

2º Curso do ciclo medio dos ciclos formativos de  
Instalación e Mantemento.

**Tema 2:**  
**Configuración e instalacións de ventilación.**  
**Cálculo de condutos (v 1.1)**

# Índice

<b>1. Ventilación</b>	<b>4</b>
1.1. Tipos de ventilación . . . . .	5
<b>2. Presións</b>	<b>5</b>
<b>3. Circulación de aire por condutos</b>	<b>7</b>
3.1. Perda de carga en condutos: $\Delta P$ . . . . .	12
3.1.1. Condutos rectilíneos . . . . .	13
3.1.2. Cálculo da perda de carga en condutos rectilíneos . . . . .	14
3.1.3. Condutos non rectilíneos . . . . .	17
3.1.4. Perda de carga total na canalización . . . . .	23
<b>4. Cálculo de caudais de aire en edificios</b>	<b>26</b>
4.1. Cálculo de caudal tendo en conta volumes e renovacións . . . . .	27
4.2. Cálculo de caudal tendo en conta a ocupación . . . . .	30
4.3. Análise polo miúdo dun exemplo de instalación . . . . .	32
4.4. Cálculo de caudal en vivendas . . . . .	33
4.5. Curva resistente da instalación . . . . .	35
4.6. Rellas e difusores . . . . .	37
4.6.1. Rellas . . . . .	37
4.6.2. Difusores . . . . .	38
<b>5. Ventiladores</b>	<b>39</b>
5.1. Tipos de ventiladores . . . . .	39
5.2. Curva característica dun ventilador . . . . .	41
5.3. Cálculo do punto de traballo . . . . .	45
<b>6. Casos resoltos</b>	<b>46</b>
6.1. Traballo na aula . . . . .	46
6.2. Escolma de casos prácticos solucionados . . . . .	46
<b>Referencias</b>	<b>48</b>

Estes apuntamentos... van indo.

Son o intento de ir organizando e agrupando os documentos que fun recopilando, as anotacións, comentarios que penso que poden ser interesantes para usar na asignatura de climatización dos ciclos formativos.

Vale, admitido, teñen moito de refrito, pero tampouco paga a pena inventar a roda. Vai boa que se fixo. Hai moitas referencias a documentos moi bos que están na web. Cando se usen ó longo do texto tentarei poñer ligazóns que redirixan a eles en internet. O/A autor/a merece que o fagamos.

Remata este documento no apartado 6.2 cunha escolma dos ficheiros usado. Facendo clic abriráanse os pdf ou as páxinas web se estamos conectados a internet.

Polo que vou contando pode deducirse que este ficheiro está pensado para utilizarse no ordenador. Pode imprimirse tamén e penso que é interesante. Pero estamos no mundo no que estamos e imos aproveitalo. Vale, non temos ordenadores na aula....

Tedes que ter unha libreta con todos os contidos deste texto. Teremos acceso a eles por ordenador cando nos cadre ir á unha aula axeitada, as máis das veces con fotocopias, outras por apuntes. Nalgúns casos ofertaránse recursos e haberá que investigar un chisco.

Cando o tipo de letra pase a ser este haberá actividades que facer na libreta... si, si, esa de papel, a de toda a vida.

Farei porque quede todo indicado neste documento. Este é o primeiro ano que me toca dar esta asignatura, confío que cousas importantes non queden fóra.

A versión máis moderna deste documento estará publicada nun sitio web un tanto antigo chamado irochiño aloxado en wordpress. Está aberto a comentarios que entendo poden ser de dous tipos: alguén que lle faga ilusión contar algo do artigo no que está (por favor, non cambiar de tema) e as aportacións "voluntarias" dos alumnos o día que usemos os ordenadores.

Bo proveito

# 1. Ventilación

O aire ambiente do interior dun local pode ser inconveniente pola súa falta de pureza, temperatura inadecuada ou humidade excesiva. Todo espazo pechado precisa de renovación de aire para subsistir. Precísase transportar o aire para que se manteñan as condicións de hixiene e climatización en recintos nos que queremos mellorar o seu confort. Entendemos por condicións ambientais axeitadas ás indicadas pola seguinte táboa:

Estación	Temperatura operativa °C	Velocidad media del aire* m/s	Humedad relativa %
Verano	23 a 25	0,13 a 0,18	45 a 60
Invierno	21 a 23	0,11 a 0,16	40 a 50

Fuente: RITE.

Figura 1: Condicións ambientais segundo o RITE [1]

A idea é aportar aire limpo dende o exterior a traverso de canalizacións grazas ó uso de ventiladores. Estes ventiladores impulsan e extraen o aire (no caso de sistemas de ventilación) ou impulsan e retornan (en instalacións de climatización).

O Código Técnico de Edificación (CTE [2]) define ventilación coma

*o proceso de renovación do aire dos locais para limitar o deterioro da súa calidade, dende o punto de vista da súa composición, que se realiza mediante a entrada de aire exterior e evacuación de aire viciado*

Cando falamos de aire viciado non é para referirnos só ó que pode danar á saúde; abundará con que cause molestias para que sexa nece-

saría a súa renovación. Tanto nos ten se a razón súa baixa calidade é por presenza de persoas ou por desprenderse de enseres ou materiais de construción.

Estímase que a cantidade de aire que precisa unha persoa en condicións normais é duns 500 l/h

Toda instalación de ventilación está composta dun ventilador, condutos de distribución, rellas difusoras ou captadoras e unha caixa acústica.

### 1.1. Tipos de ventilación

Traballaremos en grupos as páxinas da 29 ata a 35 e 46-47 do documento [4] que vos dou en fotocopias (ver bibliografía na derradeira páxina destes apuntes).

1. Apuntar na libreta os tipos de ventilación que se mencionan e as característis máis salientables.
2. Resolver o xogo de preguntas e respostas que está aquí

## 2. Presións

Lembramos que a presión é a forza que se exerce por superficie. É a razón pola que os esquiadores usan esquies ou os surfistas unha táboa para sosterse sobre a auga: canto maior sexa a superficie sobre a que se suben menor será a presión que exercen sobre a neve ou sobre as ondas do mar.

Calcúlase empregando a fórmula:

$$P = \frac{Forza}{Superficie}$$

No S.I. a unidade de medida chámase Pascal <sup>1</sup>

Nun sistema de ventilación cómpre distinguir tres clases de presión:

- A presión estática  $P_e$  é a que exerce o aire en todas as direccións sobre a parede dun conduto como consecuencia da compresión do fluído. Decrece ó longo da canalización por efecto das perdas por fricción.
- A presión dinámica  $P_d$  é a compoñente debida á velocidade do fluído. Manifestase na dirección do aire e varía ó chocar contra calquera accidente (curva, codo, rella, redución, ...)

Para calcular o valor da presión dinámica precisamos saber a velocidade á que se move o fluído. Se a presión a medimos en [mm c.a] daquela o resultado será en [m/s] coa fórmula:

$$P_d = \frac{v^2}{16}$$

- A presión total é a suma da estática máis a dinámica:

$$P_t = P_e + P_d$$

Imos aclarar estes conceptos analizando as páxinas 12-15 do documento [4]  
Resolve o exercicio da páxina 16 deste mesmo documento  
Calcula a velocidade que leva o aire antes e despois de atravesar ese ventilador

---

<sup>1</sup> A efectos prácticos admitiremos os cambios de unidades:  $1 \text{ kp/cm}^2 = 1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa} = 10 \text{ m.c.a.}$

Anota na túa libreta as seguintes preguntas e trata de respondelas consultando o documento e as túas anotacións:

Cuestións a aclarar

1. En que casos a presión dinámica é negativa?
2. Cando é positiva a presión estática?
3. Nun conduto de aspiración cal é o signo da presión dinámica?
4. Cal é a compoñente da presión debida ó movemento do aire?
5. Cando dicimos que un ventilador traballa en descarga libre?
6. Cal é o valor da presión estática dun ventilador en descarga libre?
7. Que relación existe entre a presión dinámica e a presión total dun ventilador en descarga libre?
8. Que é un Pascal?
9. Se a presión estática dun ventilador é negativa, como está traballando?

### 3. Circulación de aire por condutos

Os condutos son os elementos dunha instalación polos que se distribúe o aire por todo o sistema: aspiración, unidades de tratamento, retorno, extracción de aire,... As súas propiedades son determinantes para factores coma o aproveitamento enerxético ou o comportamento acústico da instalación.

Os condutos poden ser de varios tipos:

- metálicos: Por seren condutores térmicos deben illarse con mantas de la de vidro que incorporan un revestimento de aluminio que actúa como barreira de vapor. Colocadas no interior do conduto favorecen a absorción acústica.
- Condutos de la de vidro: pranchas de la de vidro de alta densidade aglomerada con resinas termoendurecibles.
- Condutos flexibles: son dous tubos de aluminio e poliéster entre os que se dispón la de vidro que actúa de illamento térmico.

O aire que circula pola rede de condutos recibe enerxía de impulsión grazas ó uso de ventiladores. Esta enerxía ten que ser dabondo para que se distribúa por todos os locais nas condicións previstas de caudal, temperatura e velocidade.

Se temos un ventilador sen acoplar a ningunha canalización diremos que traballa en *descarga libre*, movendo a masa de aire que pasa polas súas aspas e creando unha presión sobre el. Pero o habitual é que o ventilador mova un fluído por un conduto ben para aspiralo, ben para impulsalo. Segundo como se mova distinguiremos dous réximes de funcionamento o laminar e o turbulento.

Ó falarmonos da circulación por condutos cómpre ter en conta que non sempre o fluído mantén unha traxectoria uniforme ó longo da conduction. Moitas veces móvese dun xeito irregular e aparecen e desaparecen remuíños. No primeiro caso estaremos ante unha circulación en réxime laminar, no segundo en réxime turbulento.



En fluxo laminar a velocidade máxima está no eixo do tubo e pasa a ser cero nas paredes do conduto debido ás friccións. En réxime turbulento as velocidades non seguen un patrón definido. Por razóns económicas considérase que o réxime de fluxo nunha instalación vai ser sempre turbulento.

Se precisamos medir a velocidade do fluído mediremos a velocidade no punto medio da canalización e multiplicaremos o resultado por 0.85 para dar unha estimación da súa velocidade global.

No sitio web dunha empresa de fabricación de ventiladores [5] atopamos un estudo interesante sobre a circulación de aire por condutos. Engadímolo nestas anotacións e propóñovos esta guía de lectura para que respostes ás preguntas coa información proporcionada:

Guía de lectura do documento:

CIRCULACIÓN DE AIRE POR CONDUCTOS

1. Sinala os tres factores que fan consumir enerxía a un ventilador diminuindo a rendibilidade dunha instalación
2. Como é a relación entre o seu consumo e a presión total?
3. Define a perda de carga
4. Que magnitudes se representan na figura 3.1? Para que coeficiente de fricción? Para que tipo de conduto?
5. Define a sección circular equivalente

### 3. CIRCULACIÓN DE AIRE POR CONDUCTOS

Para ventilar un espacio, un recinto o una máquina, ya sea impulsando aire o bien extrayéndolo, es muy corriente tener que conectar el ventilador/extractor por medio de un conducto, una tubería, de mayor o menor longitud y de una u otra forma o sección.

El fluir del aire por tal conducto absorbe energía del ventilador que lo impulsa/extrae debido al roce con las paredes, los cambios de dirección o los obstáculos que se hallan a su paso. La rentabilidad de una instalación exige que se minimice esta parte de energía consumida.

Como el consumo de un ventilador es directamente proporcional a la presión total  $P_t$  a que trabaja, podemos constatar que, de no cuidar el diseño de una canalización, puede darse el caso de gastar mucha más energía de la necesaria.

#### 3.1 PÉRDIDA DE CARGA

A la presión del aire necesaria para vencer la fricción en un conducto, que es la que determina el gasto de energía del ventilador, se le llama pérdida de carga. Se calcula a base de la longitud de la conducción, el llamado diámetro hidráulico, la velocidad y densidad del aire y el coeficiente de frotamiento, de la rugosidad de las paredes, de las dimensiones y la disposición del mismo.

#### Tramos Rectos

La forma práctica de hacerlo es recurriendo a nomogramas confeccionados en base a todo el bagaje técnico necesario y son válidos para conducciones con la rugosidad corriente en materiales habitualmente usados.

El nomograma de la Fig. 3.1 muestra uno de ellos para secciones circulares y un coeficiente de fricción  $\lambda = 0.02$  (plancha de hierro galvanizada).

#### Conductos rectangulares

Si la sección del conducto no es circular, caso frecuente en instalaciones de ventilación en donde se presentan formas rectangulares o cuadradas, es necesario determinar antes la sección

circular equivalente, ésto es, aquélla que presenta la misma pérdida de carga que la rectangular considerada. El diámetro equivalente puede determinarse de forma práctica por medio de la gráfica de la Fig. 3.2.

