

Capítulo III

Configuración de redes de agua para instalaciones de refrigeración y climatización así como de conductos de aire

MÓDULO 0039

**CONFIGURACIÓN DE INSTALACIONES DE FRÍO Y
CLIMATIZACIÓN.**

U.D. 4

CONFIGURACIÓN DE CONDUCTOS DE AIRE

M 0039 / UD 4

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	9
OBJETIVOS.....	10
1. CONFIGURACIÓN DE CONDUCTOS DE AIRE.....	11
1.1. Cálculo y trazado de conductos de aire.....	19
1.2. Conductos de impulsión, retorno, extracción y renovación.....	29
1.3. Mantenimiento de instalaciones.....	36
1.3.1. Limpieza de conductos	37
2. INFORME - ensayo de pérdidas de carga en conductos	41
3. Selección de rejillas y difusores.....	43
4. Selección de Ventiladores	45
5. Descripción y selección de elementos auxiliares de instalaciones de aire acondicionado y ventilación.	51
6. Representación de planos y esquemas de principio.	64
7. Normativa de aplicación.....	67
RESUMEN.....	70
Cuestionario de autoevaluación	74
Bibliografía.....	75

a) Presentación

Módulo profesional: **Configuración de instalaciones de frío y climatización**

Código: 0039

Ciclo formativo: Instalaciones Frigoríficas y de Climatización Grado: Medio

Familia Profesional: Instalación y Mantenimiento

Duración: 168 horas

Curso: 2º

Especialidad del profesorado: Organización y proyectos de sistemas energéticos (Profesora o Profesor de Enseñanza Secundaria)

Tipo de módulo: Módulo asociado al perfil del título

d) Orientaciones metodológicas

Para la organización y desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje de este módulo, se sugieren las siguientes recomendaciones:

1) Secuenciación

Parece conveniente iniciar este módulo con una explicación de las diferentes instalaciones tipo y de sus componentes (por ejemplo, el sistema de climatización VRV, volumen de refrigerante variable), tanto en las instalaciones frigoríficas como en instalaciones de climatización-ventilación y redes de agua.

A continuación, se les dará unos planos de instalaciones frigoríficas, de instalaciones de climatización-ventilación y redes de agua, en donde el alumnado tendrá que reconocer los componentes y con la documentación obtenida de los manuales técnicos o utilizando TIC's describirá las funciones que desempeñan, las características técnicas de los equipos y elementos, las dimensiones de las tuberías, los depósitos de inercia y expansión, y obtendrá los parámetros de funcionamiento.

En el caso de instalaciones de conductos de aire, una vez calculadas las dimensiones para los conductos de aire, a partir de ejemplos de menor a mayor complejidad, se explicará el cálculo de las pérdidas de carga y caudal de una instalación sencilla de climatización, utilizando tablas diagramas y programas informáticos, y cumpliendo la normativa correspondiente, y, luego, se seleccionará el ventilador necesario en catálogos.

En el caso de instalaciones de redes de distribución de agua, una vez calculado los diámetros de los conductos de agua para una instalación de climatización, a partir de ejemplos de menor a mayor complejidad, se seleccionarán las bombas de circulación, los depósitos de expansión y la válvula de seguridad y, también, el espesor y las características del aislante, a partir de los datos necesarios y cumpliendo la normativa correspondiente.

El siguiente paso a seguir será el de configurar las instalaciones utilizando tablas diagramas y programas informáticos, y aplicando la normativa correspondiente.

En el caso de instalaciones frigoríficas de pequeña potencia, primeramente, se calculan las cargas térmicas y se determina la potencia frigorífica de la instalación, y, una vez especificado el tipo de refrigerante, la cantidad y el tipo de aceite lubricante y los parámetros de control (temperatura exterior, interior, recalentamiento, subenfriamiento, consumos eléctricos, presiones en el circuito frigorífico e hidráulico, ciclos de desescarche, entre otros) para una instalación de climatización, se dimensionan las tuberías del circuito frigorífico, utilizando tablas diagramas y programas informáticos, y se seleccionan los elementos constituyentes de la instalación a partir de los datos calculados y utilizando catálogos comerciales.

Para finalizar, se elabora el presupuesto utilizando catálogos comerciales.

En el caso de instalaciones de climatización de pequeña potencia, primeramente, se calculan las canalizaciones de aire utilizando tablas y programas informáticos, y se determinan las dimensiones de las tuberías de refrigerante y de agua.

Se representa una instalación de climatización todo aire, dibujando un esquema e indicando la ubicación de los elementos y las canalizaciones.

Se especifican los parámetros de control (temperatura exterior, interior, recalentamiento, subenfriamiento, consumos eléctricos, presiones en el circuito frigorífico e hidráulico, entre otros) en una instalación de climatización y se seleccionan los elementos constituyentes de la instalación a partir de los datos calculados y utilizando catálogos comerciales, y, por último, se elabora el presupuesto utilizando estos catálogos comerciales.

El siguiente paso a seguir es dibujar planos, esquemas de principio y circuitos eléctricos utilizando la simbología establecida de instalaciones como son una instalación con planta enfriadora y unidades de tratamiento de aire, una cámara frigorífica, una instalación de climatización con sistema VRV, indicando la ubicación de los elementos y canalizaciones.

El último paso a seguir es la realización de la documentación técnica y administrativa, interpretando la normativa y cumplimentando documentos en formatos preestablecidos para la legalización de instalaciones de pequeña potencia. Para ello, el profesorado explicará el procedimiento para el registro de instalaciones frigoríficas y de climatización, seleccionando los datos a incluir en la documentación y los documentos a cumplimentar que son requeridos para el registro de una instalación de pequeña potencia, adjuntando la documentación técnica requerida.

2) Aspectos metodológicos

Este es un módulo eminentemente práctico donde la labor del profesorado está fundamentada en una adecuada selección de actividades prácticas secuenciadas en orden creciente de dificultad para favorecer la confianza y el estímulo del alumnado.

El profesorado deberá realizar antes de cada actividad un repaso de los contenidos conceptuales que incluye la misma y que se han tenido que ver con más intensidad en otros módulos. También cabe señalar un sondeo de los conocimientos previos de dibujo técnico y la utilización de medios informáticos, como puede ser el CAD, y, en caso de deficiencia, se realizará un repaso como medida de refuerzo.

El profesorado deberá realizar un seguimiento cercano e individualizado del proceso de aprendizaje de cada alumno o alumna, realizando anotaciones sistemáticas de avances y dificultades en una lista de control.

INTRODUCCIÓN

LAS INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN TIENEN COMO MISIÓN PROCURAR el bienestar de los ocupantes de los edificios, tanto térmica como acústicamente, cumplimentando además los requisitos para su seguridad y con el objetivo de un uso racional de la energía.

Las **condiciones interiores de diseño** deberán estar comprendidas entre los límites generales que nos marca la reglamentación vigente.

Las instalaciones contemplarán también una renovación de aire, adecuada al número de personas y la actividad que realizan, sin olvidar las características interiores del local y de los materiales que las componen.

El proyectista seleccionará el **tipo de instalación de aire acondicionado** en función de determinados criterios como pueden ser:

- *Características del área a acondicionar y actividad que se va a desarrollar en la misma.*
- *Coste de la instalación y consumo de energía de funcionamiento.*
- *Tratamiento de los niveles de ruido que puede emitir la instalación.*
- *Nivel de control de los diferentes parámetros del aire.*
- *Eficiencia en la difusión del aire.*
- *Mantenimiento de la instalación.*

Dentro de los límites de esta unidad didáctica, el concepto de configuración de conductos de aire pretende dar a conocer de forma genérica, los elementos principales y auxiliares necesarios para el cálculo y el conocimiento de las instalaciones de conductos así como de su mantenimiento.

