

# URBANIZACIÓN Y VIVIENDA

## VENTILACIÓN DE LA VIVIENDA

Por GERMAN VALENTIN, arquitecto.

La ventilación es quizá de todos los servicios necesarios en un edificio el que menos se prevé en los proyectos y el que más se descuida en la realización, confiándose todo a la buena voluntad del ocupante, que abrirá las ventanas cuando las malas condiciones del aire hayan rebasado con mucho los límites prudentes. Bien es verdad que casi todas las Ordenanzas, absurdas y anticuadas, hoy en vigor, no exigen nada en cuanto a ventilación, y por otra parte permiten construir patios de 8 metros cuadrados en edificios de 25 de altura, en los que si se abre una ventana para ventilar la habitación, todo lo más que se logra es que entre en ella el aire viciado que sale de las inmediatas.

La falta de zonas verdes y plazas en el interior de la mayor parte de nuestras ciudades, Madrid una de ellas, y la excesiva altura con que se ha permitido construir en sus ensanches, junto con el número cada día mayor de vehículos y hogares, que impurifican su atmósfera, hace que el aire que tomamos de la calle para ventilar las viviendas no tenga la necesaria pureza. El haciamiento de los edificios reduce la acción del viento y suprime el agente natural más importante en la ventilación.

Por lo tanto, en nuestro estudio no hemos de referirnos a viviendas y disposiciones urbanísticas de este tipo anacrónico y liberal, sino a viviendas aisladas en fila o en bloque de no más de dos crujías de espesor, o a lo sumo con redientes que permiten buena aireación de los espacios libres y calles y buen soleamiento, factores indispensables en la vivienda, sobre el que no hemos de insistir aquí.

Consideramos que estas viviendas estarán situadas, con moderno y humano criterio urbanístico, en zonas residenciales con amplios espacios verdes y aisladas de las vías de gran circulación y zonas industriales por zonas o barreras de ve-

getación, a fin de asegurar lo más posible la ausencia en su ambiente de gases tóxicos, humos, olores y polvo.

A continuación damos una idea del acondicionamiento del aire como concepto moderno de la ventilación, de los standard o condiciones tipo que ha de reunir una atmósfera fisiológicamente perfecta, y pasaremos después a estudiar los medios naturales de ventilación, su control y cálculo.

\* \* \*

La idea de ventilación como renovación o cambio por medios mecánicos o naturales del aire viciado de un espacio por aire tomado del exterior, en la que sólo se cuenta la cantidad de aire que se proporciona a un local, sin mirar su calidad, ha sido hoy reemplazada por la mucho más compleja y completa de acondicionamiento del aire, que tiene en cuenta, además de la cantidad, sus condiciones de temperatura, humedad, movimiento y pureza. Esta idea es lo bastante extensa para abarcar cualquiera otros nuevos factores que se juzguen necesarios para conseguir una atmósfera fisiológicamente perfecta.

En locales donde la única causa de viciación son los ocupantes, el aire experimenta una reducción de su contenido de oxígeno y un aumento en el anhídrido carbónico, materia orgánica desprendida por la boca, piel y vestidos, se percibe en forma de olores; el calor irradiado por el organismo produce un aumento de la temperatura del aire, y la humedad también aumenta por la desprendida por la piel y pulmones. Asimismo se observa una marcada disminución de los iones positivos y negativos, factor que, aunque poco estudiado, es el que se cree le quita ese efecto estimulante que tiene el aire del campo y falta en el de las habitaciones ocupadas.

Contra lo que se ha creído hasta ahora, los cambios en el contenido de oxígeno de aire no

producen efecto fisiológico apreciable, ya que hay siempre oxígeno de sobra, aun en las peores condiciones. Tampoco influye la proporción de anhídrido carbónico que se ha tomado frecuentemente en los trabajos de ventilación como índice de viciación del aire, pero la información que ofrece rara vez justifica el trabajo de su observación. Lo que realmente produce efectos fisiológicos perjudiciales, es la presencia en el aire viciado de olores y materia orgánica desprendidos por el cuerpo humano. La mala calidad del aire produce como reacción del organismo una disminución del volumen de aire respirado, que trae consigo, entre otros factores menos perceptibles, pérdida del apetito, pereza para la actividad física y dolor de cabeza. La continua emi-