#### DIÁMETRO EQUIVALENTE DE UN CONDUCTO RECTANGULAR CON IGUAL PÉRDIDA DE CARGA

Lado del conducto rectangular (cm)

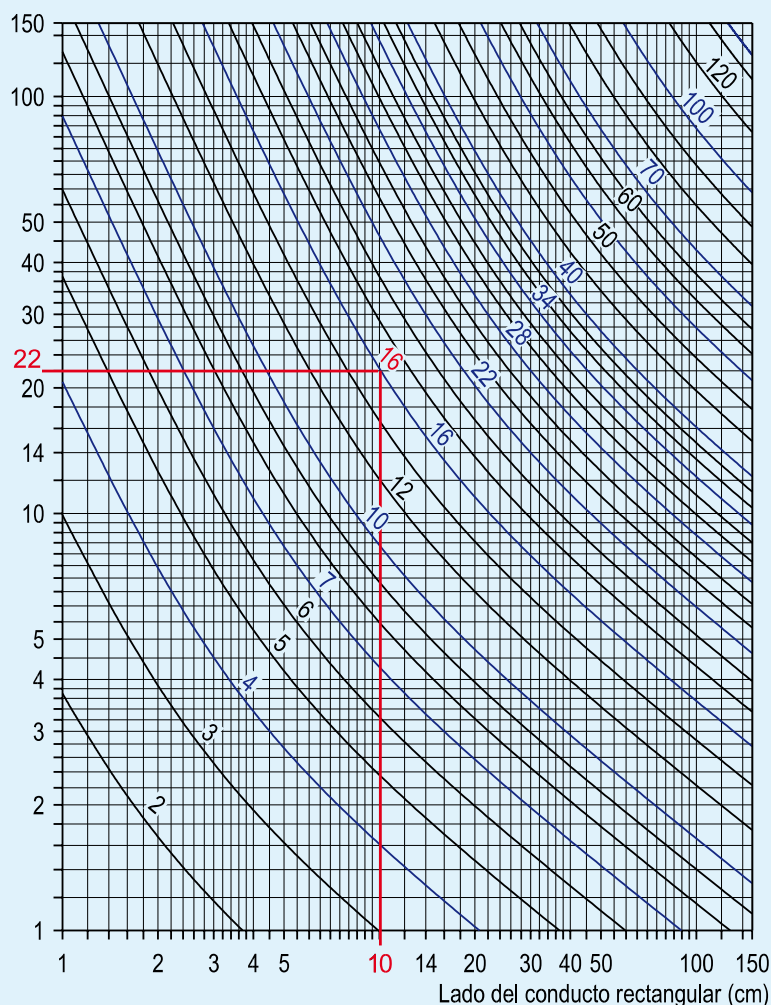


Fig. 3.2



### CONDUCTOS CIRCULARES RECTILÍNEOS PÉRDIDA DE CARGA POR ROZAMIENTO DEL AIRE

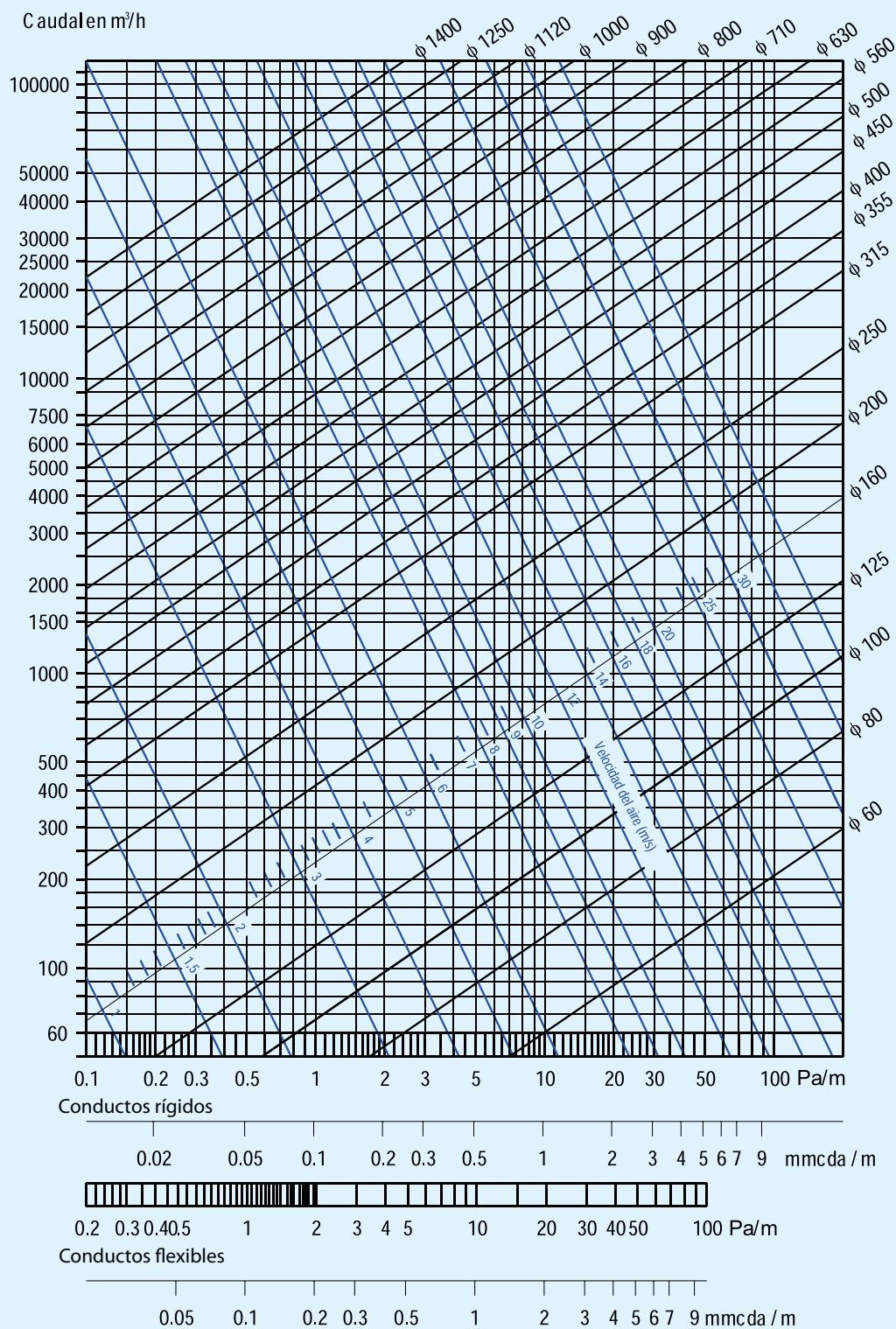


Fig. 3.1

Cando traballemos con canalizacións rectangulares teremos que averiguar cal é o conduto circular ó noso rectangular. Sabendo as nosas medidas podemos atopar o diámetro equivalente axudándonos da figura 3.2. Entrenemos cuns exempliños:

**CÁLCULO DE DIÁMETROS EQUIVALENTES:**

1. Cal é o valor da sección dun conduto rectangular de 22 x 10 cm? Cal é o seu diámetro equivalente?
2. Propón as medidas de dous condutos cadrados que teñan a mesma perda de carga dun conduto circular de diámetro 2 cm
3. Cal é o diámetro equivalente dun conduto cadrado de 5 x 5 cm?
4. Cal é o diámetro equivalente dun conduto cadrado de 100 x 100 cm?
5. Cal é o diámetro equivalente dun conduto rectangular de 10 x 5 cm?
6. Comproba se os teus resultados son correctos usando as táboas de conversión en internet

### **3.1. Perda de carga en condutos: $\Delta P$**

O deseño das dimensións dos condutos ten que ter en conta as perdas que se producen ó longo do camiño que percorre o fluído. Estas perdas poden ser de dous tipos:

1. Perdas por rozamento debido á viscosidade do fluído (dependen da xeometría ou rugosidade)
2. Perdas dinámicas causadas polas perturbacións da velocidade, cam-

bios de direccións ou variacións bruscas da temperatura.

Calcularemos de distinto xeito as perdas que se producen en condutos rectilíneos daqueles casos nos que nos enfrentamos a accidentes da canalización. Nun caso abonda con consultar unha gráfica, noutro teremos que facer unhas contiñas fixándonos nos datos que nos proporcione o fabricante segundo o tipo de accidente que teñamos en cada caso.

#### IMOS DE COMPRAS POR INTERNET

1. Vai ó teu buscador favorito de internet e busca unha empresa que comercialice condutos de ventilación
2. Anota na túa libreta o nome da empresa e o tipo de condutos nos que estea especializada, trata de localizar as especificacións dos condutos e os seus prezos
3. Fai unha lista comparativa de prezos de dúas empresas

#### 3.1.1. Condutos rectilíneos

En condutos circulares rectilíneos podemos averiguar a perda de carga consultando a figura chamada Diagrama ASHRAE da nosa páxina 11 (en rosa).

Xa comentamos que se os condutos son rectilíneos pero rectangulares daquela temos que atopar o diámetro equivalente, é dicir o conduto circular que ten a mesma perda de carga có noso rectangular. Con este valor equivalente usaremos o mesmo Diagrama ASHRAE da páxina 11 coma se a canalización fóra circular. Comezaremos a deseñar sistemas de

condutos de aire tendo en conta as restriccións que imos ir mencionando:

### 3.1.2. Cálculo da perda de carga en condutos rectilíneos

1. Determinar o conduto circular axeitado para transportar un caudal de aire de  $2000 \text{ m}^3/h$
2. Atopar o conduto rectangular de 20 cm de altura equivalente a un conducto circular de  $\phi 315 \text{ mm}$
3. Determinar a presión de aire que circula dentro do tubo de  $\phi 315 \text{ mm}$

Para resolver este exercicio cómpre ter en conta as velocidades do aire axeitadas, os diámetros de condutos que se comercializan, o gráfico para o cálculo de dimensións equivalentes (que xa coñecemos), a gráfica das perdas de carga por rozamento e outra que vencella a presión dinámica co caudal e o diámetro. Imos ir ós poucos ofrecendo todos os ingredientes:

Escoja la velocidad del aire en la instalación de conductos:

	Velocidad media [m/s]	Velocidad máxima tramo inicial [m/s]
Viviendas, hoteles y hospitales	3 - 4	5
Teatros, cines, oficinas o bibliotecas	4 - 5	6
Bancos y restaurantes	6	7,5
Comercios o cafeterías	5	9
Locales industriales	10	12

Ajuste el caudal del primer tramo de impulsión con la velocidad máxima deseada. Consulte las dimensiones de este tramo y su pérdida de carga.  
Ajuste la pérdida de carga encontrada en el primer tramo con el caudal de aire del tramo que desea dimensionar. Consulte las dimensiones de este tramo.

Figura 2: Velocidades máximas do aire nas instalacións de condutos

#### Solución apartado 1:

O enunciado do exercicio non nos dá moita información da velocidade do aire no conducto ou do tipo de local. Consultando a táboa da

<i>Tabla 1. Diámetros nominales interiores de conductos según UNE EN 1506-99 (serie recomendada), en mm</i>		
63	200	630
80	250	800
100	315	1000
125	400	1250
160	500	

Figura 3: Diámetros comerciais dos condutos

figura 2 podemos facer estimacións sensatas. Por exemplo, imos supoñer velocidades medias (nada di o enunciado do tramo inicial) polo que velocidade debe ser inferior a  $10\text{ m/s}$ .

Supoñemos tamén que falamos de condutos comerciais polo que nos restrinxiremos a diámetros que estean na táboa da figura 3.

Collemos o Diagrama ASHRAE (figura da páxina 11) para perdas de carga en condutos rectilíneos. Nel represéntase o caudal fronte á perda de carga tendo en conta a velocidade (diagonais de pendente negativa) e o diámetro da conducción (diagonais de pendente positiva).

Situámonos no valor de  $2000\text{ m}^3/h$  e seguimos a horizontal ata dar cun valor da velocidade, por exemplo a nosa horizontal córtase coa diagonal de  $7\text{ m/s}$  e tamén coa diagonal (de pendente positiva) que sinala  $\phi 315\text{ mm}$ . Como esta velocidade é inferior a  $10\text{ m/s}$  estamos nos valores permitidos na táboa da figura 2. Outro tanto acontece co diámetro, este valor é un diámetro dispoñible comercialmente (ver 3) polo que nos vale.

No punto onde se corta o caudal pedido con xusto este valor de diámetro de  $\phi 315\text{ mm}$  baixamos a vertical e chegamos a un valor de 2.