Los problemas energéticos y climáticos actuales, obligan a un constante desarrollo de las técnicas de producción y de los materiales utilizados en las instalaciones, así como un constante estudio e investigación para diseñar instalaciones que cumplan con los parámetros actuales energéticos y medioambientales.

OBJETIVOS

1. Seleccionar la información técnica y reglamentaria, analizando normativa, catálogos, planos, esquemas, entre otros, para elaborar la documentación de la instalación (técnica y administrativa).
2. Calcular las características técnicas de las instalaciones y equipos que las componen, aplicando la normativa y procedimientos de cálculo para configurar y dimensionar las instalaciones.
3. Seleccionar y comparar los equipos y elementos de las instalaciones, evaluando las características técnicas con las prestaciones obtenidas de catálogos, entre otros, para configurar las instalaciones.
4. Elaborar esquemas de las instalaciones, utilizando la simbología, los procedimientos de dibujo y tecnologías adecuadas para configurar las instalaciones.
5. Obtener y valorar el coste de los materiales y de la mano de obra, consultando catálogos y unidades de obra, entre otros, para elaborar los presupuestos de montaje mantenimiento.
15. Analizar los riesgos ambientales y laborales asociados a la actividad profesional, relacionándolos con las causas que los producen, a fin de fundamentar las medidas preventivas que se van adoptar y aplicar los protocolos correspondientes, para evitar daños en uno mismo, en las demás personas, en el entorno y en el medio ambiente.
23. Aplicar y analizar las técnicas necesarias para mejorar los procedimientos de calidad del trabajo en el proceso de aprendizaje y del sector productivo de referencia.

1. CONFIGURACIÓN DE CONDUCTOS DE AIRE

Las instalaciones de climatización tienen como misión procurar el bienestar de los ocupantes de los edificios, tanto térmica como acústicamente, cumplimentando además los requisitos para su seguridad y con el objetivo de un uso racional de la energía.

Las condiciones interiores de diseño deberán estar comprendidas entre los siguientes límites generales:

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.

*En función del tipo de difusión.

Las instalaciones contemplarán también una renovación de aire, adecuada al número de personas y la actividad que realizan, sin olvidar las características interiores del local y de los materiales que las componen según el IDA 4 del C.T.E..

El proyectista seleccionará el tipo de instalación de aire acondicionado en función de determinados criterios como pueden ser:

- **Características del área a acondicionar y actividad que se va a desarrollar en la misma.** Por ejemplo, para aquellos locales con una ocupación muy variable deben estudiarse los dispositivos de variación del caudal de aire exterior.
- **Coste de la instalación y consumo de energía de funcionamiento.** La selección de los equipos debe basarse en los rendimientos energéticos. Por otro lado, la Directiva 93/76/CEE relativa a las emisiones de CO₂, indica que los Estados miembros de la Unión Europea establecerán y aplicarán programas que permitan a los ocupantes de los edificios regular su propio consumo de energía y adecuar la facturación de los gastos en función del mismo.
- **Tratamiento de los niveles de ruido que puede emitir la instalación.**
- **Nivel de control de los diferentes parámetros del aire.** Además de la temperatura y la humedad, deben evaluarse parámetros como el CO₂, excelente indicador de la contaminación del aire originada por los ocupantes.
- **Eficiencia en la difusión del aire.** Estudio de la velocidad del aire y de su estratificación, tanto para el ciclo de refrigeración como para el de calefacción.
- **Mantenimiento de la instalación.** El RITE establece la obligatoriedad del mantenimiento para todas aquellas instalaciones que superen los 70 kW de potencia instalada, definiendo la periodicidad de las diferentes operaciones de mantenimiento.

La **difusión del aire** en los locales es de vital importancia ya que es lo que finalmente se percibe de toda la instalación (condicione finales: térmicas, acústicas).

La selección del o los **ventiladores** es importante no sólo por el movimiento de aire sino por el consumo energético (30%).

Diseño de los **conductos** equilibrados.

Podemos clasificar los sistemas de acondicionamiento de aire según la forma mediante la cual enfriamos o calentamos el mismo, dentro del local que se pretende acondicionar.

- **Expansión directa (equipos de ventana, unidades partidas...).**
- **Todo agua (fan-coils...).**
- **Todo aire (unidades de tratamiento de aire).**
- **Aire - agua (inducción).**

Los sistemas basados en la distribución de aire son los denominados TODO AIRE. En estos sistemas, el conducto actúa como elemento estático de la instalación, a través del cual circula el aire en el interior del edificio, conectando todo el sistema: aspiración del aire exterior, unidades de tratamiento de aire, locales de uso, retorno y evacuación del aire viciado.

Ventajas de los equipos TODO AIRE:

- Filtración, humectación y deshumectación centralizados.
- Funcionamiento silencioso: todos los aparatos móviles se encuentran situados en un espacio común y reducido, lo que permite un tratamiento acústico más sencillo. Los ruidos originados por el flujo de aire en los conductos y transmitidos de un local a otro deben ser estudiados aparte.
- Todo el aire de retorno pasa por la unidad de tratamiento central, por lo que sufre una nueva filtración y corrección de la humedad, redundando en una mayor calidad del aire.
- El aire de renovación es captado por una única toma exterior, lo que permite una mejor ubicación de la misma, de forma que los efectos del viento en fachada tengan una menor incidencia y que se encuentre alejada de zonas de evacuación de aire viciado o torres de enfriamiento.
- Economía de funcionamiento: en estaciones con temperaturas suaves, todo el aire impulsado a los locales puede provenir del exterior sin ningún coste adicional, (free coling), sin existir retornos y mejorándose notablemente la calidad del aire interior. Si en el invierno, durante gran parte del día, las ganancias de calor en el edificio superasen a las pérdidas a través de su envolvente más las necesarias renovaciones mínimas de aire, sería necesario enfriarlo, pudiendo recurrir al aire exterior. A este respecto el RITE exige, que los subsistemas de ventilación tipo aire, de potencia nominal mayor que 70 kW en régimen de refrigeración, dispongan de un subsistema de enfriamiento gratuito por aire exterior.
- Mantenimiento centralizado: filtros, sistemas de humectación y deshumectación, intercambiadores de calor y aparatos móviles están ubicados en un mismo local.
- Opción de control multizona.

Ventajas de la preinstalación de Aire Acondicionado

El confort interior, exigencia de la sociedad actual, no está reñido con la estética del entorno. La previsión en proyecto de una futura instalación de aire acondicionado en la vivienda evitaría la aparición posterior de unidades condensadoras en terrazas y ventanas, que afean la fachada.

La consideración en fase de proyecto de la preinstalación de aire acondicionado permite una mayor adaptación de la instalación futura al tipo de vivienda y un diseño realizado por profesionales de la climatización.

El coste de dicha preinstalación es reducido si se ejecuta en la fase de construcción del edificio, por varios motivos. El primero se debe a que el importe económico de los materiales de la preinstalación (conductos, rejillas...) representa una pequeña parte del coste total de la instalación. En segundo lugar, la preinstalación no exige la compra de la unidad de tratamiento de aire en el momento de la adquisición de la vivienda. Y por último, la preinstalación evita realizar obras posteriores en falsos techos y conexiones de maquinaria.

El tipo de preinstalación más extendida consiste en una red de conductos de distribución de aire y un espacio concebido para la colocación posterior del equipo de climatización. En algunos casos, se incorpora un sistema de control para la regulación del caudal del aire mediante compuertas y termostatos. Generalmente, a la hora de la compra, el futuro propietario posee la opción de incluir el equipo más adaptado a sus necesidades según se especifica en el proyecto de su vivienda.