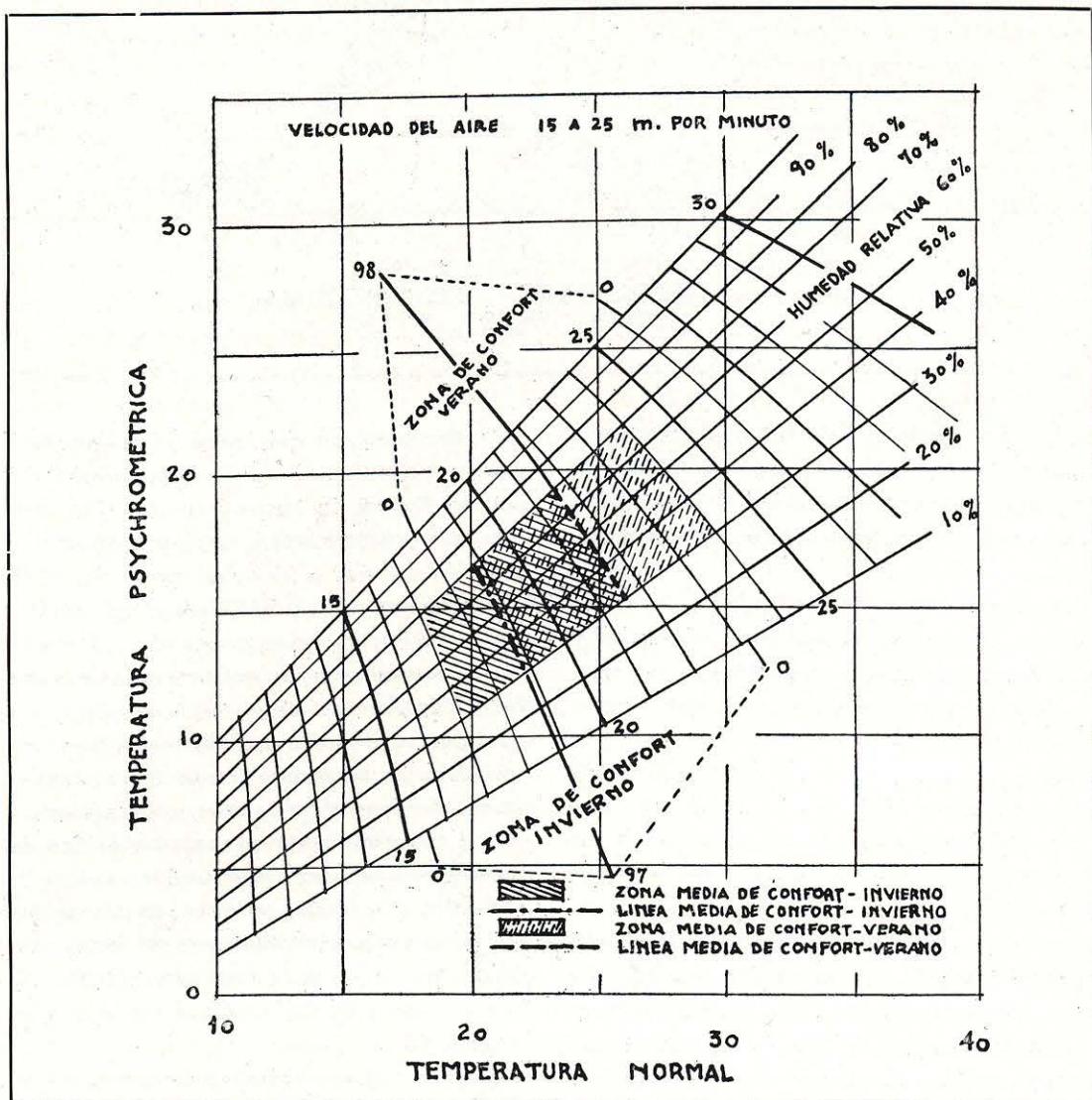
sión de bacterias patógenas por las personas infectadas y su presencia en el aire, es la principal causa de la propagación de enfermedades en los locales cerrados.