Diremos xa que logo que as perdas de carga nestas condicións son de  $\Delta P = 2 \text{ Pa/m}$

A escolla dos valores podería ser outra, por exemplo os  $7 \text{ m/s}$  son unha velocidade bastante alta. Non é problema para un local industrial pero non sería tolerable para unha biblioteca por mor do ruído. O enunciado non indica onde se vai instalar o sistema de ventilación polo que podemos supoñer que é nunha industria. Serías quen de facer o mesmo problema para a biblioteca?

### **Solución apartado 2:**

Xa se comentou que se en troques dun conduto circular temos que utilizar un rectangular daquela temos que asegurarnos as mesmas perdas de carga, é dicir, temos que considerar as dimensións equivalentes. Indo á figura dos diámetros equivalentes da nosa páxina 9 buscamos a curva que se corresponde co noso diámetro que era de  $\phi 31'5 \text{ cm}$ . Este valor sitúase entre as curvas de 28 e de 34, diríamos que nos vale a curva de 32 ou a de 30.

Como o enunciado nos di que a altura do conduto ten que ser de 20 cm movémonos por esa curva ata atopar ese valor de 20 nun eixo (tanto ten o horizontal ou o vertical) e lemos o que di o outro eixo. O resultado pode ser 45 cm.

Xa que logo as dimensións do conduto rectangular equivalente a un de  $\phi 315 \text{ mm}$  medirá aproximadamente  $20 \times 45 \text{ cm}$ . Pódese comprobar nas táboas de conversión en internet

### **Solución apartado 3:**

Para calcular a presión de aire que circula pola canalización de



$\phi 315\text{mm}$  temos que visitar unha nova gráfica: a que nos relaciona o caudal coa presión dinámica dado un diámetro. Ver páxina 18.

Buscamos no eixo vertical o valor de caudal  $2000\text{ m}^3/h$  movémonos horizontalmente nese valor ata chegar a cortar a diagonal co valor de diámetro de  $\phi 315\text{ mm}$ . Como é difícil precisalo situarémonos nunha recta cercana á de 300. O punto onde a diagonal crúzase coa horizontal correspóndese cun valor de dous e pico. Aceptamos como solución uns  $2'8\text{ mm c.d.a.}$  (ollíño coas unidades desta gráfica: veñen indicadas na esquina)

Para resolver este exercicio acabamos de empregar un procedemento gráfico consultando as figuras dadas. Tamén podemos resolvelo numericamente lembrando as nosas fórmulas do caudal e da presión dinámica. Tentade repetilo empregando:

$$\text{caudal} = \text{secInterior} \times \text{velocidade}$$

$$P_{\text{dinamica}} = \frac{\text{velocidade}^2}{16}$$

A derradeira fórmula só é válida cando o fluído que circula é aire. Poniendo a velocidade en  $m/s$  a presión mediráse en  $mm\text{ c. de a.}$

### 3.1.3. Conduitos non rectilíneos

Avanzamos outro chisco na análise das conducións e as súas perdas de carga. Ata o de agora consideramos só conduitos rectilíneos pero lembre que podemos ter derivacións, codos, e todo tipo de accidentes nas canalizacións. Se os conduitos non son rectilíneos o aire en movemento

choca contra os accidentes existentes na canalización e prodúcese unha perda de carga.

Esta perda de carga imos ter que calculala tendo en conta uns coeficientes que nos ten que dar o fabricante ó que lle mercamos a canalización. Varían dun tipo de accidente a outro. Velaí van unha chea de gráficos dunha empresa para ter a man nos nosos cálculos.

Tomade nota na libreta da seguinte guía de lectura para que vos axude a entender as páxinas deste fabricante.

Guía de lectura do documento:

ACCIDENTES EN LA CONDUCCIÓN

1. Enumera todos os accidentes das conducións mencionados no texto
2. Cales deses accidentes provocan perdas de carga?
3. Para que se usa o método do coeficiente  $n$ ? Como se averigua o valor de  $n$ ?
4. Cal é a magnitude que se relaciona coa perda de carga? En que unidades se mide a perda de carga?
5. Anota a fórmula usada para calcular a perda de carga dun elemento da conducción
6. Como se calcula a perda total de carga do sistema?
7. Explica o procedemento para calcular a presión dinámica
8. Calcula a presión dinámica dun conduto circular de 1 m de diámetro polo que se move un caudal de aire de  $50000 \text{ m}^3/\text{h}$  usando o método descrito na cuestión anterior

## Accidentes en la conducción

Las canalizaciones de aire no siempre se componen de tramos rectilíneos sino que a menudo se presentan accidentes en su trayectoria que obligan al uso de codos, desviaciones, entradas, salidas, obstáculos, etc., los cuales provocan una pérdida de carga adicional. En consecuencia, será necesario calcular las pérdidas de cada uno de tales accidentes y sumarlos a las de los tramos rectos.

Existen diversos métodos para calcular la pérdida de carga debida a los accidentes de una canalización, siendo el más usado en los manuales especializados (con muchos datos experimentales que permiten, con unas sencillas operaciones, determinar su valor), el siguiente:

## 3.2 CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA

### Método del coeficiente «n»

Se basa este método en calcular la pérdida de carga de un elemento de la conducción en función de la presión dinámica  $P_d$  del aire que circula y de unos coeficientes «n» de proporcionalidad, determinados experimentalmente, para cada uno según su forma y dimensiones. La fórmula usada es:

#### Pérdida de carga

$$\Delta P = n \times P_d \text{ (mm c.d.a.)}$$

De esta forma calcularemos uno a uno los accidentes de la conducción que, sumados a los de los tramos rectos, nos proporcionarán la pérdida de carga total del sistema de conducción.

La presión dinámica  $P_d$  que aparece en la fórmula puede hallarse fácilmente del siguiente modo. A partir del caudal de aire que circula  $Q$  ( $m^3/h$ ) y el diámetro del conducto  $d$  (m), en la gráfica de la figura 3.1 determinaremos la velocidad  $v$  (m/s) del aire. Con este dato, y por la gráfica de la fig. 3.3 encontraremos la presión dinámica  $p_d$  (mm c.d.a.) que necesitamos para aplicar la fórmula de la pérdida de carga.

En las figuras siguientes se proporcionan los coeficientes «n» de pérdida de carga de diversos accidentes en la circulación de aire por conductos, desde su captación hasta la descarga.

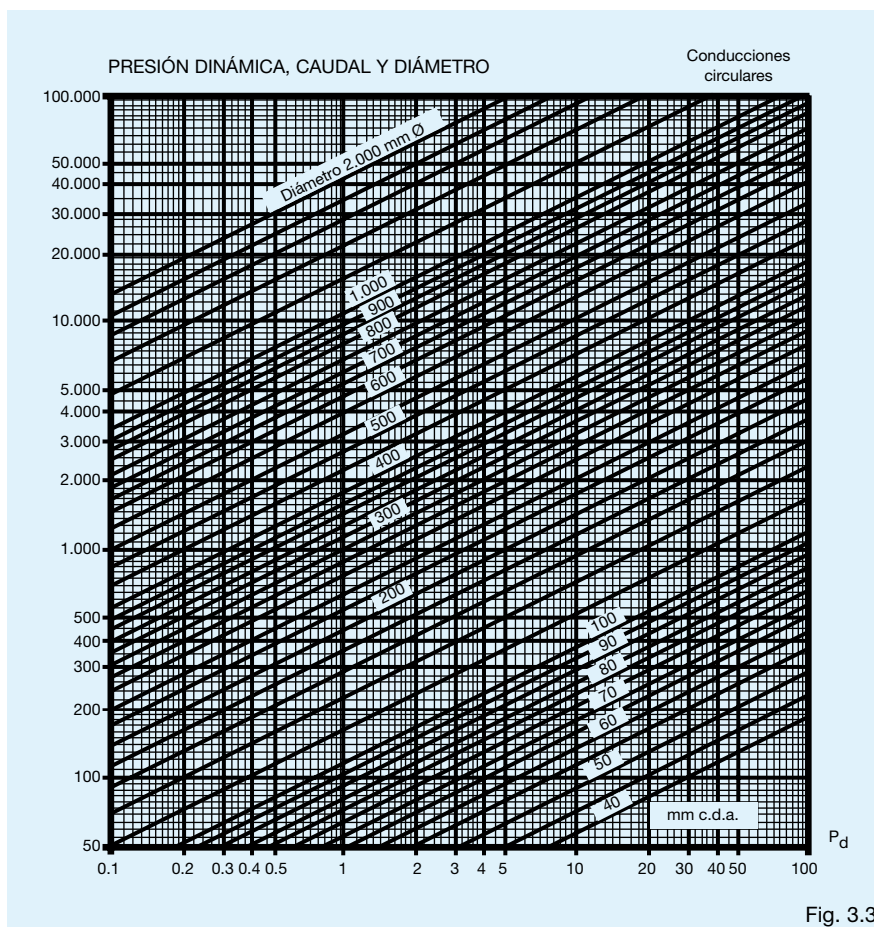
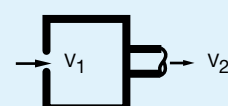
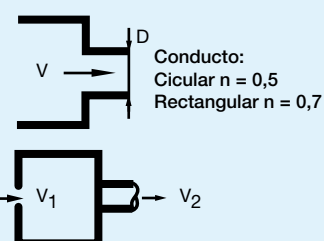
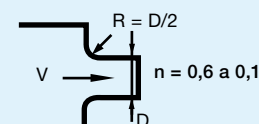
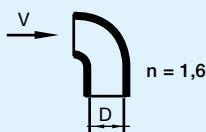


Fig. 3.3

### ENTRADAS VARIAS

Figura

Conducto	Coeficiente n			
Circular	0,87	0,49	0,2	1,8
Rectangular	1,25	0,7		



α	Coeficiente n	
	Circular	Rectangular
15°	0,15	0,25
30°	0,08	0,16
45°	0,06	0,15
60°	0,08	0,17
90°	0,15	0,25
120°	0,26	0,35
150°	0,40	0,48