Entre los diferentes tipos de instalaciones centralizadas, las de distribución de aire por conductos son las únicas que pueden ofrecer las tasas de renovación de aire adecuadas para obtener la calidad de aire interior necesaria sin necesidad de una instalación de ventilación adicional. Permiten, a su vez, el enfriamiento gratuito o *free cooling*, ya citado, durante la mayor parte del año en climatologías como la nuestra. De esta forma, aportamos al edificio aire exterior exclusivamente, sin necesidad de calentar o enfriar el aire.

No podemos olvidar que, por unidad energética, la refrigeración supone, en general, un consumo de energía superior al de la calefacción y hace necesario que la eficiencia de la instalación sea máxima. Además de existir un correcto aislamiento térmico global del edificio, los conductos de distribución de aire, donde se pueden producir las mayores pérdidas energéticas, deberán incorporar el aislamiento.

Determinados materiales aislantes térmicos como la lana de vidrio añaden una cualidad directamente ligada al confort: la absorción del sonido. Los ruidos producidos por el funcionamiento del equipo y por la circulación de aire son prácticamente eliminados por los conductos autoportantes de lana de vidrio. Los sistemas avanzados de control térmico por zonas aportan un nuevo enfoque en la racionalización de los consumos y permiten equipamientos de menor potencia.

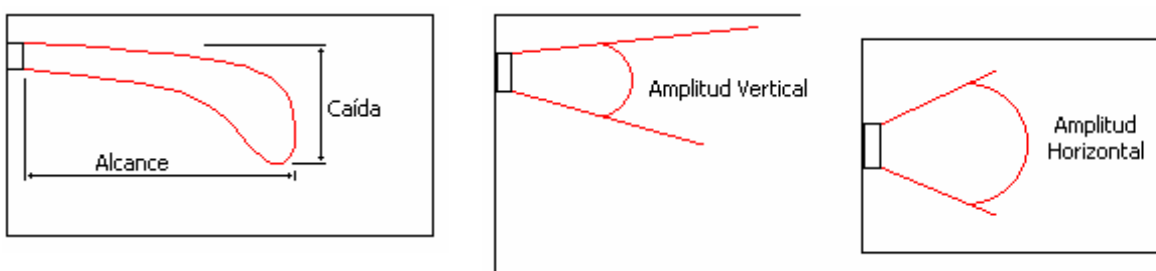
Una variante a lo expuesto son las instalaciones de distribución de aire mixtas, que comprenden el acondicionamiento de aire para calefacción y para refrigeración. Normalmente se ofrece el equipo de calefacción ya instalado y, como opción, la ampliación posterior con una unidad de enfriamiento de aire. Existen en el mercado equipos eléctricos y/o de gas, y su elección puede depender de la zona climática, del coste del equipo y de la eficiencia de funcionamiento, entre otros.

Difusión del aire (I)

- **Zona de ocupación**, desde 10 cm desde el suelo hasta los 2 metros para personas de pie; en disposición horizontal depende de la ocupación prevista del local.
- La **velocidad** del aire en la zona ocupada; la recomendación entre 0,18 y 0,24 m/seg en verano y entre 0,15 y 0,20 m/seg en invierno.
- **Gradiente vertical de temperatura**: para que exista confort térmico no debe de exceder de 2 °C por metro en la zona ocupada.
- El Índice de Prestaciones de una Distribución de Aire (**IPDA**), valor ponderado de confort debido a la velocidad del aire y su temperatura.

Velocidad media (m/s)	IPDA (%)	Aplicaciones
0,15	100	-
0,28	90	Salas de concierto, Oficinas
0,32	80	Aulas
0,35	70	Oficinas públicas

- La **dirección aire**; hay que tener cuidado con ella ya que puede ser molesto para una persona recibir el aire directamente.
- **Alcance, flecha o propulsión**, es la distancia horizontal recorrida por el aire, ha de ser de al menos 3/4 partes la distancia del local (sin llegar a la pared frontal).
- La **caída** es la distancia vertical desde la posición del difusor a la que tengamos una velocidad del aire de 0,25 m/seg.
- La **inducción** es la mezcla que se provoca del aire impulsado con el aire del local.
- La **dispersión o amplitud del difusor** es el ángulo de divergencia de la corriente de aire después de la boca.

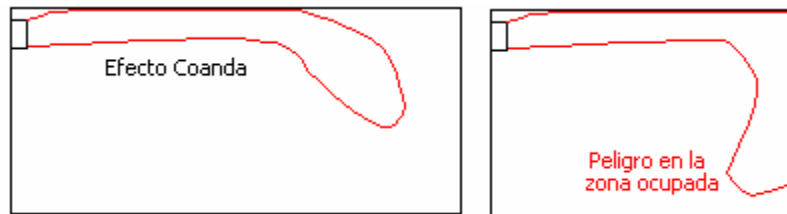


- El **área de distribución**; definido por la flecha, la caída y las amplitudes.
- La **eficacia de la impulsión (e)** se define en función del parámetro medido (concentración, temperatura, ...) en la extracción (e), la impulsión y en el ambiente del local (a).

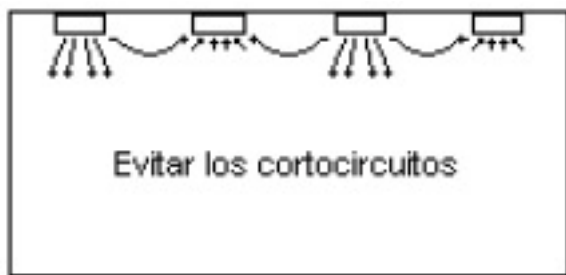
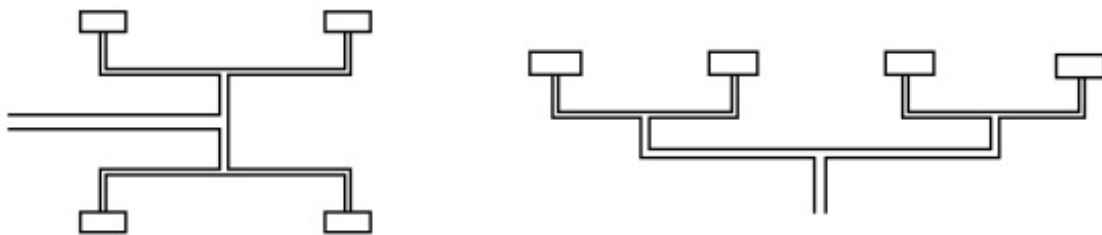
$$\varepsilon = \frac{C_e - C_i}{C_a - C_i}$$

- Se ha de tener en cuenta el **efecto Coanda**, una vena que se induce cercana y paralela a una pared plana y horizontal, tiende a mantenerse pegada a esta aumentando su distancia de propulsión.

La cantidad de aire necesitada es inversamente proporcional a la eficacia de la ventilación



- Las **sustancias contaminantes** a extraer de un local están marcadas por las concentraciones que resultan perjudiciales a la salud ó producen una molestia excesiva bajo una exposición de 8 horas al día.
- Hay que mantener **zonas de presión positiva o negativa**.
- La **ubicación de las bocas de descarga** o impulsores tiene que tender al diseño de conductos equilibrados.



- La **ubicación de las bocas de aspiración** ha de evitar cortocircuitos con el aire impulsado, y la dispersión de la contaminación.

