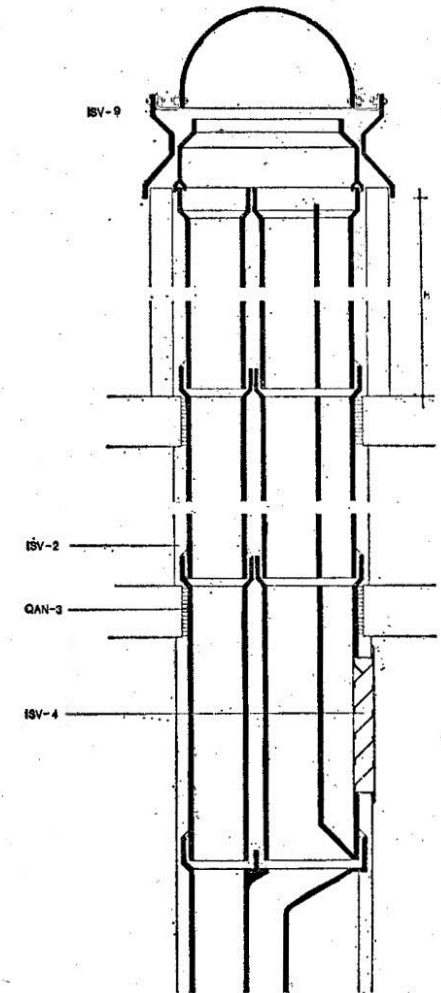


Fig. 5 - 30 Conducto de elementos prefabricados H-Tipo.

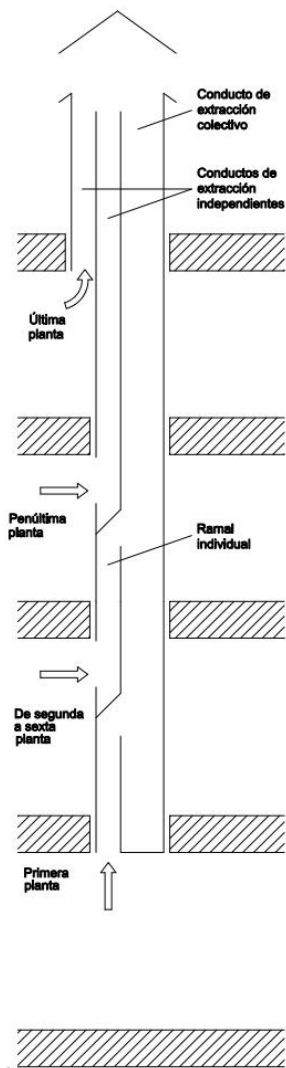


Fig. 5 - 31 Ejemplo de conducto de extracción de ventilación híbrida.

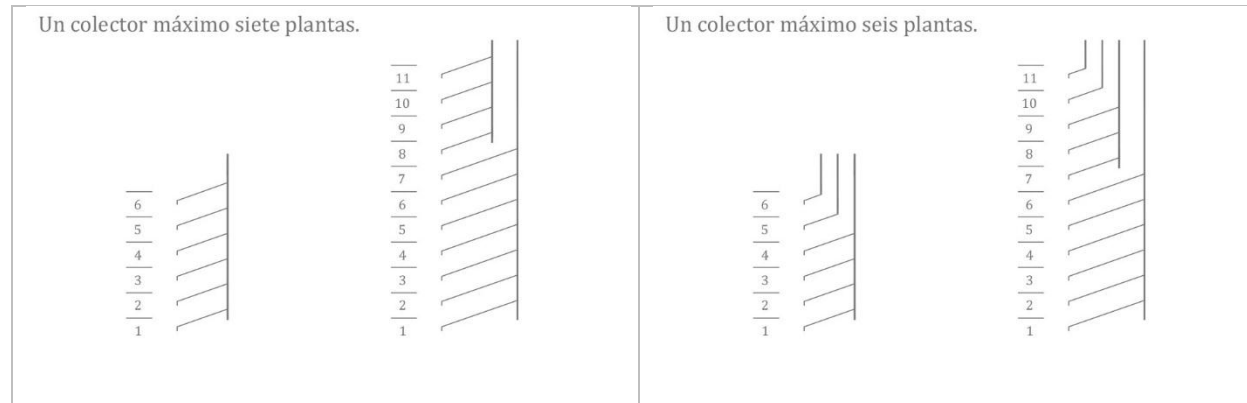
### 3.2.3. Conductos de extracción para ventilación híbrida:

1. Cada conducto de extracción debe disponer de un aspirador híbrido situado después de la última abertura de extracción en el sentido del flujo del aire.
2. Los conductos deben ser verticales.
3. Si los conductos son colectivos no deben servir a más de 6 plantas. Los conductos de las dos últimas plantas deben ser individuales. La conexión de las aberturas de extracción con los conductos colectivos debe hacerse a través de ramales verticales cada uno de los cuales debe desembocar en el conducto inmediatamente por debajo del ramal siguiente (véase el ejemplo de la figura 3.3).
4. Los conductos deben tener sección uniforme y carecer de obstáculos en todo su recorrido.
5. Los conductos que atraviesen elementos separadores de sectores de incendio deben cumplir las condiciones de resistencia a fuego del apartado 3 de la sección S11.
6. Los conductos deben tener un acabado que dificulte su ensuciamiento y deben ser practicables para su registro y limpieza en la coronación.
7. Los conductos deben ser estancos al aire para su presión de dimensionado.