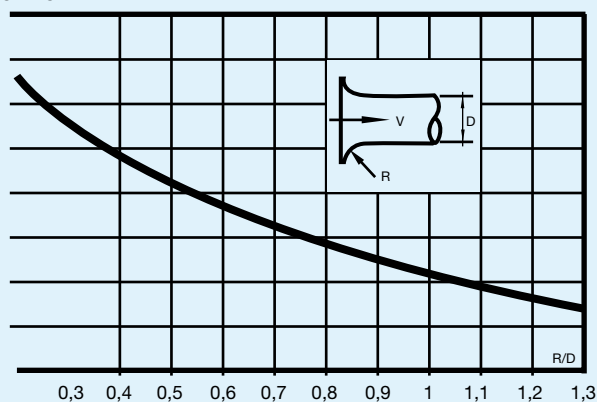
$$n = 1,78 P_{d1} + 0,5 P_{d2}$$

$P_{d1}$  y  $P_{d2}$  corresponden a  $V_1$  y  $V_2$

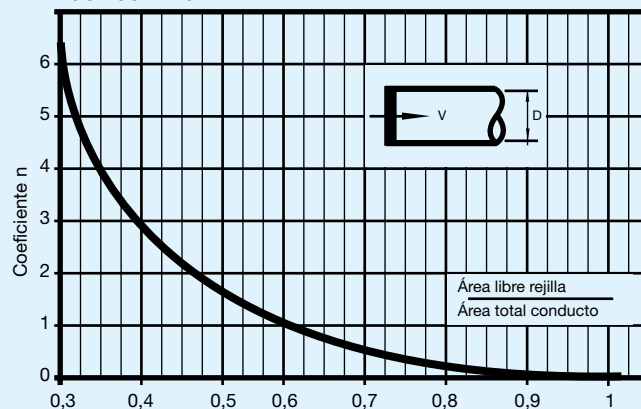
Fig. 3.4

## ENTRADAS A CONDUCTOS

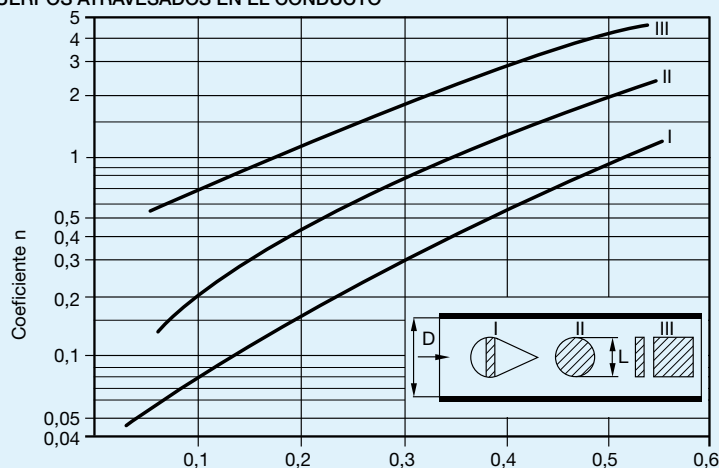
### BOCA ACAMPANADA



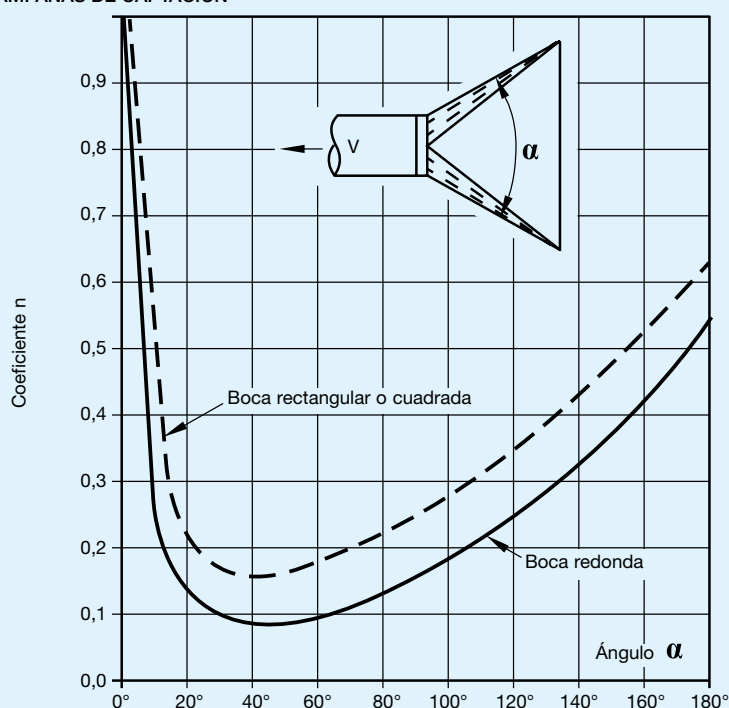
### BOCA CON REJILLA



### CUERPOS ATRAVESADOS EN EL CONDUCTO



### CAMPANAS DE CAPTACIÓN



Deben evitarse los obstáculos que atraviesen una conducción de aire y en especial en los codos y bifurcaciones del flujo. Nos referimos a cuerpos extraños a la canalización y no cuando se trate de ventilar los mismos, como es el caso de baterías intercambiadoras de calor en las que, por otra parte, se diseñan ya con las aletas orientadas de forma que obstruyan lo menos posible.

Si no hay forma de evitarlos deben cubrirse con protecciones de silueta aerodinámica para no provocar pérdidas elevadas de carga. Los obstáculos con frentes superiores a cinco centímetros deben carenarse con perfiles redondeados o, mejor, con siluetas de ala de avión, procurando que los soportes o apoyos sean paralelos a la vena de aire. Si la obstrucción es superior al 20% de la sección debe bifurcarse la canalización y hacerla confluir una vez superado el obstáculo.

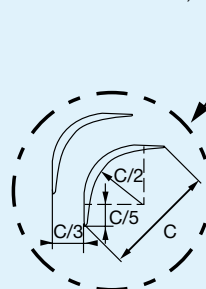
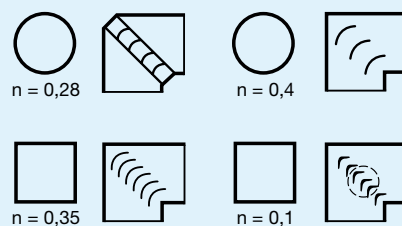
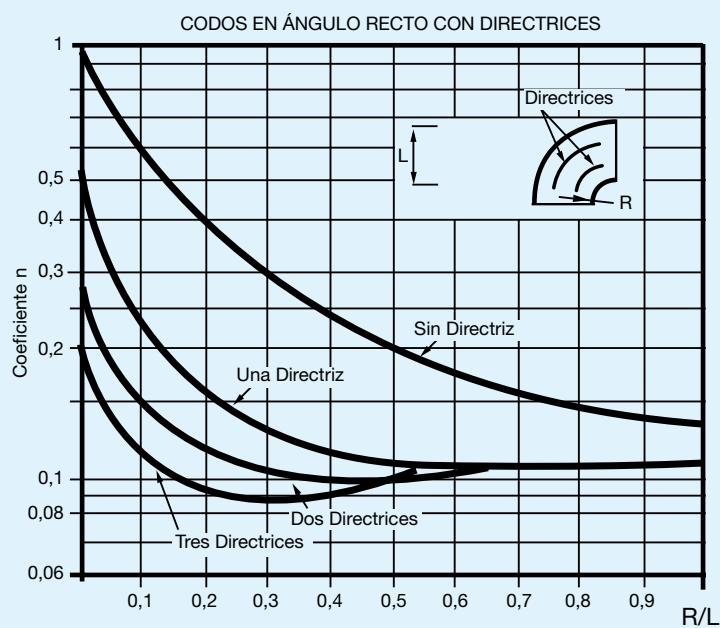
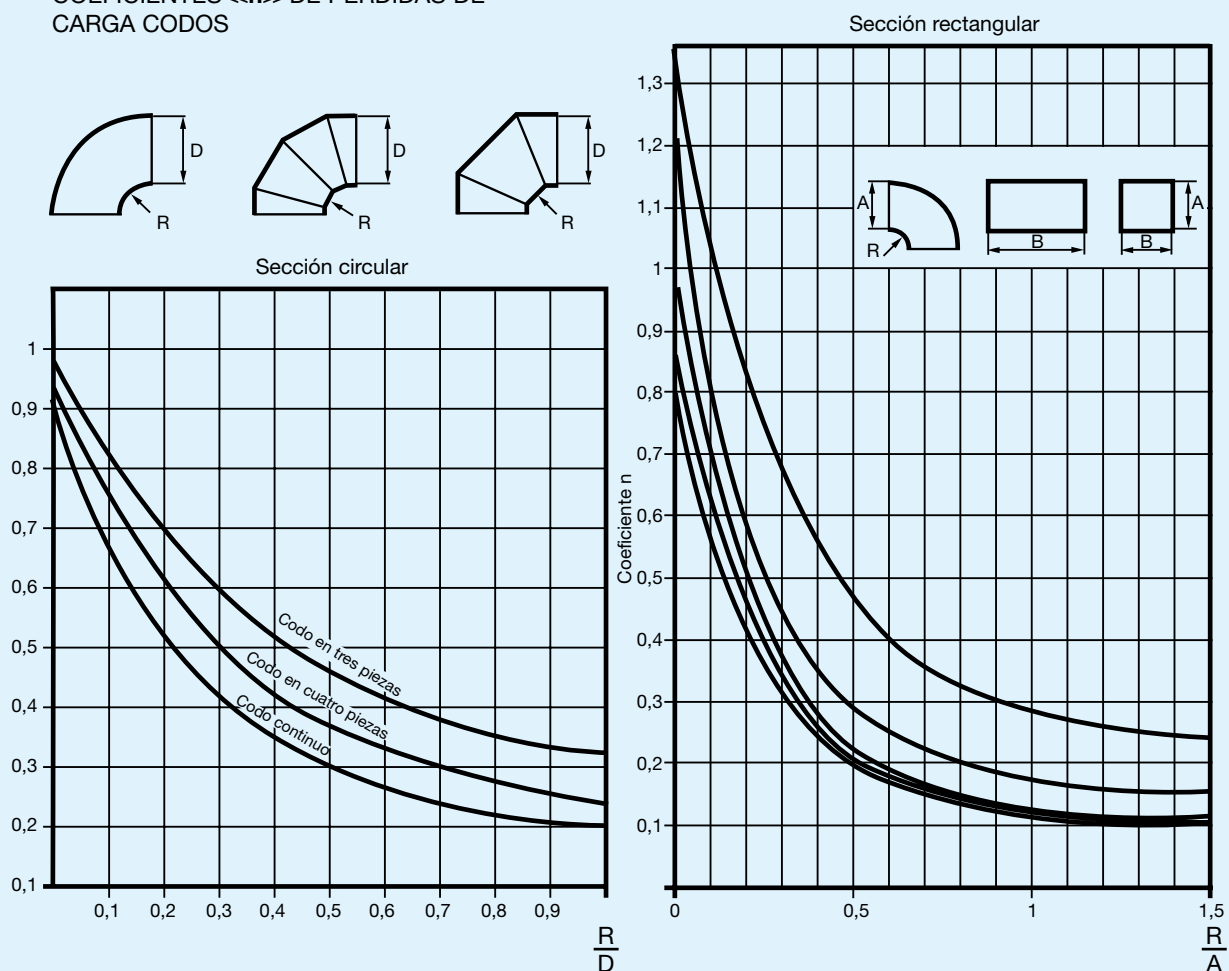
Todas las velocidades consideradas en este capítulo para el cálculo del coeficiente  $n$  están referidas a velocidades en el conducto  $V_C$ , la del diámetro  $D$  indicado, aunque se trate de calcular pérdida de carga a la entrada.

En las campanas de captación, sean verticales u horizontales, la sección de la boca debe ser como mínimo el doble de la del conducto.

En campanas rectangulares, «  $\alpha$  » se refiere al ángulo mayor.

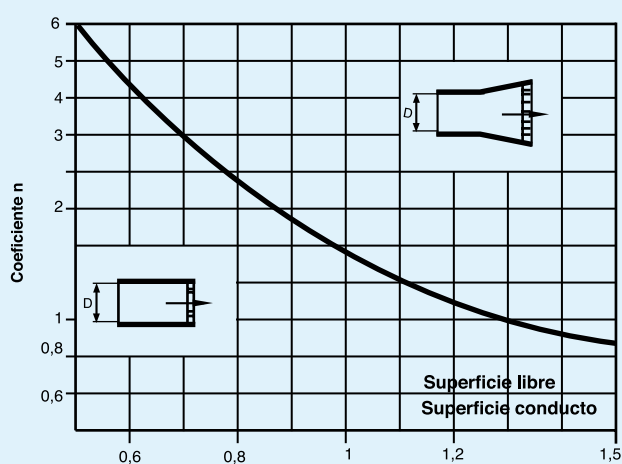
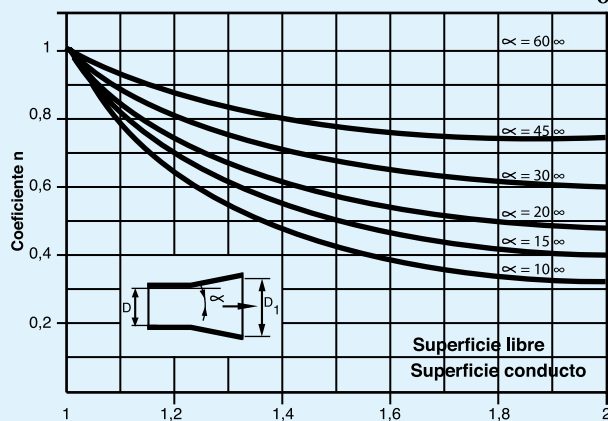
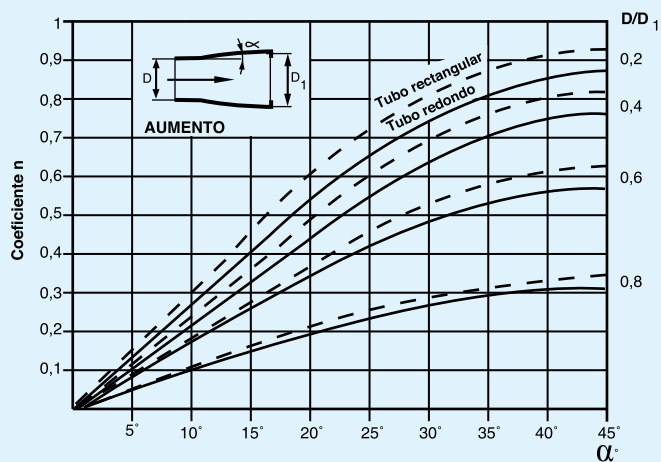
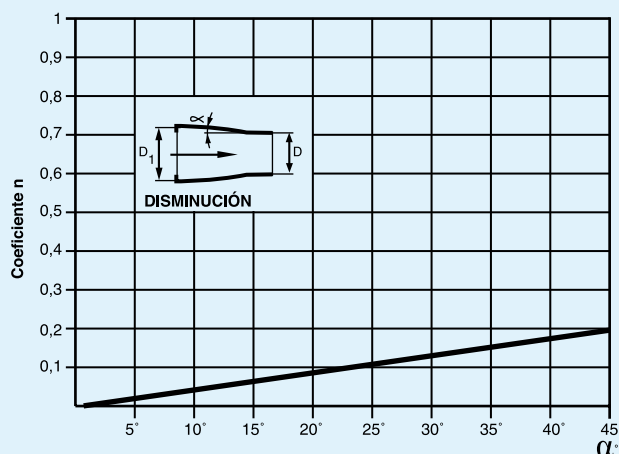
Fig. 3.5