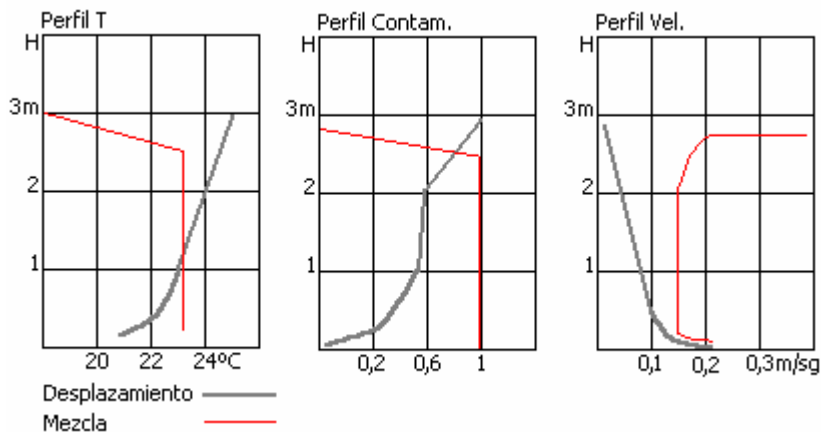
Tipos de difusión

- **Por mezcla:** el aire introducido se mezcla con el aire del local antes de ser extraído. Tiende a hacer homogéneas las condiciones en el local, dando prioridad a las condiciones del aire en el local.
- **Por flujo laminar:** el aire se desplaza de un lado a otro del local provocando un barrido del aire sin mezcla. Se da prioridad a la calidad del aire en la zona de impulsión, y solo se emplea cuando se exigen una alta calidad del aire con elevada tasa de ventilación.
- **Por desplazamiento:** se aprovechan las corrientes ascendentes del aire provocadas por las fuentes de calor del local; el aire se impulsa sin turbulencias, a velocidad muy baja y a nivel del suelo; al chocar con las corrientes convectivas de los focos de calor asciende.



Comparación entre mezcla y desplazamiento

- **En refrigeración** interesa la estratificación, y el desplazamiento es mejor, ya que la mezcla del aire se produce en la zona ocupada
- **En calentamiento** el desplazamiento no es válido, el aire impulsado tiende a pasar sobre la zona ocupada sin entrar en ella.



Mezcla				Desplazamiento	
Impulsión arriba Extracción arriba		Impulsión arriba Extracción abajo		Impulsión abajo Extracción arriba	
ΔT (°C)	Ev	ΔT (°C)	Ev	ΔT (°C)	Ev
0	0,9 a 1	menos de -5	0,9	menos de 0	1,2 a 1,4
0 a 2	0,9	de -5 a 0	0,9 a 1	0	0,7 a 0,9
2 a 5	0,8	mas de 0	1	de 0 a 2	0,2 a 0,7
mas de 5	0,4 a 0,7			mas de 2	

Los conductos de aire son los elementos de una instalación a través de los cuales se distribuye el aire por todo el sistema; aspiración, unidades de tratamiento de aire, locales de uso, retorno, extracción de aire, etc. Sus propiedades determinan en gran parte la calidad de la instalación, al jugar un papel fundamental en determinados factores, como por ejemplo, el aprovechamiento energético o el comportamiento acústico de la misma.

La normativa de aplicación en vigor para regular las características que deben cumplir los conductos de distribución de aire, está contenida en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), con desarrollo en sus Instrucciones Térmicas Complementarias (ITE). En estas instrucciones se hace referencia a diversas normas UNE o EN del Comité 100 de Normalización.

El RITE hace referencia a los conductos metálicos, que deben cumplir lo especificado en la norma UNE-EN-12237, y conductos no metálicos, que deben cumplir lo especificado en la norma UNE-EN-13403. También se mencionan las conexiones flexibles (conductos flexibles) entre las redes de conductos de aire y las unidades terminales, indicando que la longitud máxima de dichas conexiones debe ser de 1,2 m debido a su elevada pérdida de presión.

Se analizan en esta Unidad didáctica:

1. Conductos de chapa metálica.
2. Conductos de lana de vidrio.
3. Conductos flexibles y sus limitaciones de uso.

Conductos de chapa metálica

Se trata de conductos realizados a partir de planchas de chapa metálica (acero galvanizado o inoxidable, cobre, aluminio...), las cuales se cortan y se conforman para dar al conducto la geometría necesaria para la distribución de aire.

Puesto que el metal es un conductor térmico, los conductos de chapa metálica deben aislarse térmicamente. Habitualmente, el material empleado consiste en mantas de lana de vidrio para colocar en el lado exterior del conducto. Estas mantas incorporan un revestimiento de aluminio que actúa como barrera de vapor. También pueden colocarse, en el interior del conducto, mantas de lana de vidrio con un tejido de vidrio que permite la absorción acústica por parte de la lana y refuerza el interior del conducto.



Clasificación de los conductos de chapa

a) Respecto a la presión máxima y estanqueidad

Los conductos de chapa se clasifican de acuerdo a la máxima presión que pueden admitir:

Clase de conductos	Presión máxima (Pa)
Estanqueidad A	500 Pa (1)
Estanqueidad B	1000 Pa (2)
Estanqueidad C	2000 Pa (2)
Aplicaciones especiales	2000 (2)

(1) Presión positiva o negativa.

(2) Presión positiva.

Norma UNE-12237.

b) Respecto al grado de estanqueidad

Se establecen tres clases. Los sistemas de montaje y tipos de refuerzos vienen definidos en el proyecto de norma europea prEN 1507. Ver también norma UNE -EN-12237.

Conductos de lana de vidrio

Son conductos realizados a partir de paneles de lana de vidrio de alta densidad, aglomerada con resinas termoendurecibles. El conducto se conforma a partir de estas planchas, cortándolas y doblándolas para obtener la sección deseada.

Las planchas a partir de las cuales se fabrican los conductos se suministran con un doble revestimiento:

- La cara que constituirá la superficie externa del conducto está recubierta por un complejo de aluminio reforzado, que actúa como barrera de vapor y proporciona estanqueidad al conducto.
- La cara que constituirá el interior del conducto, dispondrá de un revestimiento de aluminio, un velo de vidrio, o bien un tejido de vidrio, según las características que se deseen exigir al conducto.



Conductos flexibles

Se trata de conductos flexibles con forma de fuelle, constituido generalmente por dos tubos de aluminio y poliéster entre los cuales se dispone un fieltro de lana de vidrio que actúa como aislamiento térmico. Están regulados por la norma UNE-EN-13180.

El RITE limita su uso a longitudes de 1,2 m debido a su elevada pérdida de carga y a los problemas acústicos que pueden originar; por lo que se utilizan principalmente para la conexión entre el conducto principal de aire y las unidades terminales (difusores, rejillas).



1.1. Cálculo y trazado de conductos de aire.

El aire que circula por la red de conductos, recibe la energía de impulsión (aspiración) por medio de un ventilador. Esta energía debe ser suficiente para que el aire sea distribuido a todos los locales a acondicionar, en las condiciones previstas de caudal, temperatura y velocidad, según las condiciones de diseño.

El problema reside en el diseño correcto de las dimensiones de los conductos, para que circule por ellos el caudal previsto, y para que la energía total del aire sea capaz de vencer de manera equilibrada las inevitables pérdidas que se producen en todo proceso de flujo dinámico en conductos.

Estas pérdidas son de dos tipos:

- **Pérdidas por rozamiento**, debido a la viscosidad del fluido. Dependen de la geometría, la rugosidad interna de los conductos y el régimen de movimiento del aire.
- **Pérdidas dinámicas**, causadas por las perturbaciones de velocidad, por cambios direccionales o por variaciones bruscas de la temperatura.