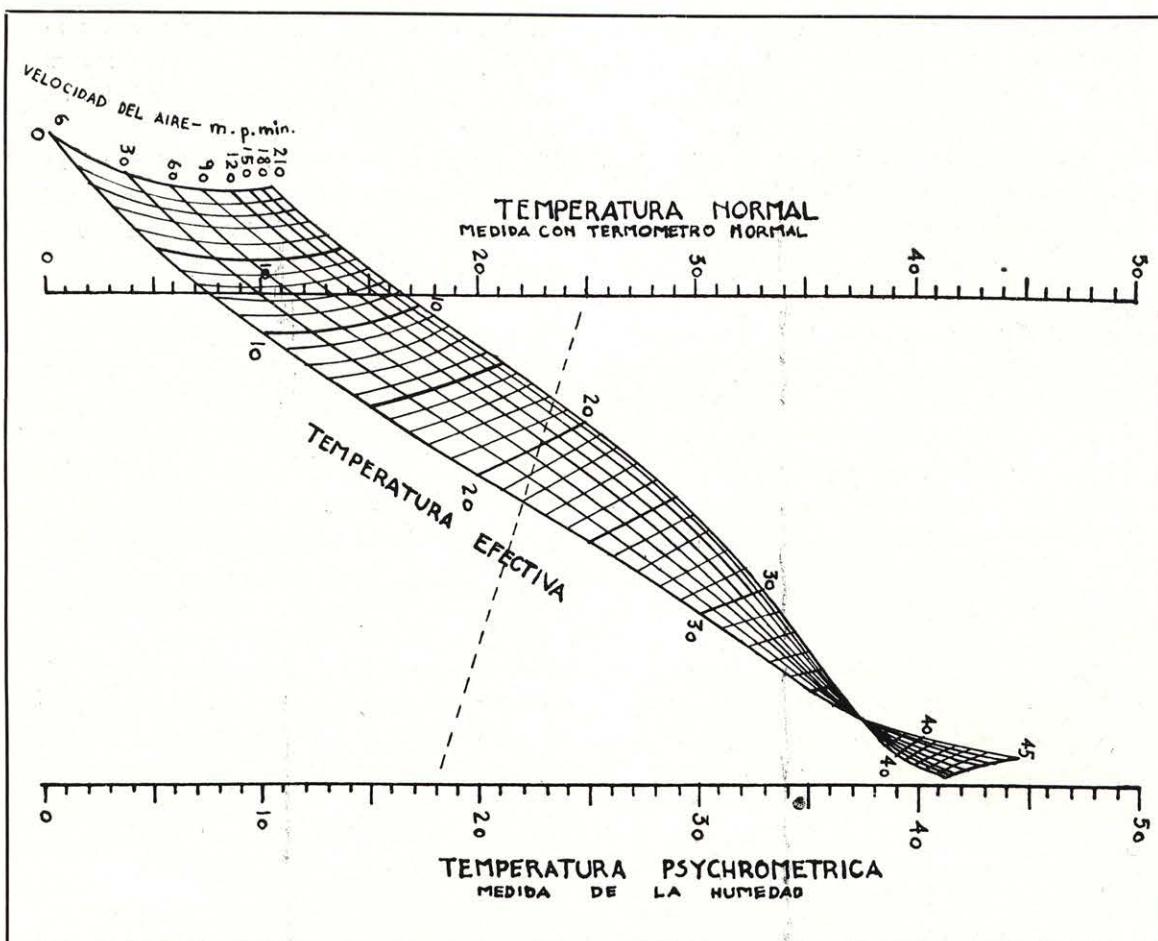
Estas razones, por sí solas, son suficientes para justificar la necesidad del acondicionamiento del aire en toda clase de locales destinados a su ocupación por personas.

\* \* \*

El acondicionamiento del aire, que podríamos llamar ventilación integral, abarca la consideración de los siguientes puntos: 1º Temperatura. 2º Humedad. 3º Movimiento. 4º Distribución. 5º Cantidad; y 6º Calidad del aire.