# COEFICIENTES $\ll n \gg$ DE PÉRDIDAS DE CARGA CODOS

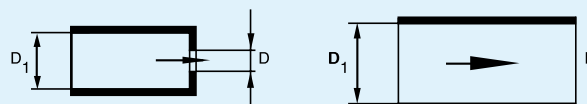


Detalle álabes de grosor aerodinámico

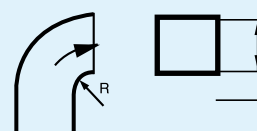
### CAMBIOS GRADUALES DE SECCIÓN



### SALIDAS DE CONDUCTOS



$D/D_1$	0,25	0,5	0,75	1
$n$	2,5	1,9	1,5	1



$R/L$	0	0,25	0,5	0,75	1
$n$	3	1,9	1,6	1,5	1,4

### SALIDA POR EL TEJADO

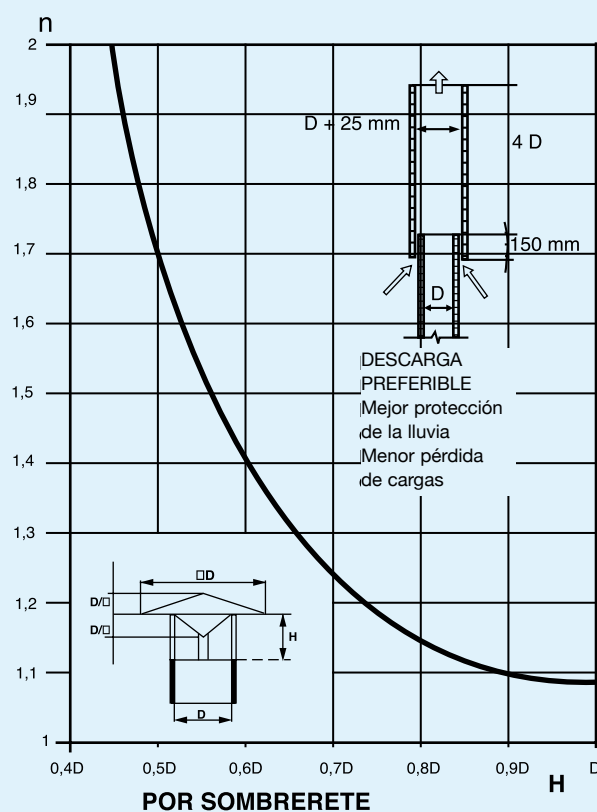


Fig. 3.7

O noso obxectivo era calcular as perdas de carga nunha canalización. Xa vimos que o diagrama ASHRAE axuda a calcular as perdas dun conduto circular e rectilíneo xa que nos dá os Pa que se perden en cada metro. Se temos varios metros teremos que multiplicar o valor obtido na gráfica polos metros totais para obtermonos  $\Delta P_{rect}$

Se temos accidentes nas conducións usaremos a fórmula:

$$\Delta P_{acc} = n \cdot P_{dinamica}$$

O valor do coeficiente  $n$  temos que obtelo das especificacións do fabricante que poden vir nunha gráfica ou nunha táboa. O valor da presión dinámica pode calcularse numericamente ou graficamente como indicamos antes.

#### **3.1.4. Perda de carga total na canalización**

Xa sabemos como calcular a perda de carga nunha canalización rectilínea e xa sabemos como tratar ós accidentes. Cal será a perda de carga total do sistema? A suma da perda en cada tramo:

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{rect} + \Delta P_{acc}$$

Proponho uns exercicios e algúns conselliños a ter en conta para resolvelos, imos traballar co material de S&P polo que precisades ten a man todas as gráficas dadas.

1. Calcula a perda de carga nun codo dun conduto circular no que o radio de curvatura é igual ó seu diámetro interior. Ó codo chega o aire cunha presión dinámica de 9 mm c.d.a.
2. No corredor do instituto queremos instalar unha canalización consistente en 10 metros de conduto rectilíneo de sección circular de diámetro 315 mm e nos extremos dous codos contínuos con radio de curvatura 28 cm. Cal será a perda de carga desta canalización?
3. Nun teatro instalamos unha canalización formada por un conduto circular de diámetro 40 cm de longura 2 m ó que segue un codo en tres pezas cun radio de curvatura de 20 cm. A continuación segue outro conduto rectilíneo de 6 m. Calcula a perda de carga total.

**Solución apartado 1:** Consultamos nas gráficas anteriores a que corresponde a COEFICIENTES «N» DE PERDIDAS DE CARGA CODOS. Lendo o enunciado constatamos que  $R = D$  polo que  $R/D$  sera un. Das tres gráficas que nos proporcionan buscamos en horizontal o caso  $R/D = 1$  e como non temos información imos supoñer que o codo é contínuo. Na primeira das gráficas no eixo horizontal con valor un correspóndese cun valor de  $n = 0'2$

A fórmula para a perda de carga xa vimos que era

$$\Delta P = n \cdot P_d$$

polo que cos datos proporcionados será:

$$\Delta P = 0'2 \times 9 = 1'8 \text{ mm c.d.a.}$$

polo que ter que usar un codo nunha canalización provoca unha perda



de carga de 1'8 mm c.d.a.

**Chuleta apartado 2:**

1. Comezaremos supoñendo unha velocidade sensata do aire nun local no que o ruído non pode molestar ós alumnos (ver táboa 2).
2. Temos que calcular en primeiro lugar as perdas no tramo rectilíneo usando o diagrama ASHRAE.
3. Se supoñemos que imos usar material da empresa S&P consultaremos os datos do fabricante precisos para o cálculo das perdas nos codos (como o enunciado non di o contrario supoñemos que ambos codos son iguais).
4. A mesma velocidade sensata que escollimos será a que nos permita calcular as perdas nos accidentes.
5. A perda total será a rectilínea máis a de cada codo. Ollíño cos cambios de unidades!!!

**Consellos apartado 3:** Comeza o enunciado dicindo que estamos nun teatro polo que cómpre consultar a táboa da figura 2. Vemos que para teatros aconséllase unha velocidade media nos condutos de 4 m/s. No diagrama ASHRAE de perdas de carga en condutos rectilíneos temos que obter as perdas de carga do tramo rectilíneo. Facer o cálculo dos accidentes e sumar as perdas en cada tramo.

Paseniño cómpre ir calculando as perdas de carga total do sistema: dos tramos rectilíneos e de cada accidente. Como xa vimos a perda total de carga será a suma das perdas nos tramos rectos máis a suma das perdas nos codos máis a suma das perdas nas desviacións.

Lembramos que as gráficas coas que traballamos ata agora son dunha empresa concreta que nos vende canalizacións metálicas cun coeficiente de fricción determinado. Cada empresa fabrica candanseus materiais e paga a pena refacer os problemas deste apartado para as características doutra empresa; por exemplo con canalizacións non metálicas. Se temos a man internet pode axudarnos nos cálculos o uso do software de dimensionado de condutos da empresa ISOVER

#### **4. Cálculo de caudais de aire en edificios**

Ata o de agora estivemos calculando condutos nos que se nos indicaba o valor do caudal ou ben consultábamos unha táboa e propoñíamos unha velocidade razoable do aire por esa canalización. Os condutos poden usarse para ventilación localizada como é o caso da campana extractora da cociña ou ben para ventilación ambiental dun local ou dun edificio.

Nalgúns casos é importante estudar a ventilación localizada nun foco de contaminación (sexa a cociña ou unha empresa química). Neste caso o sistema máis efectivo e económico é captar localmente a emisión nociva. O procedemento será:

1. Identificar os puntos de produción do contaminante
2. Pechalo baixo dunha campá
3. Establecer un xeito de captar, arrastrar e trasladar o aire posiblemente cargado de partículas

#### 4.1. Cálculo de caudal tendo en conta volumes e renovacións

Se falamos de ventilación xeral ou ambiental son varios os factores que cómpre ter en conta. Non é o mesmo a pureza de aire que se precisa nun hospital ca nunha cafetería aínda que teñan os mesmos  $m^2$  de superficie.

Consulta o documento titulado VENTILACIÓN GENERAL e trata de responder ás seguintes cuestións na túa libreta:

1. Cal é a porcentaxe de tempo que pasamos encerrados en locais?
2. Cal é o caudal que precisa unha persoa?
3. Que significa e cales son as unidades de  $N$  ?
4. Cantas veces por hora hai que renovar todo o aire dun taller de mecanizado? Canto vale  $N$  nun cine?

Engadimos un caso resolto dunha montaxe de ventilación localizada xa que se refire á evacuación de gases contaminantes nun tanque. En primeiro lugar calculamos o caudal que se deberá absorber supoñendo que a velocidade de captación é de 1 m/s. Temos que propoñer outra velocidade que será á que se move o fluído pola conducción; a proposta é que sexa de 10 m/s pois supoñemos que é un local industrial (ver taboa 2). Calculamos a presión dinámica no interior do conduto, ou ben coas gráficas, ou numericamente coas fórmulas xa coñecidas. Os coeficientes  $n$  haberá que buscalos nas especificacións do fabricante. A suma das perdas no tramo rectilíneo e nos accidentes darán o total.

## VENTILACION GENERAL

Para ventilar un local por el sistema de Ventilación General o Ambiental lo primero que debe considerarse es el tipo de actividad de los ocupantes del mismo. No es lo mismo una oficina moderna, espaciosa, con bajo índice de ocupación, que una cafetería, una sala de fiestas, un taller de confección o de pintura.

La razón de ventilar los habitáculos humanos es el de proporcionar un ambiente higiénico y confortable a los ocupantes ya que se estima que pasan encerrados en locales un noventa por ciento de su tiempo. Hay que diluir el olor corporal, controlar la humedad, el calor, el humo de tabaco y la polución que desprenden los muebles, moquetas, suelos y paredes de los edificios, además de los resultantes de las eventuales actividades industriales.

Una forma de proceder es calcular el caudal de aire necesario en base al número de ocupantes y en razón a **7,5 litros por segundo y persona** para los casos normales en los que no sea significativa la polución provocada por elementos ajenos a las personas.

Pero si se hace difícil prever el número de ocupantes y se cree mejor referirse a la función del local, puede recurrirse al cálculo basado en el **número de renovaciones / hora N**, esto es, las veces que debe renovarse por hora todo el volumen de aire del local. Este número se encuentra en tablas como la que se muestra con el N° 1.

Para su cálculo se determina primero el volumen del local, multiplicando el largo por el ancho y por el alto, en caso de que sea paralelepípedo, o descomponiendo en figuras simples el volumen total.

Volumen  $V$  ( $m^3$ ) =  $L \times A \times H$  (m)

Se escoge luego el número  $N$  de renovaciones por hora, según sea la actividad desarrollada en el local y se multiplican ambos.

Caudal  $Q$  ( $m^3/h$ ) =  $V \times N$

### Ejemplo:

Un restaurante medio cuyo comedor mide 15 x 5 metros, con una altura de 3 m presenta un volumen de:

$V = 15 \times 5 \times 3 = 225 m^3$

### RENOVACION DEL AIRE EN LOCALES HABITADOS

Renov./hora  
**N**

Catedrales	0,5
Iglesias modernas (techos bajos)	1 - 2
Escuelas, aulas	2 - 3
Oficinas de Bancos	3 - 4
Cantinas (de fábricas o militares)	4 - 5
Hospitales	5 - 6
Oficinas generales	5 - 6
Bar de hotel	6 - 8
Restaurantes lujosos (espaciosos)	5 - 6
Laboratorios (con campanas localizadas)	6 - 8
Talleres de mecanizado	5 - 10
Tabernas (con cubas de vinos presentes)	10 - 12
Fábricas en general	5 - 10
Salas de juntas	5 - 8
Aparcamientos subterráneos	6 - 8
Salas de baile clásico	6 - 8
Discotecas	10 - 12
Restaurante medio (con un tercio de fumadores)	8 - 10
Granjas Avícolas	6 - 10
Clubs privados (con fumadores)	8 - 10
Cafés	10 - 12
Cocinas domésticas (mejor instalar campana)	10 - 15
Teatros	10 - 12
Lavabos	13 - 15
Sala de juego (con fumadores)	15 - 18
Cines	10 - 15
Cafeterías y Comidas rápidas	15 - 18
Cocinas industriales (indispensable usar campana)	15 - 20
Lavanderías	20 - 30
Fundiciones (sin extracciones localizadas)	20 - 30
Tintorerías	20 - 30
Obradores de panaderías	25 - 35
Naves industriales con hornos y baños (sin campanas)	30 - 60
Talleres de pintura (mejor instalar cabinas o campanas)	40 - 60

Tabla 1

Ya que está permitido fumar se escogerá un número de renovaciones horarias de  $N = 10$ , resultando un caudal de:

$Q = 225 \times 10 = 2.250 m^3/h$

Si el local lo permite, decidiremos la disposición de colocar dos extractores de  $1.200 m^3/h$  cada uno en una

pared, descargando directamente al exterior con dos o tres entradas de aire, bajas, en la pared opuesta, que cerraremos con persianas de lamas fijas antilluvia. A los extractores les colocaremos persianas de gravedad que se cierran automáticamente cuando se paran los aparatos, evitando la entrada de aire frío del exterior.