Presiones estática, dinámica y total

Conceptos

La energía suministrada por el sistema de impulsión (aspiración) se establece en forma de presiones, mediante dos componentes:

- a) La presión estática, P_s , que es la consecuencia de la compresión del fluido dentro del conducto. Se mide por exceso (o defecto) sobre la presión atmosférica ambiental.

Esta presión es positiva en impulsión y negativa en aspiración.

La presión estática es máxima en el punto de impulsión y decrece a lo largo del conducto por efecto de las pérdidas por fricción, hasta ser prácticamente nula en la salida. Sucede lo mismo en el circuito de aspiración, aunque con valores negativos.

- b) La presión dinámica, P_d , es la componente de energía debido a la velocidad del fluido, y su valor se obtiene mediante la expresión:

$$P_d = \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

siendo:

ρ = densidad del aire circulante (kg/m^3)

v = velocidad del aire circulante (m/s)

La presión dinámica siempre es positiva (en el sentido de avance del aire).

Como la masa de aire transportada en la unidad de tiempo es constante a lo largo del conducto, la velocidad varía en cada cambio de sección del conducto, hasta su salida o hasta la distribución del aire en las bifurcaciones.

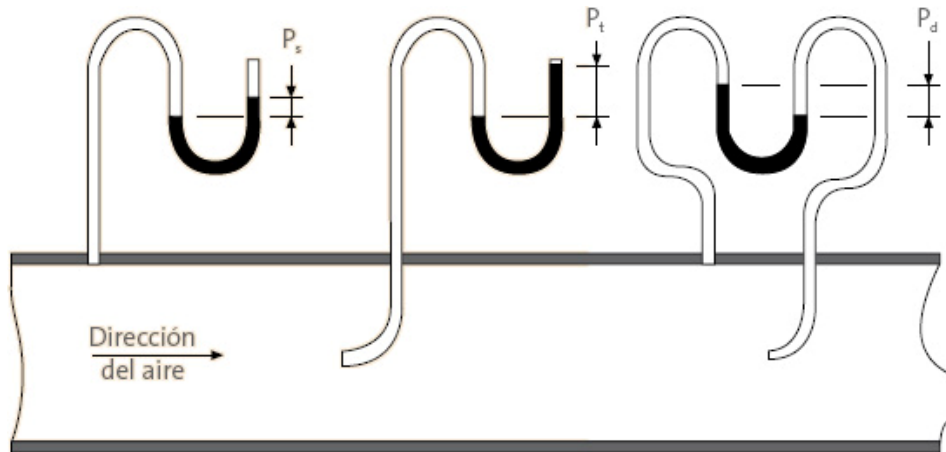
- c) La presión total, P_t , es la resultante de la suma algebraica de $P_s + P_d$. En un conducto de aspiración, la P_t será negativa (depresión), siendo siempre positiva en conductos de impulsión.

Unidades y equipos de medida

La unidad utilizada para medida de presiones en el Sistema Internacional es el Pascal
($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$).

Habitualmente, en cálculos relativos a aire acondicionado se utiliza también el milímetro de columna de agua (mm.c.a), cuya equivalencia es: $1 \text{ mm.c.a.} = 9,81 \text{ Pa}$.

Como equipo de medida se utilizan tubos de Pitot, como se indica en la figura.



Pérdidas de carga

El progreso fluido-dinámico del aire en los conductos provoca dos tipos de pérdidas de carga:

- pérdidas por rozamiento
- pérdidas dinámicas.

a) Pérdidas de carga por rozamiento

Se deben a la viscosidad del fluido, y a las variaciones de dirección y choques de las partículas de aire dentro del régimen de turbulencia, en las condiciones habituales para la climatización.

Las pérdidas se producen a lo largo de toda la extensión lineal del conducto, y se expresan en valores de pérdidas de la presión total por unidad de longitud del conducto considerado: (Pa/m) ó (mm.c.a./m).

El cálculo de pérdidas de carga mediante formulación es complicado, ya que depende de un número de factores considerable en forma de ecuaciones exponenciales, establecidas por Darcy-Weisbach y Colebrook. Únicamente es posible la utilización de estas fórmulas con métodos informáticos, mediante el software adecuado.

Otro método más práctico, si no se dispone de software, es la utilización de Gráficos de Rozamientos, que se establecen para una geometría del conducto, tipo de material (única rugosidad absoluta), y unas condiciones del aire en temperatura y densidad, así como de presión atmosférica (altura).

Las variaciones en las condiciones señaladas en los gráficos necesitan factores de corrección que, aplicándose a los obtenidos directamente de las Gráficas de Rozamiento, darán el valor de pérdida de carga real buscado.

Pérdidas de carga en conductos tipo “Plus y Neto”

Las experiencias de laboratorio, realizadas sobre montajes reales de diversas secciones, han permitido establecer:

- Las pérdidas de carga reales son prácticamente iguales a las teóricas determinadas por el Gráfico de Rozamiento de ASHRAE para conductos cilíndricos de chapa galvanizada, dentro del campo de velocidades de 0 a 15 m/s para el tipo Plus, y de 0 ó 10 m/s para el tipo Neto(*).
- Los codos de dos ángulos de 135°, es decir, aquellos fabricados a partir de tramos rectos, tienen similares o ligeramente inferiores pérdidas de carga que los codos curvos fabricados a partir del tipo Plus y Neto.

(*) Para conseguir una adecuada atenuación acústica, se recomienda trabajar a baja velocidad en instalaciones de conductos tipo “Neto”.

En estas condiciones, es posible la utilización directa del gráfico indicado, por lo que se procede del modo siguiente:

- a) Establecer el diámetro del conducto rectangular, con una sección circular que representa la misma pérdida de carga para igual caudal.

Para ello, se utiliza la equivalencia:

$$D_e = 1,3 \frac{(a * b)^{0,625}}{(a + b)^{0,25}} (mm)$$

Siendo a y b los lados del conducto rectangular en mm.

- b) Conocido el caudal (m³/ h) y el valor “D_e”, se determina la pérdida de carga en el Gráfico de Rozamiento correspondiente a estos conductos.