Los tres primeros factores, Temperatura, Hume-





dad y Movimiento del aire, considerados simultáneamente, son los que principalmente determinan la sensación de comodidad o incomodidad que se experimenta en una determinada atmósfera.

Se llaman "Condiciones Termo-equivalentes" aquellas condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire que producen el mismo efecto de confort y determinan los mismos efectos fisiológicos.

A la gradación o escala de combinaciones de temperatura, humedad y movimiento del aire que producen diferentes grado de confort, se le ha dado el nombre de escala o índice de "temperatura efectiva". Esta es, por lo tanto, no una temperatura, sino un índice arbitrario del grado de calor o frío experimentado por el cuerpo humano ante determinadas condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire y combina las lecturas de estos factores en una sola cifra.

El valor numérico del índice de temperatura efectiva para una determinada condición del aire, se fija por la temperatura del aire saturado, que prácticamente en reposo produce una sensación de calor o frío igual que la de aquél.

La American Society of Heating and Ventilating Engineers, de acuerdo con el U. S. Public Health Service y otras entidades de carácter similar, después de observaciones hechas con individuos sometidos a variadas condiciones atmosféricas, ha compuesto una escala de temperaturas efectivas y condiciones termo-equivalentes, así como una carta de confort o gráfico de temperaturas efectivas (que aquí reproducimos traducidas a unidades métricas), dentro de las que se sienten confortables un tanto por ciento elevado de las personas ensayadas, estableciéndose una zona de confort de verano y otra de invierno.

Asimismo se han establecido Standards o con-

diciones tipo para el aire de todo local acondicionado, que son las siguientes:

**TEMPERATURA Y HUMEDAD.**—La humedad relativa no será menor del 30 por 100 ni mayor del 60. La "temperatura efectiva" estará comprendida entre 20,5 y 27° en verano, y entre 17,7 a 20,5° en invierno. Esta temperatura se medirá a un metro sobre el piso.

**MOVIMIENTO DEL AIRE.**—El aire debe estar en continuo movimiento para mantener distribución uniforme de la humedad y temperatura, pero no tanto que produzca corrientes molestas. Esta velocidad límite es de 15 metros por minuto, medida a un metro sobre el suelo.

**DISTRIBUCION DEL AIRE.**—Será distribuido con razonable uniformidad, y las variaciones de su contenido de CO<sub>2</sub> se tomarán como índice de esta distribución. En los locales cuya única causa de viciación es el ocupante, la variación de su contenido de CO<sub>2</sub> de unos lugares a otros no será mayor de 1/10.000, medida a un metro sobre el suelo.

**CANTIDAD DE AIRE.**—La cantidad de aire usado para ventilar un local será siempre suficiente para mantener en él los Standards de temperatura, humedad, calidad, movimiento y distribución enumerados. Nunca será menor de 0,28 metros cúbicos por ocupante y minuto de aire tomado del exterior.

**CALIDAD DEL AIRE.**—Estará siempre libre de gases tóxicos, insanos o desagradables y también de humos, olores y polvo. Además reunirá todas las condiciones exigidas por los demás Standards.

Estos Standards, admitidos hoy para todos los trabajos de acondicionamiento del aire, son los que hemos de tomar como condiciones ideales para ventilación de la vivienda. Desgraciadamente, por ahora, el coste de instalación y funcionamiento de los aparatos de acondicionamiento de aire aun para pequeñas instalaciones, hace prohibitivo su empleo en viviendas, sobre todo en las de tipo económico, cuyo estudio es el que más nos interesa.

Por economía hemos de recurrir a los medios o fuerzas naturales de movimiento del aire y controlarlas en forma que, en combinación con los medios económicos y simples de calefacción ahora en uso, consigamos para cada habitación

una atmósfera de condiciones lo más aproximada posible a las ideales antes enunciadas.

En verano, a falta de medios de refrigeración, se recurrirá a la inercia calorífica del edificio como medio de defensa y se protegerán con toldos y persianas los huecos que siempre son los puntos de menos aislamiento térmico.

\* \* \*

En las habitaciones cuya única causa de viciación son los ocupantes, la cantidad de aire a renovar habrá de calcularse a base de 0,28 metros cúbicos por ocupante y minuto. Es frecuente calcularlo en un número de veces, el volumen del local por hora, procedimiento poco racional, ya que no tiene en cuenta el número de ocupantes.