### 3.3 EJEMPLO DE APLICACIÓN

Imaginemos que debemos proceder a la evacuación de los vapores no tóxicos que se desprenden de un tanque por medio de una campana suspendida encima del mismo y que está cerrada por tres costados. La descarga debe efectuarse a nivel del tejado y el conducto debe recorrer un tramo horizontal y otro vertical, con codos en ángulo recto, hasta alcanzar el sombrerete de salida. La Fig. 3.8 ilustra el conjunto de la instalación:

La campana en cuestión deberá absorber un caudal de:

$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = 3.600 \text{ LHV} = 3.600 \times 2 \times 0'85 \times 1 \text{ m/s} = 6.100$$

considerando que la velocidad de captación de los vapores es suficiente con 1 m/s.

La velocidad de aire en el conducto la decidiremos de  $V_c = 10 \text{ m/s}$  con lo que podemos determinar por medio de la gráfica de la Fig. 2.2 que la presión dinámica en el mismo será:

$$P_d = 6 \text{ mm c.d.a.}$$

El diámetro del conducto circular deberá ser, de acuerdo con los 6.100 m<sup>3</sup>/h y la velocidad de 10 m/s, leído en la gráfica de la Fig. 3.1,  $d = 0'45 \text{ m}$ , redondeando su valor a una medida comercial. A estos valores corresponde una pérdida de carga de 0'2 mm c.d.a., también sacada de la misma gráfica, para los tramos rectos del conducto.

Los coeficientes «n» de pérdida de carga son:

Campana: 0'25, según Fig. 3.5.

Codos:  $n = 0'2$ , si el radio interior es igual al diámetro. Fig. 3.6.

Sombrerete:  $n = 1'08$  para  $H = D$ , según Fig. 3.7.

La pérdida de carga para los tramos rectos es:

$$\Delta P_{t1} = \text{Long. conducto} \times \text{Perd. por m} = (1 + 10 + 20) 0'2 = 6'2 \text{ mm c.d.a.}$$

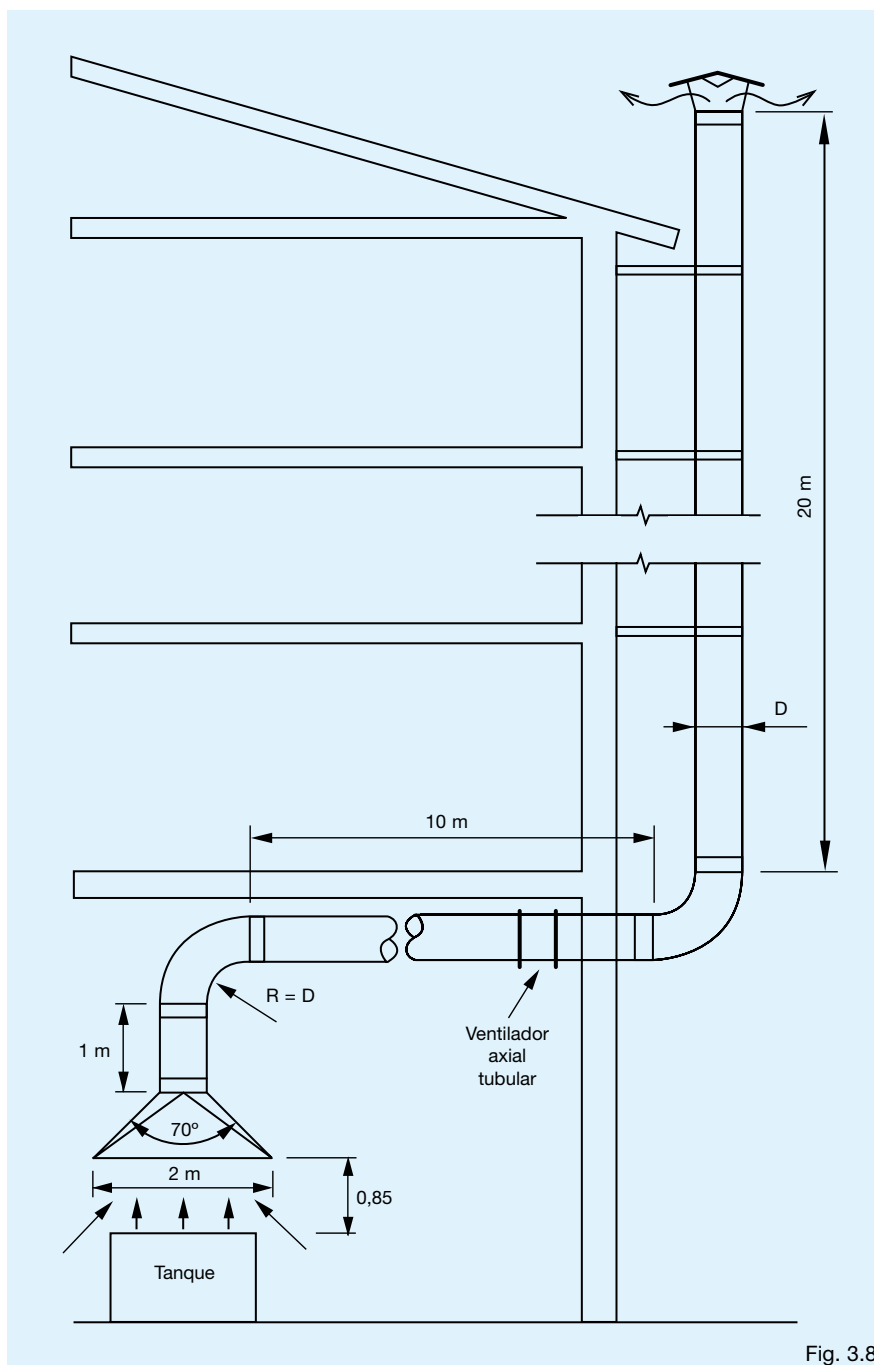


Fig. 3.8

y la pérdida por la campana, codos y sombrerete:

$$P_{t2} = (0'25 + 0'2 + 1'08) 6 = 10'4 \text{ mm c.d.a.}$$

La pérdida de carga total de la instalación resulta ser:

$$\Delta P_t = P_{t1} + P_{t2} = 6'2 + 10'4 = 16'6 \text{ mm c.d.a.}$$

Así pues, el extractor de aire a escoger debe ser capaz de vehicular

6.100 m<sup>3</sup>/h a través de un sistema que presenta unas pérdidas de 16'6 mm c.d.a.

Un tipo axial, tubular, del mismo diámetro que el de la campana resultaría ser el más idóneo.

Al hablar de la curva característica señalaremos el llamado punto de trabajo que nos remitirá de nuevo a este ejemplo.

Intentemos resolver os problemas propostos no seguinte cadro:

CATEGORÍAS DA CALIDADE DE AIRE

1. Nunha discoteca de 50 x 50 m de superficie e cunha altura de 3 m. Cal é o caudal que debe renovarse?
2. Se na discoteca do apartado anterior queremos reducir as perdas de carga á metade, cal será o caudal co que o daríamos feito?
3. Nun aparcamento subterráneo de 60 x 40 x 5 m queremos instalar un sistema de ventilación. Averigua el caudal que ha que renovar e a perda de carga se instalamos un único conduto circular
4. No aparcamento do apartado anterior preferimos instalar unha canalización rectilínea que sexa rectangular en troques de circular.
5. Se quixéramos usar un conduto de 30 x 20 cm, cal será a nova perda de carga?

#### 4.2. Cálculo de caudal tendo en conta a ocupación

Ate o de agora calculamos o caudal sabendo as dimensións dos locais e as renovacións de aire necesarias cando a ocupación non é permanente. Outro xeito de facelo é calcular o caudal tendo en conta o número de persoas que acoden ou traballan nun recinto. O ministerio estableceu un regulamento [1] no que se fai unha clasificación do aire atendendo á súa calidade: son as categorías IDA. Nun hospital enténdese que o aire debe ter unha óptima calidade mentres que en edificios comerciais a calidade pode ser menor. A táboa da figura 4 regula cantos litros por

#### IT 1.1.4.2.2 Categorias de calidade do aire interior en función do uso dos edificios

En función do uso do edificio ou local, a categoría de calidade do aire interior (IDA) que se deberá alcanzar será, como mínimo, a seguinte:

**IDA 1 (aire de óptima calidade):** hospitais, clínicas, laboratorios e gardarías.

**IDA 2 (aire de boa calidade):** oficinas, residencias (locais comúns de hoteis e similares, residencias de anciáns e de estudantes), salas de lectura, museos, salas de tribunais, aulas de ensino e asimilables e piscinas.

**IDA 3 (aire de calidade media):** edificios comerciais, cines, teatros, salóns de actos, cuartos de hoteis e similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de festas, ximnasios, locais para o deporte (salvo piscinas) e salas de ordenadores.

**IDA 4 (aire de calidade baixa).**

Táboa 1.4.2.1 Caudais de aire exterior, en  $\text{dm}^3/\text{s}$  por persoa

Categoría	$\text{dm}^3/\text{s}$ por persoa
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

b) Para locais onde estea permitido fumar, os caudais de aire exterior serán, como mínimo, o dobre dos indicados na táboa 1.4.2.1.

c) Cando o edificio dispoña de zonas específicas para fumadores, estas deben consistir en locais delimitados por cerramentos estancos ao aire, e en depresión con respecto aos locais contiguos.

Figura 4: Caudal por persoa. Obtido do RITE [1]

segundo e persoa atendendo ó uso dos edificios ten que ventilarse en cada caso.

#### CATEGORÍAS DA CALIDADE DE AIRE

1. Un ximnasio ten capacidade para 30 persoas. Cal é a categoría de aire interior para este local? A que IDA corresponde? que caudal de aire (medido en  $\text{m}^3/\text{h}$ ) ten que mover un ventilador?
2. A sala dun tribunal ten un índice de ocupación de 50 persoas. Cal é o caudal que ten que impulsar un ventilador alí instalado?
3. Na aula na que estamos e sendo o número de persoas que estamos agora mesmo, cal é o caudal que deberíamos ventilar?

#### EDIFICIO DE OFICINAS

1. Unha empresa ten distribuídas as súas oficinas en varias salas. Na de administración traballan 5 persoas, en contabilidade 3 persoas, na oficina técnica traballan 6 persoas e o despacho do director xeral é para o seu uso exclusivo. Fai un posible plano da distribución das oficinas en distinta salas. En que categoría IDA estamos?
2. Tendo en conta os índices de ocupación de cada sala e a táboa das calidades de aire. Cal é o caudal en cada departamento?
3. Cal é o caudal se queremos instalar un único ventilador para toda a empresa
4. Atopa na táboa axeitada un valor para a velocidade do aire que non provoque demasiado ruído. Dado o caudal total, xusto á saída do ventilador, calcula o diámetro da canalización
5. Se quixéramos calcular o caudal total empregando a táboa de renovacións de aire por hora en troques de de facelo como no apartado anterior, que datos nos faltarían?

Cando calcular o caudal usando a superficie ou por número de ocupantes? Habería que calcular o caudal polo dous métodos e quedarse co que dea un valor máis alto. Recoméndase como mínimo o valor da ocupación.

#### 4.3. Análise polo miúdo dun exemplo de instalación

Analicemos un exemplo de instalación de ventilación na figura 5. O aire entra e atravesa unha rella, expándese, ventila unha batería intercambiadora de calor, arrastra unha pulverización de auga, bifúrcase,



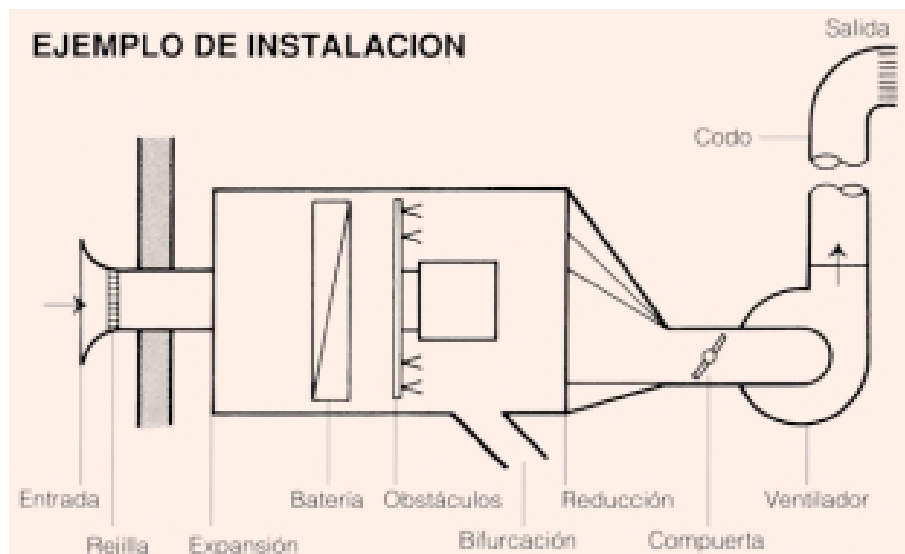


Figura 5: Viaxe do aire pola instalación

redúcese, regúlase por unha comporta á entrada do ventilado, percorre un tramo recto e descárgase a traverso dun codo e unha persiana deflecora. Todos estes accidentes provocan perdas de carga que deberíamos ser quen de calcular.