Como podemos observar no existe un gran cambio en cuanto al diseño, salvo por el apartado 3, que condiciona la configuración geométrica de los conductos verticales como se recoge en la comparación de la tabla siguiente. También cabe destacar la precisión de las condiciones de todos los aspectos que afectan al diseño de los conductos.

Tabla gráfica comparativa. A la izquierda, desarrollo de los conductos en la NTE-ISV/1075; a la derecha, desarrollo de los conductos en el CTE-DB-HS-3:

En la norma NTE-ISV/1975 se permite la posibilidad de que un colector sirva a siete plantas, sin embargo, en el código técnico el máximo de plantas servidas por un colector es de seis. Además, se incorpora en este último la necesidad de que las dos últimas plantas funcionen de manera individual, para así conseguir el suficiente recorrido y poder trabajar con tiro térmico.



Del mismo modo, en el apartado constructivo se realiza un desarrollo más detallado de todas las consideraciones necesarias. Se recoge en el siguiente extracto las condiciones de ejecución de los conductos de extracción dictaminados en el CTE-DB-HS-3:

6.1.2. Conductos de extracción.

1. Debe preverse el paso de los conductos a través de los forjados y otros elementos de partición horizontal de tal forma que se ejecuten aquellos elementos necesarios para ello tales como brochales y zunchos. Los huecos de paso de los forjados deben proporcionar una holgura perimétrica de 20 mm y debe rellenarse dicha holgura con aislante térmico.
2. El tramo de conducto correspondiente a cada planta debe apoyarse sobre el forjado inferior de la misma.
3. Para conductos de extracción para ventilación híbrida, las piezas deben colocarse cuidando el aplomado, admitiéndose una desviación de la vertical de hasta 15° con transiciones suaves.
4. Deben realizarse las uniones previstas en el sistema, cuidándose la estanquidad de sus juntas.
5. Las aberturas de extracción conectadas a conductos de extracción deben taparse adecuadamente para evitar la entrada de escombros u otros objetos en los conductos hasta que se coloquen los elementos de protección correspondientes.
6. Se consideran satisfactorios los conductos de chapa ejecutados según lo especificado en la norma UNE-EN 1507:2007.

Gráfico 1:

Corresponde con la ordenanza a) de la NTE-ISV/1975.

Representa esquemáticamente la distribución de los conductos individuales y colectores para un edificio de seis plantas y para otro de 11 respectivamente.

Un colector da servicio a un máximo de siete plantas.

Gráfico 2:

Corresponde con el apartado 3.2.3.3 del CTE-DB-HS-3.

Representa esquemáticamente la distribución de los conductos individuales y colectores para un edificio de seis plantas y para otro de 11 respectivamente.

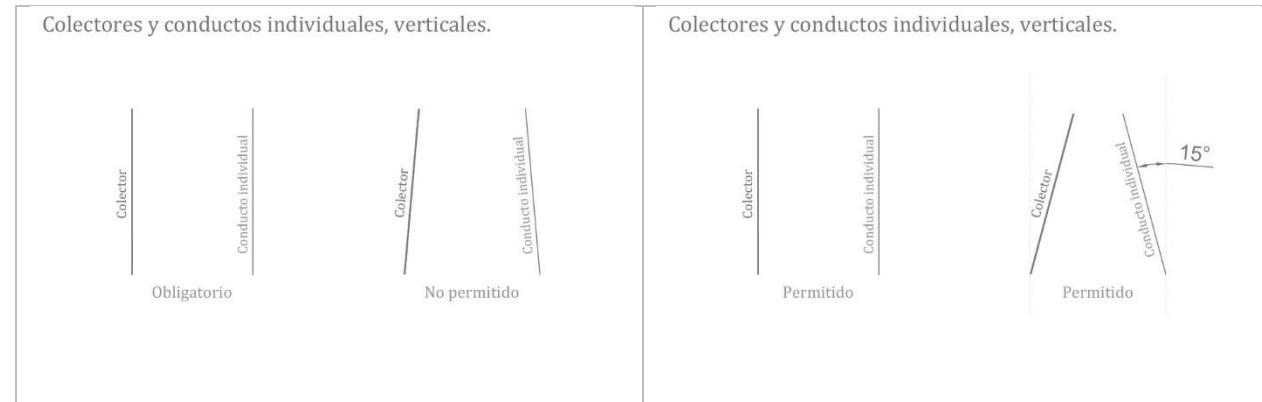
Un colector da servicio a un máximo de seis plantas.

Gráfico 1:  
Corresponde con la ordenanza a) de la NTE-ISV/1975.  
Corresponde con la ordenanza b).  
Representa la obligatoriedad de la verticalidad de los conductos.

Gráfico 2:  
Corresponde con el apartado 6.1.2.3 del CTE-DB-HS-3.  
Representa la posibilidad de una desviación vertical de 15° entre piezas cuando se realicen transiciones suaves.

En comparación con las normativas anteriores el cambio más relevante se produce en el apartado 3. En las normas anteriores se prescribe la obligatoriedad de que los conductos, tanto los individuales como los colectores, sean completamente verticales. En este caso, se permite una desviación de la vertical de hasta 15 °, siempre que sea con transiciones suaves.

Tabla gráfica comparativa. A la izquierda, verticalidad de los conductos en la NTE-ISV/1975; a la derecha, verticalidad de los conductos en el CTE-DB-HS-3:



Observamos en el extracto anterior que no se hace un hincapié en el proceso constructivo como se hizo en las normas NTE. Esto es un aspecto característico del código técnico, que recoge la siguiente cita:

#### 6.1 Ejecución.

Las obras de construcción del edificio, en relación con esta Sección, deben ejecutarse con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable, a las normas de la buena práctica constructiva y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7 de la parte I del CTE. En el pliego de condiciones deben indicarse las condiciones particulares de ejecución de los sistemas de ventilación.