Las cocinas y servicios son los locales que más energética ventilación requieren, sobre todo las primeras. Rietschel da para cocinas de diez a cuarenta veces el volumen por hora, y en servicios cinco veces por hora. En aquéllas disponiendo una campana y conducto de aspiración o salida directamente sobre el hornillo, donde se producen los gases y olores; se pueden eliminar éstos sin una renovación tan energética como la indicada, y creemos suficiente la renovación de 80 metros cúbicos por hora y 50 metros cúbicos en los servicios. Fuera de las horas de funcionamiento las cocinas requieren menos ventilación, pero siempre más que las habitaciones de vivir y dormir, por la presencia de alimentos sin preparar o residuos que siempre producen olores.

En las habitaciones donde haya enfermos se recomienda más energética ventilación.

\* \* \*

Las fuerzas naturales que motivan el movimiento del aire en un edificio son el efecto del viento y la diferencia de temperatura del aire interior al exterior. La disposición de las aberturas de ventilación debe ser tal, que las dos fuerzas actúen en comparación y no en oposición.

La magnitud de estas fuerzas es variable y está fuera de nuestro control. Sin embargo, sus efectos sobre el aire de un local pueden ser graduados, según el tamaño y distribución en él, de las aberturas de ventilación.

Es posible determinar con suficiente exactitud el movimiento del aire en un edificio para determinadas condiciones de viento y diferencia de temperatura y proyectar las aberturas necesarias para el paso del volumen de aire que se desee.

El procedimiento a seguir consiste en:

1º Cálculo de la corriente de aire producida por la diferencia de temperatura.

2º Cálculo de la corriente debida a la acción del viento.

3º Determinación del efecto combinado de las dos corrientes.

**CORRIENTE PRODUCIDA POR DIFERENCIA DE TEMPERATURA.**—Los factores que influyen el volumen de aire movido por diferencia de temperatura son:

- A) La distancia vertical entre las aberturas de entrada y la de salida.
- B) Área de estas aberturas.
- C) Diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del local.

Conociendo la diferencia de temperatura que ha de mantenerse y la distancia vertical entre la entrada y salida, la corriente por metro cuadrado de abertura se determina por la siguiente fórmula:

$$(1) \quad V = 0,66 \sqrt{H(t - t_0)}$$

Siendo  $V$  = corriente en metros cúbicos por metro cuadrado de abertura.

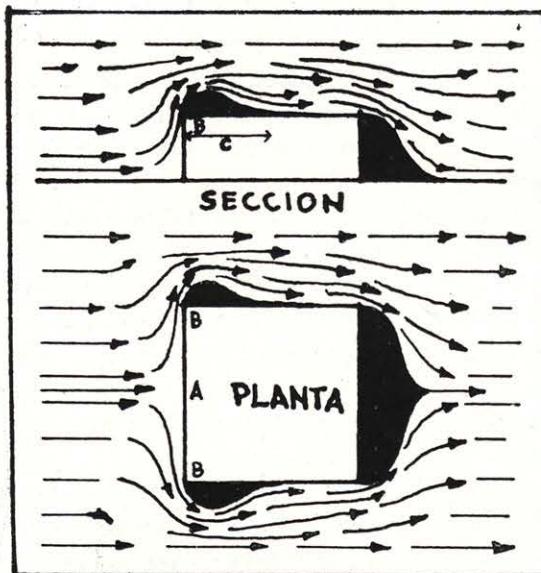
$H$  = distancia vertical entre las aberturas de entrada y salida en metros.

$t - t_0$  = diferencia de temperatura entre el interior y el exterior en grados centígrados.

Por medio de esta ecuación puede determinarse el volumen de aire que pasará para unas condiciones dadas, o las aberturas y distancia vertical necesarias para mover un cierto volumen de aire con una determinada diferencia de temperatura.

Se ve que el volumen de aire movido es proporcional a la raíz cuadrada de la distancia vertical entre las aberturas; de aquí el gran efecto producido por las chimeneas de ventilación. En habitaciones la máxima distancia vertical posible será la altura del techo.