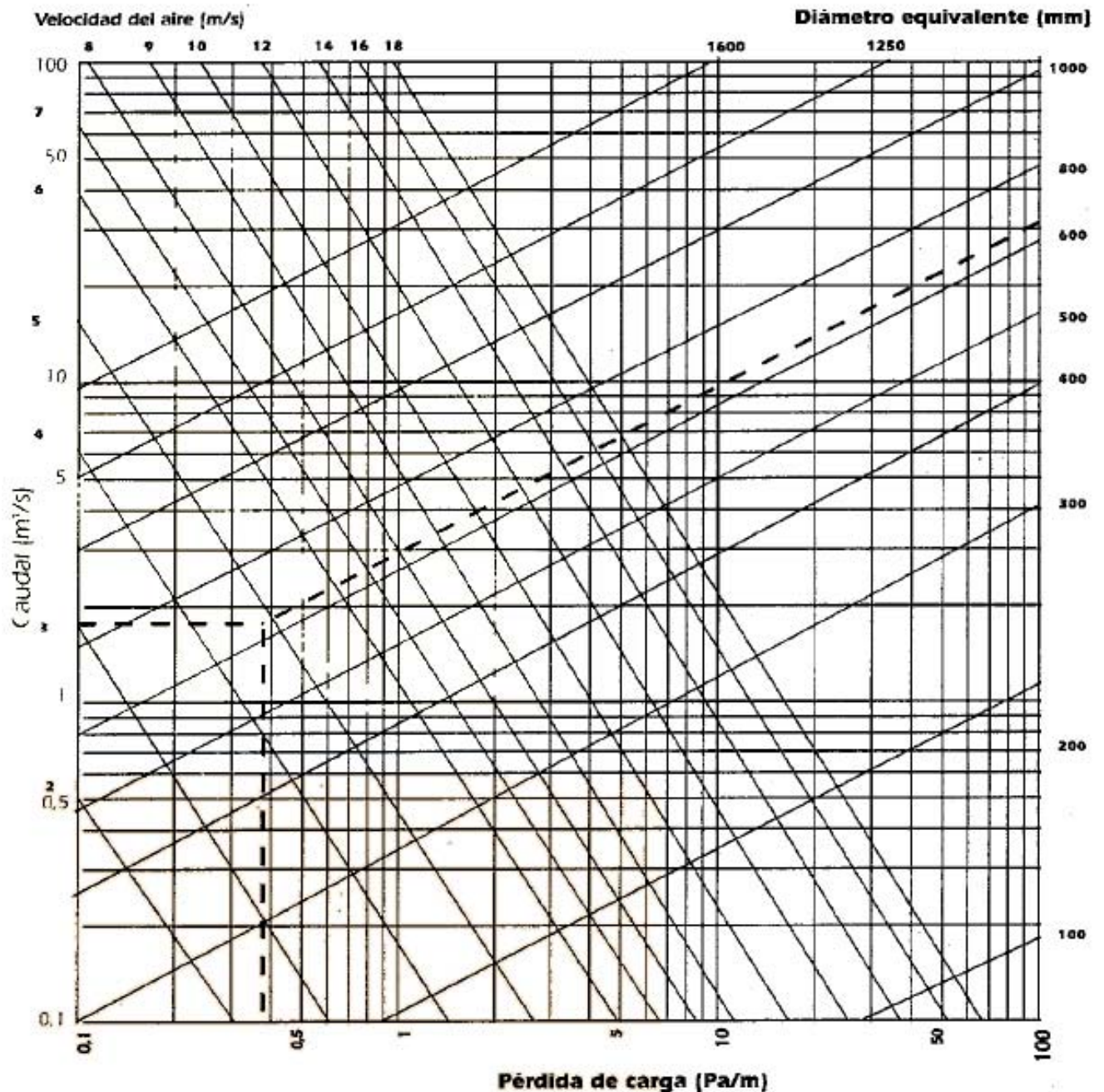
EJEMPLO

Se desea conocer la pérdida de carga a 20 °C y 760 mm.c.a. (101,325 KPa) de un conducto del tipo Plus de 600x600 mm de sección y considerando un caudal de 1,70 m³/s.

$$D_e = 1,3 \frac{(600 * 600)^{0,625}}{(600 + 600)^{0,25}} (653,3mm)$$

Para este diámetro equivalente y un caudal de 1,7 m³/s, el Gráfico de Rozamiento indica una pérdida de carga de 0,37 Pa/m (0,037 mm.c.a./m).

Gráfico de rozamiento



Pérdidas de carga locales o dinámicas

Corresponden a aquellos puntos o tramos donde el flujo sufre perturbaciones de velocidad por cambios de direcciones o variación de sus valores absolutos.

Estas pérdidas dinámicas, aunque se producen en toda la longitud de un conducto, a efectos prácticos se suponen localizadas en las zonas que afectan al cambio en la velocidad que se ha mencionado, lo que facilita el cálculo de las mismas.

Este cálculo es válido, siempre que se considere que las pérdidas de carga por rozamiento afectan a tramos rectos suficientemente largos (longitudes mayores que 6 diámetros equivalentes). Si el tramo recto entre dos uniones que supongan pérdidas de carga locales, es inferior a esta cantidad, las configuraciones de la corriente no permiten este tipo de cálculo.

Coeficientes para pérdidas locales

Son valores adimensionales que responden a la relación de pérdidas de carga, referidas a la presión total, respecto de la presión dinámica en la sección considerada:

$$C = \frac{\Delta P_t}{P_v}$$

Siendo:

C: Coeficiente de pérdidas (adimensional).

ΔP_t : Pérdida de presión total en la sección considerada (Pa).

P_v : Presión dinámica en la sección considerada (Pa).

Estos coeficientes responden a configuraciones geométricas en las uniones, así como a las características adimensionales de los conductos.

Cuando el flujo de aire cambie de dirección en un conducto, las consideraciones geométricas deben complementarse con otro coeficiente que afecta a las características propias del aire circulante, mediante correcciones debidas al número de Reynolds (Re):

$$Re = \frac{\rho * D * v}{\mu}$$

Donde:

Re: Número de Reynolds (adimensional).

ρ : Densidad del aire (Kg/m³).

D: Diámetro equivalente del conducto (m).

v: Velocidad del aire (m/s).

μ : Viscosidad del aire (m·Pa/s).

En condiciones normales, aplicables al aire acondicionado:

$$Re = 6,63 * 10^4 * D * v$$

En estos casos, el coeficiente de pérdidas viene representado por:

$$C = C' * K_{Re}$$

Siendo:

C': Coeficiente de pérdidas por características geométricas (adimensional).

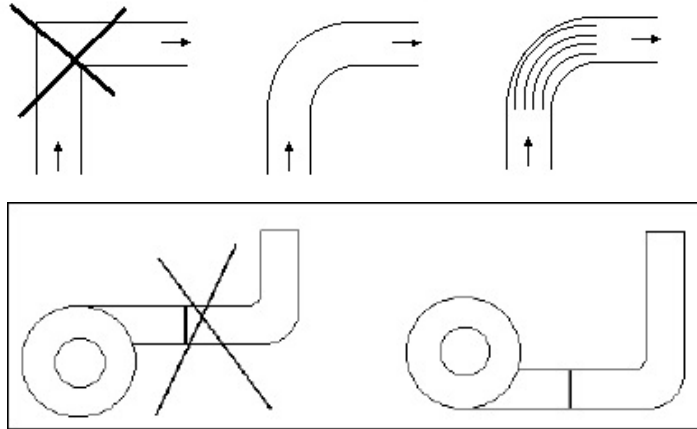
K_{Re} : Coeficiente de pérdidas por flujo (adimensional).

Valores de los Coeficientes de Pérdidas Locales en Conductos

Se indican a continuación los coeficientes C para algunas de las condiciones geométricas más usuales en los conductos. Para el producto tipo Plus o Neto, los coeficientes C son equivalentes a los valores de la chapa galvanizada y pueden obtenerse a partir de los valores reflejados en el "Manual Fundamentals" de ASHRAE.

Cálculo de la pérdida de carga en los conductos (I).

- Por el rozamiento del aire: función de la rugosidad del conducto, de la sección, y de la longitud equivalente y del caudal de aire.



$$\Delta P = 0'4 * f * \frac{L}{d^{1'22}} * V^{1'82}$$

f = rugosidad del conducto, depende del material.