De este modo quedan definidas las condiciones constructivas de los conductos de ventilación en el actual código técnico. Existen referencias a otras normas de las cuales he seleccionado la que considero más relevante de cara a este estudio.

### 5.2.13 Normas UNE.

El Código Técnico hace referencia a la norma "UNE-EN 1507:2007. Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica de sección rectangular. Requisitos de resistencia y estanquidad", para las condiciones constructivas de los conductos de chapa.

Esta norma especifica los requisitos y los métodos de ensayo usados para la resistencia y la estanquidad del aire de los conductos rectangulares. El objetivo es establecer la resistencia mecánica y la estanquidad necesarias para verificar la idoneidad del conducto instalado para el servicio previsto.

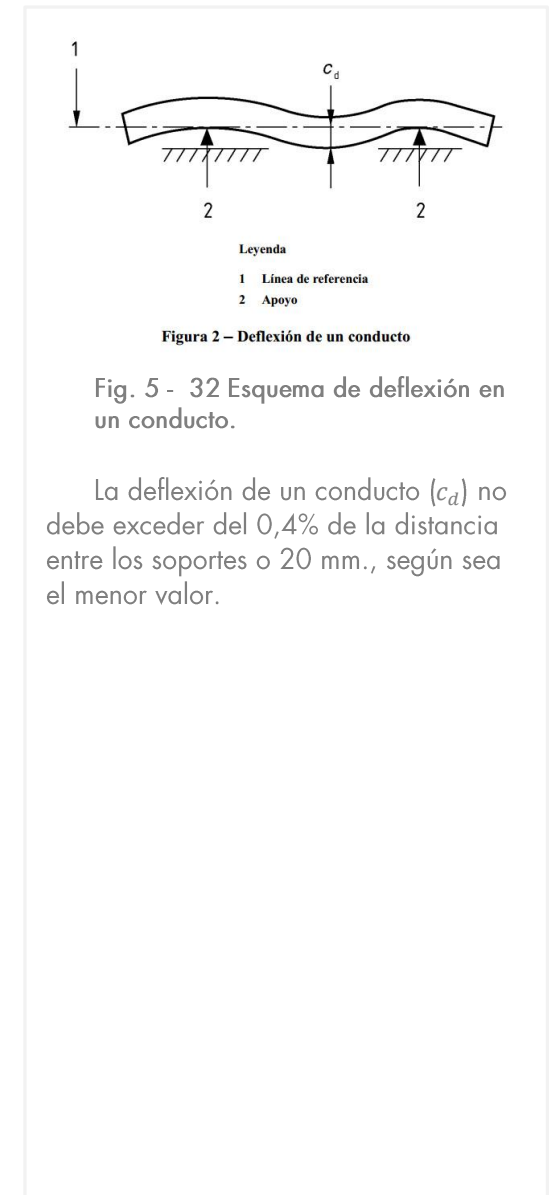
Es interesante la contemplación de esta norma de cara a este trabajo en cuanto al "qué" se controla, más que el "cómo" se hace ese control. Con esto me refiero a que es interesante saber cuáles son los requisitos que deben cumplir los conductos para su utilización en los edificios.

En este caso la norma se refiere solo a conductos rectangulares de chapa, pero los requerimientos son muy similares para otros tipos de materiales. Para no extender en exceso este capítulo, he decidido centrarme solo en el desarrollo de uno de las normas, por esta razón.

Se establecen en esta norma cinco requisitos básicos que todos los conductos deben cumplir:

#### 1. Estanquidad.

Establece las condiciones de fuga de fluidos de acuerdo a un límite de referencia. Estos requisitos se establecen tanto para presión positivas, como para presiones negativas.





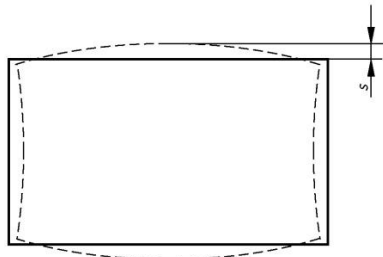


Figura 4 – Sobrepresión/depresión

Fig. 5 - 33 Esquema de sobrepresión/depresión en un conducto.

Ninguna pared del conducto sometido a ensayo conforme a la tabla 1 debe tener una sobrepresión y/o depresión superior al 3% de su anchura 30 mm., según sea el valor menor.

2. Deformación.

Cuando el conducto es sometido a una presión de referencia no debe presentar deformación alguna. Tampoco deben sufrir alteraciones el caudal de fuga ni la presión.

3. Deflexión de un conducto.

Limita la distancia existente entre un punto de referencia y el punto más bajo de la pared del conducto antes y durante el ensayo de presión estática.

4. Deflexión de una junta.

Del mismo modo que el anterior, limita la deformación experimentada por una junta con respecto a un nivel de referencia antes y durante el ensayo de presión estática.

5. Sobrepresión y/o depresión.

Las paredes exteriores del conducto deben deformarse por debajo de unos valores límite en función de un plano de referencia cuando el conducto es sometido a presiones.

Se establecen así las condiciones de construcción y o de fabricación que los conductos deben de cumplir para poder ser utilizados en obra. Estos requerimientos hacen que los conductos funcionen de manera correcta, pero su cumplimiento hace también que no se produzcan interacciones negativas entre diferentes elementos constructivos que intervienen el proceso constructivo global y el uso de los edificios.