**CORRIENTE PRODUCIDA POR LA ACCION DEL VIENTO.**—El viento actúa produciendo pre-



sión en la parte de sotavento del edificio y depresión en la opuesta. Este efecto lo representamos gráficamente en la figura 3; la mayor presión se ejerce en el punto A y viene dada por la ecuación

$$(2) \quad P = 0,000473 V^2$$

donde  $P$  = presión en centímetros de agua.

$V$  = velocidad del viento en kilómetros por hora.

La presión media sobre la fachada es algo menor, próximamente el 75 por 100 de la dada por la ecuación 2.

En los puntos B se experimenta la depresión máxima de magnitud igual a los tres cuartos de la presión máxima. La distancia C que ocupan las zonas de depresión en la cubierta y muros laterales depende del perfil del edificio y es igual para cualquier velocidad del viento. La magnitud de la depresión disminuye del máximo en B a cero en el punto donde los filetes de aire fluyen paralelos a la superficie del edificio.

Para calcular las aberturas necesarias en un edificio se precisa conocer la velocidad y dirección de los vientos dominantes. Este dato puede obtenerse en los observatorios meteorológicos de la región.

Como información incluimos datos de Madrid tomados del libro de información sobre la ciudad que publicó el Ayuntamiento en el año 1929.

FRECUENCIA RELATIVA DE CADA VIENTO POR REFERENCIA AL NUMERO 100 (1860-99):

ÉPOCAS	N.	NE.	E.	SE.	S.	SO.	O.	NO.
Diciembre . . . . .	9	34	8	8	9	15	8	9
Enero . . . . .	9	32	8	9	8	17	8	9
Febrero . . . . .	9	26	9	8	8	19	10	11
Marzo . . . . .	8	25	7	8	8	20	12	12
Abril . . . . .	9	19	6	9	8	21	13	15
Mayo . . . . .	7	21	7	9	8	24	13	11
Junio . . . . .	7	22	8	9	7	20	14	13
Julio . . . . .	7	21	7	8	7	22	15	13
Agosto . . . . .	6	22	8	9	8	22	13	12
Septiembre . . . . .	6	23	9	10	9	22	11	10
Octubre . . . . .	7	25	8	9	10	21	10	10
Noviembre . . . . .	9	28	9	9	9	18	9	9
Invierno . . . . .	9	31	8	8	8	17	9	10
Primavera . . . . .	8	22	7	9	8	21	13	12
Verano . . . . .	7	22	7	9	7	21	14	13
Otoño . . . . .	7	25	9	9	9	21	10	10
Año . . . . .	8	25	8	9	8	20	11	11

Como puede observarse, son vientos predominantes los del Nordeste y los del Sudoeste; es decir, los dos que siguen aproximadamente la corriente del Tajo, río abajo o río arriba.

Los datos de velocidad también los tomamos de los coleccionados por el observatorio astronómico como resultado de treinta y cinco años de observaciones.

RECORRIDO DIARIO MEDIO DEL VIENTO, EXPRESADO EN KILOMETROS:

En.	Fe.	Mar.	Ab.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oc.	Nov.	Dic.
335	373	425	451	402	388	388	363	341	339	329	318

RECORRIDO DIARIO OCURRIDO EN ALGUN DIA EXCEPCIONAL:

En.	Fe.	Mar.	Ab.	May.	Jun.	Jul.	Ag.	Sep.	Oc.	Nov.	Dic.
1584	1431	1377	1366	1053	1151	839	850	971	1124	1292	1114

Para direcciones del viento oblicuas a las fachadas, las presiones y depresiones se consideran reducidas en un tanto por ciento. Para 45° se toma el 60 por 100 de la presión normal.

Conocidas la presión y depresión producidas en las fachadas, se determinará la superficie de abertura necesaria en cada habitación y se tendrá en cuenta que el paso del aire de la fachada de entrada a la de salida pueda hacerse libremente por el interior del edificio.