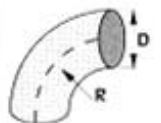
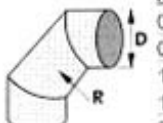
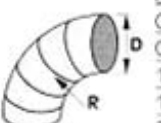

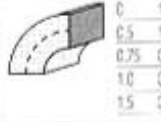
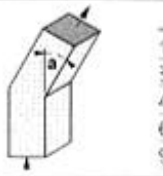
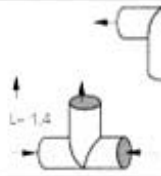
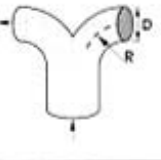

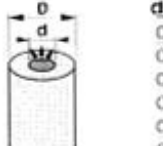
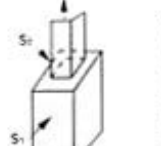
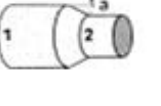
L = longitud del conducto (m)

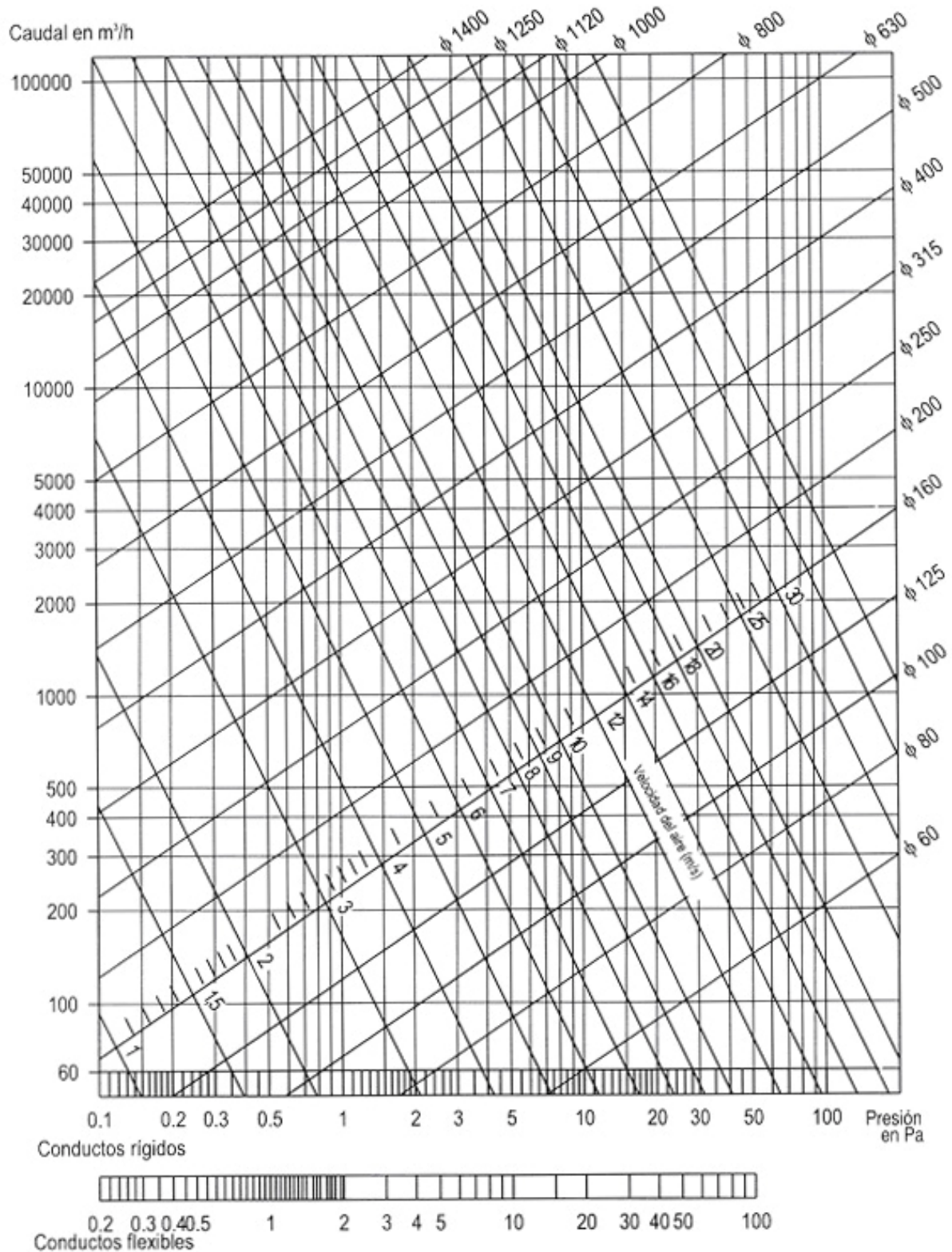
d = diámetro equivalente del conducto (cm)

v = velocidad del aire (m/seg); [caudal / sección conducto] válido para una altitud inferior a 600 m y Tª aire entre 0 y 50°C.