## 5.2 CONCLUSIÓN

---

Los conductos de ventilación tienen una presencia en las arquitecturas tradicionales de muchas culturas en todo el planeta. Cada cultura aprovecha su circunstancia particular para, mediante los recursos disponibles en cada caso, generar cobijos que les permitan resguardarse de las características propias del clima de su región. Hoy, la arquitectura se ha industrializado y con ello las construcciones y métodos tradicionales se han abandonado o incluso se han perdido, en algunas ocasiones.

La construcción de los conductos de ventilación en los edificios residenciales actuales apenas se ha visto modificada desde su introducción en las normas constructivas. En un principio la construcción de los conductos era artesanal, a base de pequeñas piezas, colocadas de la mejor manera posible. Esto daba lugar a numerosas imperfecciones, fugas de aire, etc. Con la industrialización el proceso constructivo se ha simplificado pero ha seguido presentando imperfecciones difícilmente controlables.

Un aspecto, tal vez más ambicioso, de este trabajo es la consideración de estos procesos constructivos para poder reducir las imperfecciones y mejorar así, de algún modo, el funcionamiento de los conductos de ventilación.



---

# ÁMBITO EXPERIMENTAL DE ESTUDIO

---

De cara a una futura investigación se ha planteado la construcción de un conjunto de conductos verticales que permitan la realización de distintos estudios experimentales.

## Índice del capítulo

CARACTERIZACIÓN DEL ÁMBITO  
..... 160

TIPOS DE CONDUCTOS A  
ENSAYAR..... 161

INSTRUMENTAL TÉCNICO ..... 162



Fig. 6 - 1 Vista aérea del edificio de la escuela técnica superior de arquitectura de la universidad de Valladolid.

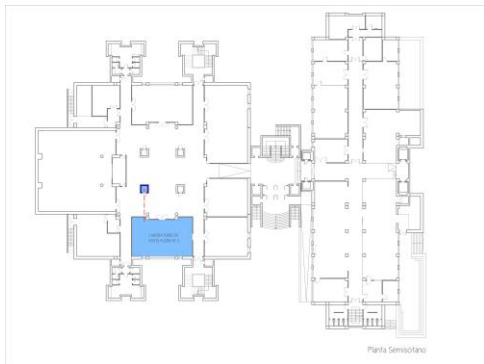


Fig. 6 - 2 Planta semisótano del edificio.

## 6 ÁMBITO EXPERIMENTAL DE ESTUDIO

El grupo de investigación reconocido (GIR) Arquitectura y energía está presente en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Valladolid desde el año 2011. Ubicado en la planta semisótano del edificio de la escuela, cuenta con un laboratorio denominado Laboratorio de ventilación HS-3. A raíz de este trabajo de investigación se plantea su crecimiento con la incorporación de un conjunto de conductos verticales para su estudio y experimentación.

### 6.1. Caracterización del ámbito.

La Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valladolid tiene su sede en la Avenida Salamanca. Un edificio proyectado en el año 1.968 por el arquitecto Antonio Fernández Alba, inicialmente planteado como sede para la delegación del Ministerio de Educación, en la plaza Poniente de Valladolid. En el año 1.980 se proyecta una ampliación con un edificio anexo. Es en esta segunda parte de la escuela en la que se centra la intervención.

Con la idea de generar un espacio con mayor libertad de organización, Fernández Alba proyecta una planta centralizada con un gran espacio abierto en el centro enmarcado por cuatro grandes pilonas de hormigón armado hecho in situ. Una de estas pilonas, la situada más al suroeste, es en la que se van a ubicar los conductos de ventilación.

Las dimensiones en planta de la pilona son de 1,80 por 1,80 m. con un espesor de pared de 0,30 m. en sus cuatro caras. Como resultado se obtiene un espacio interior de 1,20 por 1,20 m. Esta sección se eleva a lo largo de las cuatro plantas del edificio más la cubierta del mismo. Es decir, abarca la planta semisótano, la planta baja, la planta primera, la planta de biblioteca y la cubierta. El volumen interior de la pilona es único, presentando un trámex metálico a la altura de cada planta para generar los distintos niveles, a los que se accede a través de una puerta metálica. El desarrollo vertical queda narrado en la sección presente en el cuadro del margen, con una altura global de 20,55 m. y altura por planta de 4,60, 4,65, 4,25, 4,80 y 2,25 m. respectivamente.

Para adecuar esta zona al estudio es necesaria la realización de una serie de trabajos previos. En la planta semisótano, donde está ubicado el laboratorio y todo el instrumental técnico, se plantea realizar una conexión. Las sondas del laboratorio necesitan una serie de cables y de conexiones desde el punto de ensayo hasta los datalogger, o aparatos de registro de datos. Por ello, se proyecta una perforación en el muro de la piona, próxima a la puerta, con la sección necesaria para el paso de estas conexiones.

Del mismo modo, en el resto de plantas son necesarias unas perforaciones para el paso de los tubos a través del trámex. Se debe tener en cuenta la necesidad de sección que necesita el trámex para su apoyo y rigidez, lo que limita en cierta medida el diámetro y el número de conductos a instalar.

Los conductos de ventilación deben llegar al exterior en cubierta, por lo que es imprescindible perforar la cubierta de la piona para poder realizar el paso. La piona se cierra en su parte superior con una losa de hormigón revestida con una chapa grecada para su impermeabilización. Siguiendo las normas de la edificación existentes se debe considerar también la altura del conducto sobre el nivel de la cubierta, punto que debe ser objeto de estudio a lo largo de la investigación.