DETERMINACION DEL EFECTO COMBINADO DE LAS DOS CORRIENTES.—Cuando la diferencia de temperatura del interior al exterior del edificio es grande, puede hacerse el cálculo sólo por diferencia de temperatura, para tener en cuenta los días sin viento. En algunas ocasiones

este cálculo de aberturas da un tamaño poco práctico o imposible de instalar, sobre todo para pequeñas diferencias de temperatura. Hay que considerar, por lo tanto, el efecto combinado de las dos corrientes al calcular las aberturas.

El efecto de las dos fuerzas actuando al mismo tiempo se calcula sumando las dos y llamando 100 a esta cifra, aplicando el porcentaje que corresponda a cada una de las fuerzas a la tabla siguiente se deduce el tanto por ciento de la fuerza suma de las dos, que se ha de considerar para el cálculo de las aberturas.

En los días sin viento la ventilación así calculada puede resultar insuficiente, sobre todo en tiempo templado, en que la diferencia de temperatura del interior al exterior es pequeña. Afor-

PORCENTAJES A APLICAR PARA CALCULO DEL EFECTO COMBINADO:

Corriente producida por diferencia de temperatura %	Corriente debida a la acción del viento %	Efecto combinado de las corrientes %
0	100	100
10	90	91
15	85	86
20	80	82
25	75	77
30	70	73
35	65	68
40	60	64
45	55	59
50	50	55
55	45	59
60	40	64
65	35	68
70	30	73
75	25	77
80	20	82
85	15	86
90	10	91
100	0	100

tunadamente, en primavera y otoño, estaciones templadas, son raros los días de calma, y por otra parte, cuando la diferencia de temperaturas es pequeña, hay menos inconveniente en

utilizar las ventanas con suplemento de las aberturas de ventilación por el menor peligro de enfriamiento brusco del local.

\* \* \*

Un factor no despreciable en el cálculo de la ventilación es el aire que entra por las rendijas de puertas y de ventanas. Fenómeno que muchos estiman suficiente para la ventilación de las viviendas, pero que no lo es, y que sólo podría bastar con ventanas en malas condiciones y grandes velocidades de viento. La cantidad de aire que pasa por las rendijas depende, como es natural, del estado de la ventana y de la longitud de aquélla.

La American Society of Heating and Ventilating Engineers, después de ensayar ventanas de diferentes tipos y estados de conservación, ha compuesto la siguiente tabla, que hemos traducido a unidades métricas, en que aparece el volumen de aire en metros cúbicos que entra por metro lineal de rendija por hora para distintas velocidades de viento.

INFILTRACION A TRAVES RENDIJAS:

TIPO DE VENTANA	VELOCIDAD DEL VIENTO KM. POR HORA
Alrededor del cerco mal recibido en mampostería.	0,3 0,75 1,3 1,85 2,5 3,2
Alrededor del cerco bien recibido en mampostería.	0,05 0,14 0,24 0,35 0,45 0,54
Infiltración en ventana normal con rendijas de 1 a 1,5 m/m., incluso cerco .....	0,61 2 3,65 5,5 7,5 9,5
Infiltración en ventana en malas condiciones con rendijas de 2,5 m/m., incluso cerco .....	2,5 6,4 10,3 14,3 18,5 23,2
Infiltración en ventana metálica con rendijas de 0,46 m/m. .....	1,3 3 4,85 7,05 9,3 11,9

No entramos a estudiar las variadísimas soluciones constructivas y dispositivas que puede darse a las aberturas de ventilación; sólo indicamos que se estudien de forma que: 1º No se produzcan corrientes molestas a los ocupantes. 2º Se remueve todo el aire del local para asegurar la buena distribución del mismo. 3º Se combinen las aberturas con los medios de calefacción, para calentar el aire en el momento mismo de su entrada y darle las condiciones de temperatura, y si es posible de humedad convenientes.

En estas notas no pretendemos dar una solución total y completa de los problemas de ventilación ni una fórmula "panacea" que sirva para resolver todos los casos, sino una orientación sobre los fenómenos que intervienen en la ventilación natural y los medios de preverlos y calcularlos.

Para cada caso particular habrá de estudiarse cuál de estos fenómenos ha de ser más eficaz, y calcular la disposición y tamaño de las aberturas en vista a las condiciones particulares del problema.