#### GRANXAS E INVERNADEROS

Convidovos a botar un ollo a este documento que xa mencionamos [4] e consultar as páxinas 36-52. Se alguén se anima podedes facer unha exposición na aula dos casos concretos de granxas e invernadeiros.

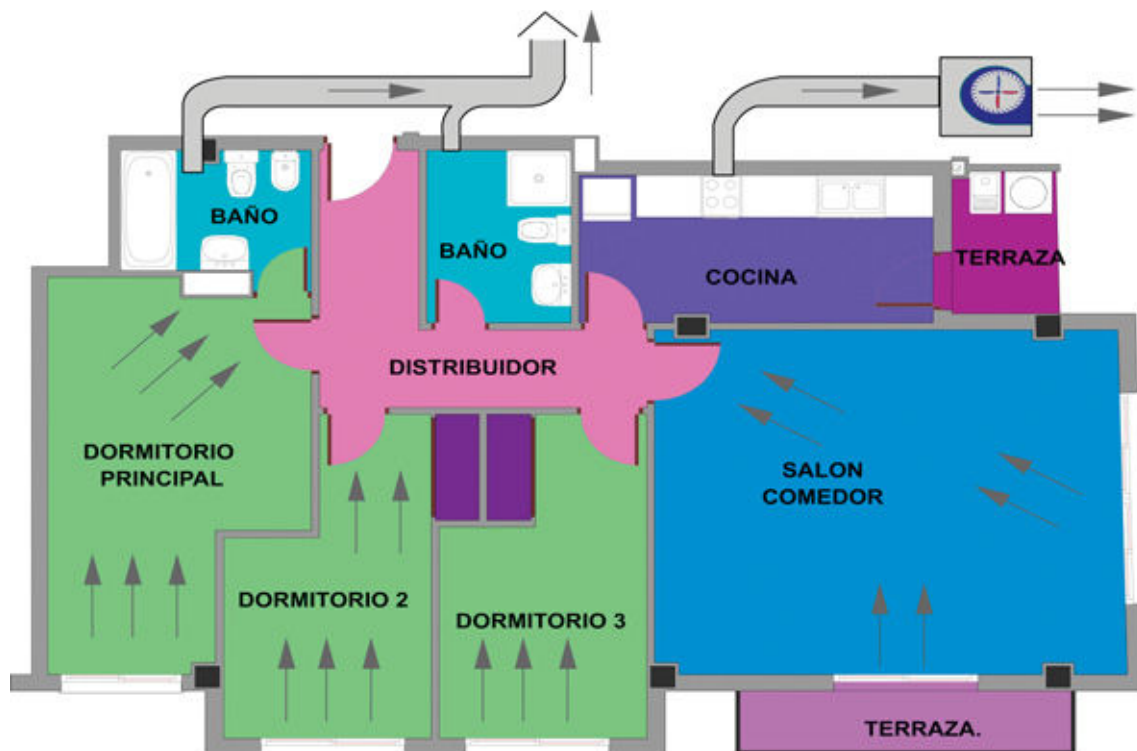
#### 4.4. Cálculo de caudal en vivendas

Sexa cal sexa o tipo de ventilación nunha vivenda dividiremos os espacios en locais secos e locais húmidos:

- Os secos serán o salón, comedor, dormitorios e salas de estar.

- Os húmidos son a cociña, baños ou aseos.

O aire debe circular dos espazos secos ós húmidos polo que os secos deben dispoñer de aberturas de admisión do aire e os húmidos de extracción. As cociñas teñen que ter un sistema propio de extracción localizada independente da ventilación xeral para os fumes.



Para o cálculo do caudal nunha vivenda teremos en conta que en cada habitación individual da casa o número de ocupantes é de un, dous nas habitacións dobres e que existen espazos comúns como o salón ou o comedor. Na cociña hai que fixarse se ten sistema de combustión ou caldeira non estanca para engadir o que indica a táboa:

Nunha casa habita unha familia de 4 membros e ten 3 habitacións, cociña, baño, caldeira de calefacción e auga quente sanitaria non estanca.

espacio	caudal
habitación	5/s por persoa
comúns	3/s por persona
cociña	2 l/s por $m^2$
cociñas con sistema de combustión	incrementarase 8 l/s
rochos	0'7 l/s por $m^2$

Se queremos saber cal será o caudal que debemos mover teremos que calcular o que entra en cada local polas rellas de admisión e o que debe saír polas de extracción.

Nas rellas de admisión:

$$5 + 12 + 10 + 5 = 32 \text{ l/s}$$

Nas rellas de extracción:

$$28 + 15 = 43 \text{ l/s}$$

Daquela o caudal que debemos considerar é o de maior valor: 43 l/s. Dimensionaremos as rellas de extracción do aire segundo o caudal de aire de saída de cada zona.

#### 4.5. Curva resistente da instalación

Polo de agora fixemos as nosas contas para un caudal dado  $Q_1$  e obtemos as correspondentes perdas de carga  $\Delta P_1$ . Pode que queiramos averiguar as perdas de carga para o mesmo sistema de ventilación pero desta volta cun novo caudal  $Q_2$ , daquela usaremos a fórmula:

$$\Delta P_2 = \Delta P_1 \left( \frac{Q_2}{Q_1} \right)^2$$

é dicir, as perdas son proporcionais ó cadrado dos caudais que circulan.

Resolve estes problemiñas:

1. Por un sistema de condutos circula un caudal de  $1200 \text{ m}^3/h$  e ten unhas perdas de 5 Pa. Calcula as novas perdas se duplicamos o caudal
2. Calcula o novo caudal que circulará polo sistema de condutos anterior se queremos reducir as perdas á décima parte

E que acontece se queremos saber as perdas que se producen para moitos caudais? Imos calcular o que se chama a curva de resistencia da instalación. Precisamos construír unha táboa cunha chea de valores supostos de caudais, coller a calculadora e botar as contas como nos problemas anteriores e despois representalo todo nunha gráfica. Posto que a fórmula di que cómpre elevar ó cadrado o resultado terá que ter a pinta dunha parábola e como o aumento do caudal xenera mais perdas de carga a parábola será crecente.

Representa a curva resistente do sistema de condutos anterior polo que circula un caudal de  $1200 \text{ m}^3/h$  e ten unhas perdas de 5 Pa.  
Faino a man e nunha folla de cálculo no ordenador introducindo este dato e usando as fórmulas e as opcións gráficas representar a curva.

## Solución

Pinta unha taboa cos valores do enunciado, propón un novo valor para o caudal e coa fórmula calcula a perda de carga. Fai o mesmo para uns cinco valores. Representa eses valores nunha gráfica cos caudais no eixo horizontal e as perdas de carga correspondentes no vertical. Esta sera a curva resistente da instalación que nos será moi útil máis adiante para calcular o punto de traballo.

caudal	perdas de carga
1200	5
600	
1200	
2400	
300	

## 4.6. Rellas e difusores

### 4.6.1. Rellas

Utilízanse para impulsar ou extraer o aire dun local. As rellas de impulsión teñen construción distinta das de aspiración. Constan dun marco de forma rectangular e varias lamas que poden ser fixas ou orientables, xeralmente de aluminio. Cada fabricante ten as súas medidas, a máis convencional é de 15 x 30 cm.

A regulación das lamas pode facerse orientandoas individualmente ou ou todas conxuntamente cun dispositivo acoplado a todas elas que se despraza xirando un parafuso.

Nalgunhas instalacións faise retorno por plenum. Para acadar idéntico caudal de aire por cada rella cómpre instalalas cun regulador que

limite a entrada de aire de xeito que debe pecharse gradualmente comezando pola derradeira (máxima apertura) ata a que está máis perto do ventilador (mínima apertura)

#### **4.6.2. Difusores**

Utilízanse para aportar aire ós locais coa vantaxe de distribuílo uniformemente nos 360°. Son de forma circular con varias lamas concéntricas de diámetros variados, os máis empregados son de  $\phi$  300 mm.

A distancia entre cada rella ou cada difusor ten que estar comprendida entre 3-4 m como norma xeral

## 5. Ventiladores

Os ventiladores son máquinas rotatorias que son quen de mover unha determinada masa de aire á que comunican unha certa presión. Esta presión é dabondo para que venza as perdas de carga que se producirán na circulación polos condutos. Están compostos de:

- elemento rotativo
- soporte
- motor

O elemento rotativo é a peza que xira arredor do eixo. Dende o punto de vista comercial pode ser tipo hélice ou rodete. As hélices poden mover unha chea de aire comunicando unha presión non moi elevada fronte ós rodetes que moven menor volume cás hélices pero cunha presión moito maior.

### 5.1. Tipos de ventiladores

Os ventiladores empregados en instalacións de ventilación e climatización clasifícanse en función da dirección que proporcionan ó fluxo de aire:

- *Ventiladores axiais ou helicoidais*: o fluxo entra e sae do rodete en dirección axial. Uso en sistemas de ventilación con pequenas perdas de carga
- *Ventiladores centrífugos*: o fluxo entra e sae do rodete en dirección

radial. Proporcionan maiores presións. Empréganse en climatización:

- vencen perdas da rede de condutos
  - vencen as perdas dos filtros e das baterías
- *Ventiladores heliocentrífugos*: o fluxo entra ó rodete en dirección axial e sae do rodete en dirección radial (pouco empregados)

Entre os ventiladores axiais existen dous tipos: murais e tubulares. Os centrífugos clasifícanse en función dos seus álabes (curvados cara adiante, atrás ou rectos)

Fai un esquema das clasificacións e dos tipos de ventiladores dos que se fala nas páxinas da 60-63 do documento [4] que vos dou en fotocopias (ver bibliografía na derradeira páxina destes apuntes)

O Regulamento de Instalacións Térmicas nos Edificios (RITE) establece a obriga de seleccionar o ventilador de tal xeito que o seu rendemento sexa máximo nas condicións calculadas de funcionamento. Cómpre ter en conta que en moitas instalacións a enerxía primaria empregada para o transporte de aire polos condutos de ventilación é superior ó 25 % da demanda de enerxía primaria da instalación. Os ventiladores adoitan estar en funcionamento un gran número de horas: de cada kWh de enerxía eléctrica que consumen requiren entre 2 e 3,3 kWh de enerxía primaria. Aínda por riba cando queremos refrixerar un local, a enerxía



consumida polos ventiladores convertirase en calor sendo outra carga térmica máis do sistema.

## 5.2. Curva característica dun ventilador

Xa falamos das presións existentes nos condutos de ventilación. Lembremos que en descarga libre  $P_e = 0$  e a presión total será debida á presión dinámica. Como a perda de carga calcúlase coa presión dinámica resulta que en descarga libre non hai perda de carga. Polo tanto o punto de descarga libre (ventilador sen condutos) define o máximo caudal que é quen de vencer o ventilador cunha presión dinámica ou perda de carga nula. O punto de traballo será sempre un valor de caudal inferior ó de descarga libre.

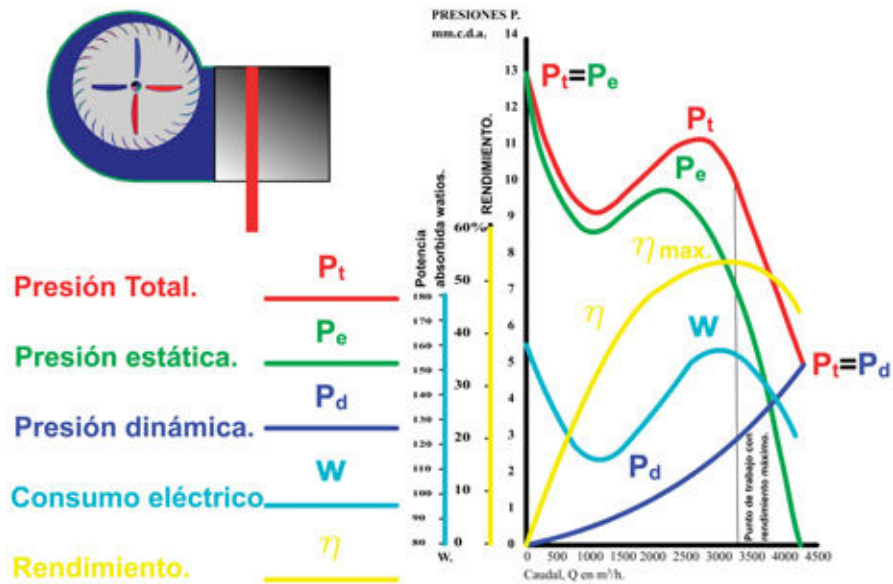


Figura 6: Curvas características dun ventilador

Adoitase indicar nunha gráfica chamada *curva característica dun*

ventilador á representación gráfica de todos os estados caudal-presión de cada ventilador. Na figura 6 móstrase a curva característica e todos os parámetros que nos proporciona o fabricante. As magnitudes que aí aparecen son:

$P_t$ : Presión total,  $P_e$ : Presión estática,  $W$ : Consumo en  $[w]$ ,  $\eta$ : Rendemento

Fíxate que é moita a información que podemos tirar desta gráfica.