### 6.2. Tipos de conductos a ensayar.

Para el ensayo experimental se plantea la instalación de tres tipos de conductos de ventilación verticales. Dos conductos circulares de diámetros 250 y 120 mm respectivamente junto con un conducto rectangular de dimensiones 150 por 75 mm. De este modo se presentan dos secciones similares, la rectangular y la de menor diámetro:

$$S = 150 \cdot 75 = 112,5 \text{ mm}^2$$

$$S = \pi \cdot 60^2 = 113,04 \text{ mm}^2$$

Junto con una sección de mayor tamaño:

$$S = \pi \cdot 125^2 = 490,63 \text{ mm}^2$$

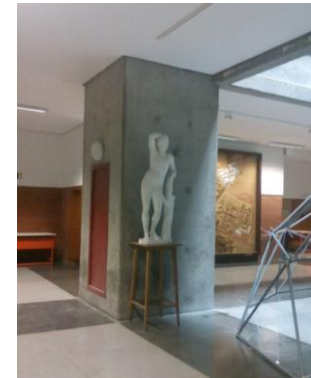


Fig. 6 - 3 Imagen del exterior de la piona.

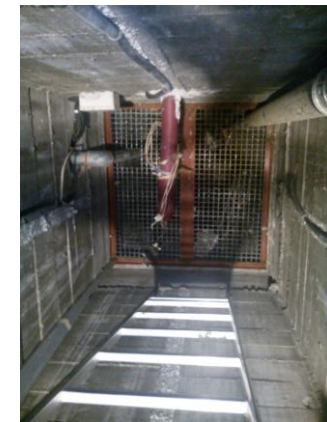


Fig. 6 - 4 Imagen del interior de la piona.

Se observa el progreso de los trabajos de adecuación de la misma. El tubo corrugado instalado permitirá el paso de las conexiones necesarias entre el laboratorio de ventilación y la instalación de los conductos.

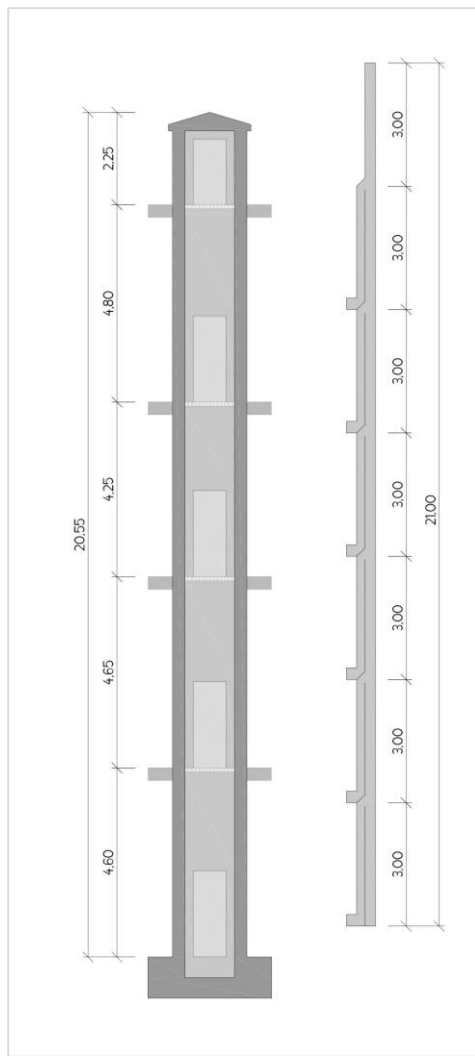


Fig. 6 - 5 Esquema en sección de la instalación.

Con la elección de estas secciones se busca poder establecer comparaciones directas entre las distintas formas de sección de los conductos presentes en los edificios residenciales existentes. Así, las dos primeras secciones se pueden comparar de manera directa para, con la tercera, extrapolar relaciones de tamaño y forma para que el estudio sea de carácter general.

En cuanto a los materiales, como se ha visto en el desarrollo del trabajo, existen diversos tipos. Para la instalación de estos conductos verticales en la escuela se ha optado por materiales plásticos, debido a su sencillez de colocación y su reducido coste. Sería interesante plantear la comparación entre los distintos materiales, pero sería necesario la instalación en paralelo de otros tres conductos para seguir el mismo proceso y poder analizarlos en las distintas situaciones de manera análoga. Debido a las limitaciones de espacio y de presupuesto, en este caso, el objeto de trabajo queda reducido al estudio de los conductos verticales de ventilación en materiales plásticos.

La instalación de los conductos es un aspecto importante de cara a los ensayos. Deben disponerse de tal forma que permitan su acceso de manera cómoda a los distintos puntos e incluso permitir modificaciones en su instalación. Por ello, se busca una distribución que posibilite esta situación y que además sea semejante a las instalaciones presentes en los edificios residenciales. La distribución de altura queda reflejada en el esquema recogido en el cuadro lateral. Una diferencia de alturas entre las tomas de 3,00 m. permite asimilar la distribución a los edificios residenciales y además, las tomas quedan accesibles en todos sus puntos.

### 6.3. Instrumental técnico.

La realización de este trabajo solo es posible gracias a contar con diverso equipamiento técnico para la medición de distintos factores relevantes en el estudio de los conductos de ventilación. El laboratorio de ventilación HS-3 de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad de Valladolid cuenta con distintos tipos de sondas, equipos de medición, etc. disponibles para el estudio.

## La ventilación en edificios residenciales.

En capítulos anteriores se han visto los factores que determinan las características de la ventilación generada en los conductos verticales. De cara al estudio experimental es necesario poder medir estos factores con precisión y con un marco temporal suficiente para, de este modo, contar con los datos necesarios para su valoración.

Equipos para la medición de las condiciones del entorno:

En los conductos de ventilación vertical las condiciones de interiores de contorno en las que se realizan los ensayos son uno de los factores más relevantes. Para su consideración se cuenta con un equipo para la medición de las condiciones del entorno. Este, se compone de sondas de presión diferencial, anemómetros de hilo caliente, sondas de confort, termopares, sonda de CO<sub>2</sub>, sonda de CO, lectores de datos y un ordenador.

Las condiciones exteriores, al igual que las interiores son determinantes en el funcionamiento de los conductos de ventilación verticales. La medición de estos factores se realiza mediante una estación meteorológica propia, ubicada en la azotea del edificio de la escuela de arquitectura. Este dispositivo se compone de termómetro, barómetro, higrómetro, pluviómetro, anemómetro y veleta.

Sistemas de medición en el interior de los conductos:

Existen numerosas sondas de medición. Cabe destacar debido a su relevancia en este estudio las siguientes:

Sondas de molinete: Permite realizar la medición de caudal.

Sondas de intrusión: Permiten realizar mediciones de las condiciones existentes en el interior de los conductos. Existen dos tipos:

Sonda de CO<sub>2</sub>.

Anemómetro de hilo caliente y bola.

Sonómetro: Permite medir las variaciones de sonido.

Sergio Mendoza Martínez



Fig. 6 - 6 Imagen de parte del instrumental técnico de control instalado en el laboratorio.



Fig. 6 - 7 Imagen de una sonda de molinete.





Fig. 6 - 8 Imagen de sonda de intrusión para la medición de temperatura.



Fig. 6 - 9 Imagen de sonda de hilo caliente para la medición de la velocidad de flujo.

Analizador de  $\text{NO}_x$ : Permite realizar la medición de la concentración de  $\text{NO}_x$ .

Analizador de  $\text{CO}_2$ : Permite realizar la medición de la concentración de  $\text{CO}_2$ .

Termómetro de inmersión: Permite realizar la medición de temperatura por inmersión.

Sondas de contacto: Permite realizar la medición de temperatura por contacto.

Sondas de bola caliente: Permite realizar la medición de la velocidad de flujo.

Sondas de hilo caliente: Permite realizar la medición de la velocidad de flujo.

La disposición de estas sondas para las mediciones debe tener en cuenta los aspectos físicos reflejados en el capítulo correspondiente de este trabajo. Por las propiedades físicas del flujo del aire en el interior de conductos, se presentan situaciones que pueden inducir a error en las mediciones si no se conocen. El ejemplo más representativo es el de la capa límite en todas sus formas. El flujo presenta un desarrollo no uniforme a lo largo del conducto y debe conocerse su distribución para su valoración. Para que las mediciones sean correctas, deben hacerse las tomas de datos en la región de flujo no afectada por las capas límite.

Equipamiento numérico CFD:

Existen programas informáticos que realizan simulaciones numéricas de los movimientos de los fluidos en cualquier entorno. Estos programas son conocidos por su término en inglés: computational fluid dynamics o CFD. En el laboratorio de ventilación HS-3 se cuenta con licencia de uso de los programas Gambit 2.4.6 y Fluent 6.3.2.6 ambos e la marca ANSYS.

La importancia de estos programas informáticos reside en la posibilidad de recrear de manera virtual la situación de los conductos verticales instalados en la escuela y realizar simulaciones. Esto permitirá establecer relaciones entre la realidad constructiva y la realidad virtual obteniendo información suficiente para extrapolar datos a otros tipos de ensayos, sin necesidad de una construcción física.

---

# CONCLUSIONES GENERALES

---

## 7 CONCLUSIONES GENERALES

---

A lo largo de este trabajo se han recorrido distintos temas que permiten plantear la posibilidad de la incorporación sistemas de ventilación naturales mediante conductos verticales en edificios residenciales.

Las propiedades de los fluidos tienen aportan una base de conocimiento estable en cuanto a la manera de comportarse los mismos. El aire, como fluido, responde a estas consideraciones generales y a una serie de ellas particulares. A lo largo del capítulo "Nociones previas" se han determinado cuáles son las propiedades que afectan de una manera más relevante al aire, como fluido de estudio en la ventilación de los edificios residenciales.

La condición de no deslizamiento se presenta como una de las condiciones de los fluidos que más debe ser tenida en cuenta. Esta propiedad hace que el fluido no se comporte de manera homogénea cuando discurre por una superficie, lo que afecta al cálculo y a las mediciones experimentales. Conocer los límites de las regiones de flujo viscosa y no viscosa es el elemento determinante en cuanto a esta consideración.

Una vez determinadas estas propiedades se ha analizado su aplicación en conductos. El comportamiento de los fluidos depende del entorno en el que se encuentren y de otro conjunto de propiedades externas a los propios fluidos. Los conductos presentan una situación muy particular, en cuanto a materiales, geometría, etc. que han sido analizadas y puestas en valor para determinar los factores de mayor relevancia en el conjunto.

La circunstancia particular de los conductos de ventilación verticales en edificios residenciales hace que nos limitemos a unas situaciones determinadas. En la mayor parte de los casos el aire se encontrará en un régimen de flujo laminar, lo que va a condicionar de una manera propia los valores de velocidad y temperatura promedio. Del mismo modo, la situación de la región de entrada y de salida, junto con el desarrollo del flujo en el interior del conducto estarán determinadas por la condición del tipo de régimen de flujo.