Averigua mirando a gráfica:

1. Valor máximo e mínimo de  $P_t$ ,  $P_e$ ,  $P_d$
2. Cal é o caudal no punto de descarga libre?
3. Valor máximo do rendemento
4. Canto vale a presión total no punto de máximo rendemento?
5. Valor máximo de potencia absorbida

Cada tipo de ventilador ten unha curva distinta. Temos que ter en conta que as curvas proporcionanse co ventilador e que aparecen nos catálogos. Moitas veces estas especificacións están na web do propio fabricante polo que temos que afacernos a consultalas.

Na figura 7 mostramos cinco tipos de ventiladores e as súas curvas características dun xeito cualitativo.

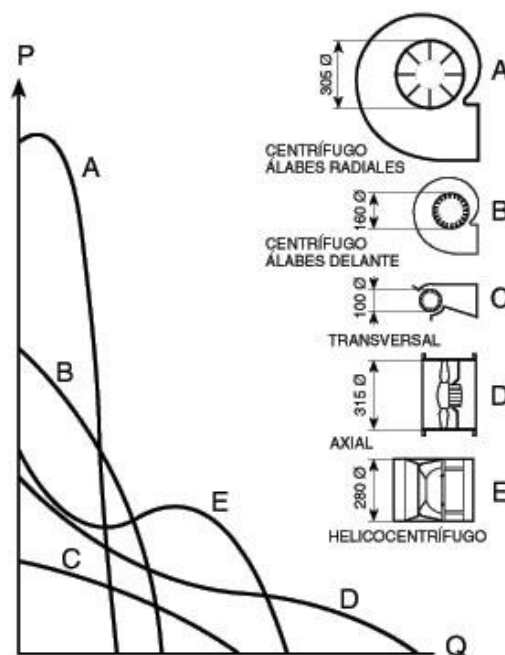


Figura 7: Curvas características de varios tipos de ventiladores

Analicemos esta figura:

1. Que tipo de ventilador acada o maior valor de presión?
2. Cal é o que move máis caudal?
3. Cal é o que exerce menos presión máxima?
4. O que move menos caudal?

A seguinte páxina é dun documento baseado nestes manuais obtido de [5] para aprender como se constrúen estas gráficas. Paga a pena lelo.

## VENTILADORES

# CURVA CARACTERÍSTICA

El ensayo de ventiladores tiene por objeto determinar la capacidad del aparato para transferir la potencia al aire que mueve.

El ventilador se hace funcionar a un régimen de giro constante, tomando valores de diferentes caudales movidos, según sea la pérdida de carga que debe vencerse.

La curva característica de un ventilador se obtiene dibujando en unos ejes de coordenadas los distintos valores caudal-presión, obtenidos mediante ensayo en un laboratorio.

Para entender mejor el concepto de curva característica pondremos el siguiente ejemplo

Supongamos un ventilador tubular trabajando según indica la posición a) de la figura 1. Al medir el caudal de aire que proporciona, encontramos  $Q_1 = 10.000 \text{ m}^3/\text{hora}$ .

Si repetimos el ensayo empalmando un conducto de 10 m por el lado de admisión (posición b) y medimos de nuevo el caudal, nos encontramos con que ha bajado a  $Q_2 = 8.000 \text{ m}^3/\text{hora}$ .

En otro ensayo, acoplamos un tubo de 50 m de longitud (posición c), y comprobamos que el caudal ha descendido a  $Q_3 = 5.000 \text{ m}^3/\text{hora}$ .

Las experiencias anteriores nos demuestran que no es suficiente conocer el caudal que es capaz de suministrar un ventilador a descarga libre (posición a), esto es, sin obstrucciones, para poder catalogarlo. Es necesario conocer qué caudales irá proporcionando según sean las distintas pérdidas de carga que deba vencer.

En la figura 2 tenemos representada una curva característica de un ventilador.

Observemos en primer lugar en la figura una curvas diferentes. Cada una de ellas representa un valor distinto y su lectura se hace en las diferentes escalas que están a la izquierda de la figura.

## PÉRDIDA DE CAUDAL CON LA LONGITUD

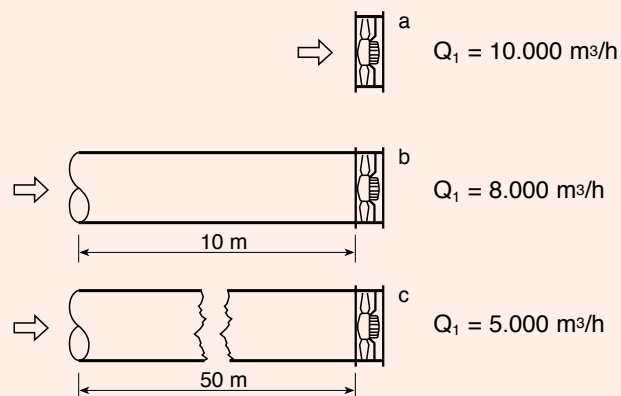


Fig. 1

## CURVA CARACTERÍSTICA DE UN VENTILADOR

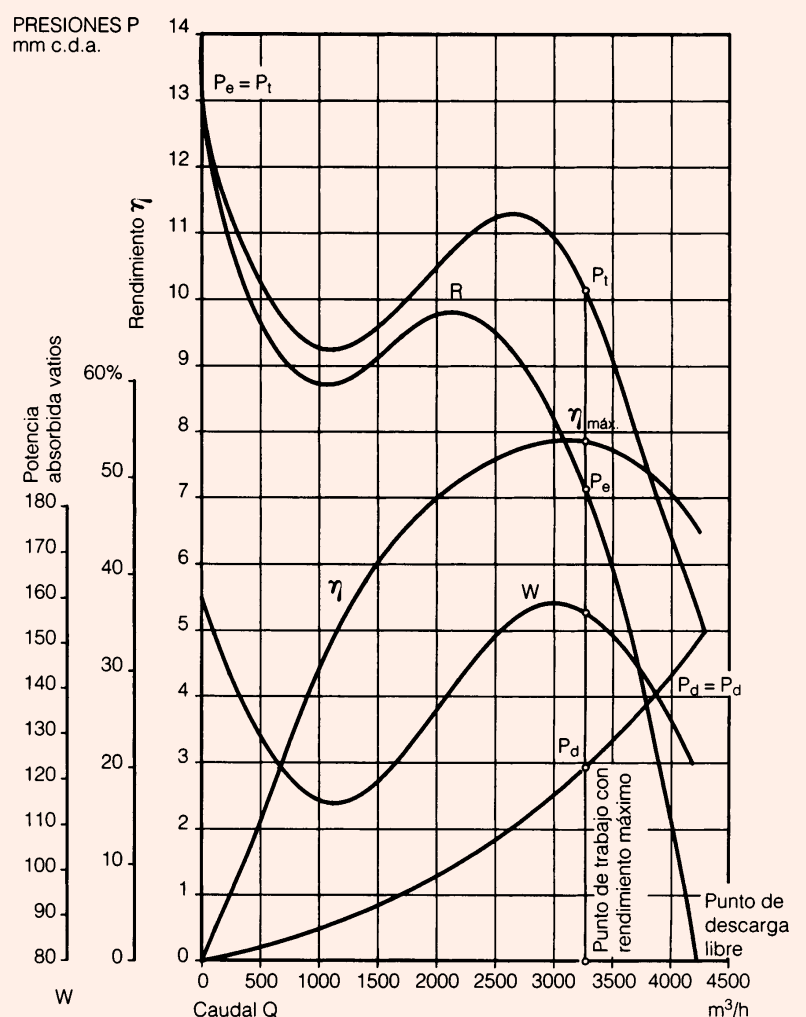


Fig. 2

### 5.3. Cálculo do punto de traballo

O noso obxectivo é atinar co ventilador máis axeitado ó noso sistema de condución.

Para calcular o punto de traballo do sistema o que temos que facer é superpoñer a curva do ventilador que nos dá o fabricante coa curva resistente da instalación que xa fixemos no apartado 4.5 destes apuntes.

Esas dúas curvas córtanse nun punto que na figura 8 chama N. Pois ben o caudal e as perdas de carga que sinalan as coordenadas de N indican o punto óptimo de traballo do noso sistema.

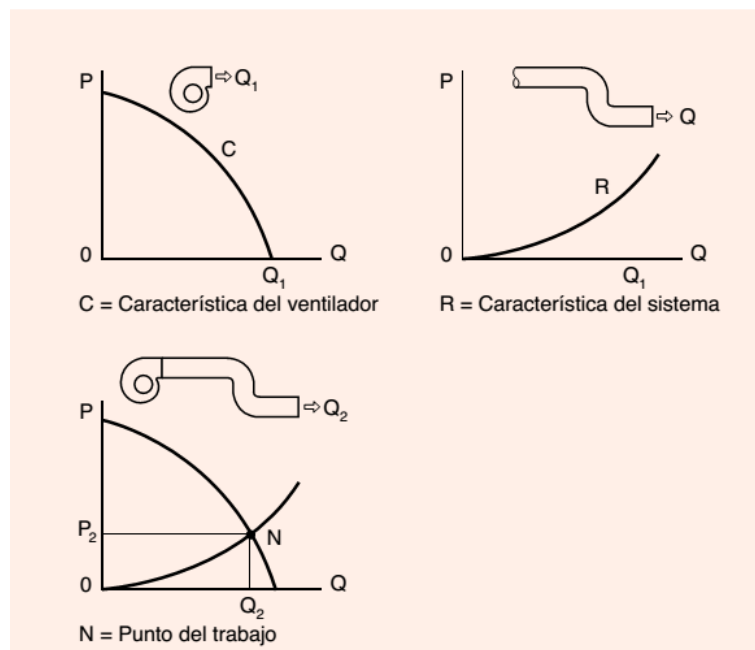


Figura 8: Ir a modo buscando o punto de traballo

## 6. Casos resoltos

### 6.1. Traballo na aula

Resolvemos entre todos os casos seguintes:

1. Configurar un sistema de extracción de aire para un local destinado a pizzería con aforo para 35 persoas. A lonxitude do conduto será de 12 m cunha altura máxima de 20 cm. Queremos que o ventilador traballe en descarga libre.
2. Configurar unha instalación de ventilación para un caudal de  $3000\text{m}^3/\text{h}$  de aire. Queremos usae 2 rellas separadas entre si 4'5 m. Os condutos deben ter un alto de 25 cm como máximo e a descarga faise a traveso dun shunt vertical de 8 m de altura provisto de caperuza.
3. Configurar a instalción de ventilación dun local destinado a gardería infantil con aforo para 50 cativos/as se queremos que o ventilador traballe en descarga libre. O conduto de extracción debe ter unha altura máxima de 20 cm en tres tramos de 5 m cada un.

### 6.2. Escolma de casos prácticos solucionados

Convíдовos a visitar moitos casos prácticos solucionados nesta web

1. Escolle un caso que che resulte interesante no apartado *Renovación ambiental*, por exemplo a sala de reunión de xubilados ou o pub
2. Consulta en internet as referencias dos dispositivos elixidos. Estás de acordo na súa elección? Busca nos catálogos doutras empresas dispositivos adecuados para o resolver o caso

Convídeos a descargar un deseño do sistema de ventilación dun establecemento industrial adicado á fabricación de fariña ou este outro informe dun establecemento industrial adicado á loxística militar

## Referencias

- [1] Ministerio de Industria, Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)RITE en galego
- [2] Ministerio de Fomento, Código Técnico de la Edificación
- [3] Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) Guía técnica de selección de equipos de transporte de fluídos, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)
- [4] J. Marcelino Villar Noval, Materiales Didácticos de Aula: Técnico en Montaje y Mantenimiento de Instalaciones de Frío, Consejería de Educación, Asturias
- [5] Manuais de ventilación de Soler Palau