Diversos autores han tratado el tema de la ventilación y la aplicación de los conductos en la misma. Existen ideas generales compartidas por la mayoría de los autores, sobre todo en cuanto a la consideración del tiro térmico. Las diferencias fundamentales se muestran en cuanto a la consideración del factor viento. El factor tiro térmico es un factor más fácilmente medible en cuanto a que las variaciones de los condicionantes son más lentas que las presentes en la consideración del viento.

A pesar de la existencia de distintos estudios y de distintas teorías, no existe un criterio general establecido que permita la consideración de ambos factores al mismo tiempo. Del mismo modo, ninguno de los autores ha desarrollado el estudio de los conductos de ventilación verticales con más de una entrada, como es el caso habitual en edificios residenciales.

De cara a plantear la incorporación, en la normativa de construcción actual, de un sistema de ventilación natural a través de conductos verticales se ha elaborado el estudio de la evolución de la normativa en cuanto a las consideraciones de ventilación desde su origen hasta la actualidad. En un origen se planteó la ventilación mediante sencillos sistemas naturales hasta que en los últimos años, con el objetivo de garantizar un caudal de ventilación constante, se incorporaron sistemas mecánicos.

A través del conocimiento de las propiedades físicas de los fluidos y de las ecuaciones que rigen sus movimientos se puede plantear un sistema de ventilación natural que garantice un caudal de ventilación constante sin necesidad de la utilización de máquinas. Para ello es necesario establecer las situaciones particulares de las zonas en las que se ubiquen los edificios para poder determinar los factores que permiten garantizar ese caudal constante.

Una situación semejante ocurre con los procesos constructivos de los conductos. Se ha elaborado una lista de construcciones históricas que con pocos medios garantizan unas condiciones de ventilación idóneas para el uso al que se destinan. Aprendiendo de las tradiciones locales se pueden mejorar las condiciones generales de los conductos de ventilación actuales.

Con el proceso de industrialización sufrido por todas las etapas del proceso constructivo se han llegado a unos estándares de calidad de los conductos. Existen unos factores determinantes como son la estanquidad y la resistencia que establecen las condiciones más generales para la construcción de los conductos. Respetando estas condiciones existen multitud de posibilidades que permitan modificar los aspectos constructivos para implementar el funcionamiento del conjunto.

De este modo, quedan planteadas las bases para la búsqueda de un sistema natural que permita garantizar la ventilación de los edificios residenciales. El objetivo de seguir mejorando la eficiencia de los edificios y la búsqueda de un consumo nulo en los mismos nos obliga a seguir incorporando sistemas naturales que garanticen los estándares de confort de los que disponemos hoy en día.

---

# *BIBLIOGRAFÍA*

---

## 8 BIBLIOGRAFÍA

---

### 8.1. Bibliografía general.

---

VITRUVIO, M. L. *Los diez libros de arquitectura*, Iberia, Barcelona 2007.

PATTE, Pierre. *Memòries sur les objets les plus importants de l'architecture*, París, 1769.

CHADWICK, Edwin. *Report on the sanitary condition of the labouring population of Great*, 1842.

RICHARDSON, B. W. *Hygeia, a city of health*. 1875.

ROBERTS. Henry. *L'essentien d'une habitation salubre*. Dwelling for the working classes, 1.867.

ALCAIDE GONZÁLEZ, Rafael. "La introducción y el desarrollo del higienismo en España durante el siglo XIX. Precursores, continuadores y marco legal de un proyecto científico y social". *Scripta Nova*, nº50, 15 de octubre de 1999.

MONLAU, Pedro F. *Abajo las murallas!!!*. Barcelona, 1841.

CASTRILLO, M. Ángeles. *Influencias europeas sobre la "Ley de casas baratas" de 1911: el referente de la "Loi des habitations à bon marché"*. Madrid : Instituto Juan de Herrera, 2003.

DÍEZ-PASTOR IRIBIAS, M<sup>a</sup> Concepción. "La vivienda mínima en España: primer paso del debate sobre la viviendas social". *Scripta Nova*, Vol VII, núm. 146 (023), 1 de agosto de 2003.

VV.AA. *Francisco Javier Sáenz de Oíza*. Pronaos, Madrid, 1996.

VV.AA. *Los apuntes de salubridad e higiene de Francisco Javier Sáenz de Oíza*. Madrid, 2.010.

CASTRILLO ROMÓN, María. "Influencias europeas sobre la "Ley de casas baratas" de 1911: el referente de la "Loi des habitations à Bon Marché" de 1894". *Cuadernos de investigación urbanística*, n° 36, año 2003.

## 8.2. Bibliografía específica.

---

*2013 ASHRAE Handbook: Fundamentals*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, Georgia, 2013.

AWBI, Hazim. *Ventilation of buildings*, Taylor & Francis, Londres, 2003.

ETHERIDGE, David y SANDBERG, Mats. *Building ventilation: theory and measurement*, John Wiley & Sons, Chichester, 1996.

ARIZMENDI, Luis Jesús. *Cálculo y normativa básica de las instalaciones en los edificios*, Eunsa, Pamplona, 1985.

ÇENGEL, Yunus y GHAJAR, Afshin. *Transferencia de calor y masa: fundamentos y aplicaciones*, McGraw Hill, México D. F., 2011.

*TECTÓNICA*, número 35, Año 2011.



### 8.3. Normativa.

---

LEY del 12 de junio de 1911 relativa a construcción de casas baratas y reglamento para su aplicación.

Ley de 12 de junio de 1911 relativa a construcción de casas baratas: con las modificaciones y aclaraciones introducidas por las leyes de 29 de diciembre de 1914 y 4 de enero de 1917. Reglamento para su aplicación de 1912.

Anteproyecto de reforma de la Ley de 12 de junio de 1911. Madrid, 24 de febrero de 1921.

LEY de 10 de diciembre de 1921 relativa a Construcción de casas baratas y reglamento para su aplicación.

LEY de 19 de abril de 1939. Régimen de protección a la vivienda y creando el Instituto Nacional de la Vivienda.

DECRETO del 8 de septiembre de 1939 aprobando el reglamento para la aplicación de la Ley de 19 de abril de 1939 de protección a la vivienda de renta reducida.

LEY de 7 de agosto de 1941 de Viviendas Protegidas por la que se modifican los artículos 14 y 82 de la Ley de 19 de abril de 1939 y su Reglamento de 8 de septiembre del mismo año.

LEY de 25 de noviembre de 1944 sobre reducción de contribuciones e impuesto en la construcción de casas de renta para la denominada "clase media".

DECRETO-LEY de 19 de noviembre de 1948 por el que se modifica la Ley de 25 de noviembre de 1944 sobre viviendas bonificadas.

LEY de 15 de julio de 1954 Sobre viviendas de renta limitada.

DECRETO de 24 de junio de 1955 por el que se aprueba el Reglamento para la aplicación de la Ley de 15 de julio de 1954 sobre protección de viviendas de renta limitada.

ORDEN de 12 de julio de 1955 por la que se aprueba el texto de las Ordenanzas técnicas y normas constructivas para “viviendas de renta limitada”.

DECRETO 2131/1963. De 24 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la legislación sobre viviendas de protección estatal.

DECRETO 2114/1968, de 24 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la aplicación de la Ley sobre Viviendas de Protección Oficial, texto refundido aprobado por Decretos 2131/1963, de 24 de julio, y 3964/1964, de 3 de Diciembre.

ORDEN de 20 de mayo de 1969 por la que se aprueba la adaptación de las ordenanzas-técnicas y normas constructivas, aprobadas por Órdenes de 12 de julio de 1955 y 22 de febrero de 1968, al texto refundido y revisado de la Legislación de Viviendas de Protección Oficial y su Reglamento.

DECRETO 3565/1972, de 23 de diciembre, por el que se establecen las normas tecnológicas de la edificación NTE.

ORDEN de 1 de julio de 1974 por que se aprueba la Norma Tecnológica de la Edificación NTE-ISH/1974, “Instalaciones de salubridad: Humos y gases”.

ORDEN de 27 de septiembre de 1974 por la que se desarrolla el Decreto 3565/1972, de 23 de diciembre, sobre Normas Tecnológicas de la Edificación.

ORDEN de 2 de julio de 1975 por la que se aprueba la Norma Tecnológica de la Edificación NTE-ISV/1975, “Instalaciones de salubridad: Ventilación”.

REAL DECRETO-LEY 12/1976, de 30 de julio, sobre inversión en vivienda.

REAL DECRETO 2278/1976, de 16 de septiembre, por el que se desarrolla el Real Decreto-ley 12/1976, de 30 de julio, sobre inversión en vivienda.

REAL DECRETO 2960/1976, de 12 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Legislación de Viviendas de Protección Oficial.

ORDEN de 24 de noviembre de 1976 por la que se aprueban las Normas Técnicas de Diseño y Calidad de las viviendas sociales.

ORDEN de 17 de mayo de 1977 por la que se revisan determinadas Normas de Diseño y Calidad de las Viviendas sociales.

REAL DECRETO 1050/1977 de 10 de junio, sobre Normativa de la Edificación.

ORDEN de 28 de julio de 1977 por la que se desarrolla el Real Decreto 1650/1977, de 10 de junio, sobre Normativa de la Edificación.

REAL DECRETO-LEY 51/1978, de 31 de octubre, sobre política de viviendas de protección oficial.

REAL DECRETO 3148/1978, de 10 de noviembre, por el que se desarrolla el Real Decreto-ley 31/1978, de 31 de octubre sobre Política de Vivienda.

ORDEN 21 de febrero de 1981 por la que se modifican las ordenanzas técnicas y normas constructivas novena, undécima, decimotercera, decimoséptima y trigésimo cuarta, aprobadas por Orden de 20 de mayo de 1969.

REAL DECRETO 1751/1998, de 31 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE) y se crea la Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios.

LEY 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.

REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación

Suplemento del BOE número 74, de martes 28 de marzo de 2006.

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

Texto modificado por RD 1371/2007, de 19 de octubre (BOE 23/10/2007) y corrección de errores (BOE 25/01/2008)

Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, por la que se modifican determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación, entre los que se encuentra el DB-HS.

Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.

#### 8.4. Normas UNE.

---

UNE-CEN/TR 14788 IN:2007. Ventilación de edificios. Diseño y dimensionado de los sistemas de ventilación en viviendas.

UNE-EN 1507:2007. Ventilación de edificios. Conductos de aire de chapa metálica de sección rectangular. Requisitos de resistencia y estanquidad.

UNE-EN 13084-1:2008. Chimeneas autoportantes. Parte 1: Requisitos generales.

UNE 123003:2011. Cálculo, diseño e instalación de chimeneas autoportantes.

UNE 123001:2012. Cálculo, diseño e instalación de chimeneas modulares.

## 8.5. Páginas web.

---

<http://repositoriodocumental.empleo.gob.es>

<https://sede.fomento.gob.es>

<http://www.boe.es>

<http://www.codigotecnico.org/web/cte/historia/>

<http://www.miliarium.com>

<http://www.grupovitruvio.org>

<http://www.aenor.es>