$$D_{eq} = \frac{1'3 * (a.b)^{5/8}}{(a + b)^{1/4}}$$

donde a y b son los lados del rectángulo

 <table><tr><th>R/D</th><th>5</th></tr><tr><td>0,5</td><td>1,3</td></tr><tr><td>0,75</td><td>0,8</td></tr><tr><td>1,0</td><td>0,5</td></tr><tr><td>1,5</td><td>0,3</td></tr><tr><td>2,0</td><td>0,25</td></tr></table>	R/D	5	0,5	1,3	0,75	0,8	1,0	0,5	1,5	0,3	2,0	0,25	 <table><tr><th>R/D</th><th>5</th></tr><tr><td>0,5</td><td>0,90</td></tr><tr><td>0,75</td><td>0,45</td></tr><tr><td>1,0</td><td>0,35</td></tr><tr><td>1,5</td><td>0,25</td></tr><tr><td>2,0</td><td>0,20</td></tr></table>	R/D	5	0,5	0,90	0,75	0,45	1,0	0,35	1,5	0,25	2,0	0,20	 <table><tr><th>R/D</th><th>5</th></tr><tr><td>0,5</td><td>1,1</td></tr><tr><td>0,75</td><td>0,6</td></tr><tr><td>1,0</td><td>0,4</td></tr><tr><td>1,5</td><td>0,25</td></tr><tr><td>2,0</td><td>0,2</td></tr></table>	R/D	5	0,5	1,1	0,75	0,6	1,0	0,4	1,5	0,25	2,0	0,2	 <table><tr><th>a</th><th>5</th></tr><tr><td>15°</td><td>0,1</td></tr><tr><td>30°</td><td>0,2</td></tr><tr><td>45°</td><td>0,5</td></tr><tr><td>60°</td><td>0,7</td></tr><tr><td>90°</td><td>1,3</td></tr></table>	a	5	15°	0,1	30°	0,2	45°	0,5	60°	0,7	90°	1,3																		
R/D	5																																																																				
0,5	1,3																																																																				
0,75	0,8																																																																				
1,0	0,5																																																																				
1,5	0,3																																																																				
2,0	0,25																																																																				
R/D	5																																																																				
0,5	0,90																																																																				
0,75	0,45																																																																				
1,0	0,35																																																																				
1,5	0,25																																																																				
2,0	0,20																																																																				
R/D	5																																																																				
0,5	1,1																																																																				
0,75	0,6																																																																				
1,0	0,4																																																																				
1,5	0,25																																																																				
2,0	0,2																																																																				
a	5																																																																				
15°	0,1																																																																				
30°	0,2																																																																				
45°	0,5																																																																				
60°	0,7																																																																				
90°	1,3																																																																				
 <table><tr><th>R/a</th><th>0,25</th><th>0,5</th><th>1,0</th><th>4,0</th></tr><tr><td>0</td><td>1,3</td><td>1,5</td><td>1,5</td><td>1,4</td></tr><tr><td>0,5</td><td>1,3</td><td>1,1</td><td>1,0</td><td>1,0</td></tr><tr><td>0,75</td><td>0,6</td><td>0,5</td><td>0,4</td><td>0,4</td></tr><tr><td>1,0</td><td>0,4</td><td>0,3</td><td>0,25</td><td>0,2</td></tr><tr><td>1,5</td><td>0,2</td><td>0,15</td><td>0,1</td><td>0,1</td></tr></table>	R/a	0,25	0,5	1,0	4,0	0	1,3	1,5	1,5	1,4	0,5	1,3	1,1	1,0	1,0	0,75	0,6	0,5	0,4	0,4	1,0	0,4	0,3	0,25	0,2	1,5	0,2	0,15	0,1	0,1	 <table><tr><th>a</th><th>5</th></tr><tr><td>15°</td><td>0,1</td></tr><tr><td>30°</td><td>0,3</td></tr><tr><td>45°</td><td>0,7</td></tr><tr><td>60°</td><td>1,0</td></tr><tr><td>90°</td><td>1,4</td></tr></table>	a	5	15°	0,1	30°	0,3	45°	0,7	60°	1,0	90°	1,4	 <table><tr><th>R/D</th><th>5</th></tr><tr><td>0,5</td><td>1,2</td></tr><tr><td>0,75</td><td>0,6</td></tr><tr><td>1,0</td><td>0,4</td></tr><tr><td>1,5</td><td>0,25</td></tr><tr><td>2,0</td><td>0,2</td></tr></table>	R/D	5	0,5	1,2	0,75	0,6	1,0	0,4	1,5	0,25	2,0	0,2	 <table><tr><th>a</th><th>5</th></tr><tr><td>10°</td><td>0,06</td></tr><tr><td>20°</td><td>0,10</td></tr><tr><td>30°</td><td>0,13</td></tr><tr><td>45°</td><td>0,20</td></tr><tr><td>60°</td><td>0,30</td></tr></table>	a	5	10°	0,06	20°	0,10	30°	0,13	45°	0,20	60°	0,30
R/a	0,25	0,5	1,0	4,0																																																																	
0	1,3	1,5	1,5	1,4																																																																	
0,5	1,3	1,1	1,0	1,0																																																																	
0,75	0,6	0,5	0,4	0,4																																																																	
1,0	0,4	0,3	0,25	0,2																																																																	
1,5	0,2	0,15	0,1	0,1																																																																	
a	5																																																																				
15°	0,1																																																																				
30°	0,3																																																																				
45°	0,7																																																																				
60°	1,0																																																																				
90°	1,4																																																																				
R/D	5																																																																				
0,5	1,2																																																																				
0,75	0,6																																																																				
1,0	0,4																																																																				
1,5	0,25																																																																				
2,0	0,2																																																																				
a	5																																																																				
10°	0,06																																																																				
20°	0,10																																																																				
30°	0,13																																																																				
45°	0,20																																																																				
60°	0,30																																																																				
 <table><tr><th>R/a</th><th>5</th></tr><tr><td>0,5</td><td>1,0</td></tr><tr><td>0,75</td><td>0,5</td></tr><tr><td>1,0</td><td>0,25</td></tr><tr><td>1,5</td><td>0,15</td></tr><tr><td>2,0</td><td>0,1</td></tr></table>	R/a	5	0,5	1,0	0,75	0,5	1,0	0,25	1,5	0,15	2,0	0,1	 <table><tr><th>d/D</th><th>5</th></tr><tr><td>0,1</td><td>2,5</td></tr><tr><td>0,2</td><td>2,5</td></tr><tr><td>0,4</td><td>2,5</td></tr><tr><td>0,6</td><td>2,3</td></tr><tr><td>0,8</td><td>1,9</td></tr><tr><td>0,9</td><td>1,5</td></tr></table>	d/D	5	0,1	2,5	0,2	2,5	0,4	2,5	0,6	2,3	0,8	1,9	0,9	1,5	 <table><tr><th>S2/S1</th><th>5</th></tr><tr><td>0,1</td><td>0,6</td></tr><tr><td>0,2</td><td>0,45</td></tr><tr><td>0,4</td><td>0,3</td></tr><tr><td>0,6</td><td>0,2</td></tr><tr><td>0,8</td><td>0,1</td></tr></table>	S2/S1	5	0,1	0,6	0,2	0,45	0,4	0,3	0,6	0,2	0,8	0,1	 <table><tr><th>a</th><th>5</th></tr><tr><td>10°</td><td>0,06</td></tr><tr><td>20°</td><td>0,10</td></tr><tr><td>30°</td><td>0,13</td></tr><tr><td>45°</td><td>0,20</td></tr><tr><td>60°</td><td>0,30</td></tr></table>	a	5	10°	0,06	20°	0,10	30°	0,13	45°	0,20	60°	0,30																
R/a	5																																																																				
0,5	1,0																																																																				
0,75	0,5																																																																				
1,0	0,25																																																																				
1,5	0,15																																																																				
2,0	0,1																																																																				
d/D	5																																																																				
0,1	2,5																																																																				
0,2	2,5																																																																				
0,4	2,5																																																																				
0,6	2,3																																																																				
0,8	1,9																																																																				
0,9	1,5																																																																				
S2/S1	5																																																																				
0,1	0,6																																																																				
0,2	0,45																																																																				
0,4	0,3																																																																				
0,6	0,2																																																																				
0,8	0,1																																																																				
a	5																																																																				
10°	0,06																																																																				
20°	0,10																																																																				
30°	0,13																																																																				
45°	0,20																																																																				
60°	0,30																																																																				



Por variación de velocidad; en los estrechamientos aumenta la velocidad y por tanto se pierde presión, en los ensanchamientos se reduce la velocidad y por tanto se recupera presión.

$$\text{Si } V_{\text{ventilador (fan)}} < V_{\text{conducto (duct)}}: \quad \text{Pérdidas} = 1'1 \left[\left(\frac{V_d}{242'2} \right)^2 - \left(\frac{V_f}{242'2} \right)^2 \right]$$

$$\text{Si } V_{\text{ventilador (fan)}} > V_{\text{conducto (duct)}}: \quad \text{Ganancia} = 0'75 \left[\left(\frac{V_f}{242'2} \right)^2 - \left(\frac{V_d}{242'2} \right)^2 \right]$$

Métodos de cálculo de conductos.

- Reducción de velocidad
 - Pérdida de carga constante
 - Igual pérdida de carga en cada rama
 - Recuperación estática
 - Optimización, T
- **Reducción de velocidad:** empleado para sistemas sencillos;
 - Conocidos los caudales se realiza el trazado de los conductos.
 - Se elige la velocidad del conducto principal, tablas, y con el gráfico se dimensiona el conducto y se obtiene la pérdida de carga unitaria.
 - Para los siguientes tramos se va reduciendo la velocidad, tablas, y con los caudales y la velocidad se va repitiendo el proceso para el primer tramo.
 - El ventilador debe poseer la presión suficiente para suministrar la necesitada en el conducto más desfavorable.
 - Para que el sistema esté equilibrado se deberá de cumplir que las presión al final de todos los conductos sea la misma; hay que equilibrar los conductos añadiendo en alguno de ellos pérdidas de carga adicionales

Utilización	Conductos Impulsión		Conductos Retorno	
	C. Principal	C. Derivado	C. Principal	C. Derivado
Residencia	5	3	4	3
Auditorios	6.5	5	5.5	4
Dormitorios	7.5	6	6.5	5
Oficinas	9	7	7	6

Pérdida de carga constante: se fija una pérdida de carga constante por metro lineal de conducto (+ó- 0,1 mm.c.a./m)

- Con el caudal y la pérdida de carga se obtienen en el gráfico la velocidad del conducto principal y la sección del conducto circular equivalente
- Se dimensiona el conducto principal rectangular equivalente al circular;
- Finalmente se selecciona el ventilador; hay que equilibrar los conductos.
- Cuando se realiza una derivación el área que debe tener cada uno de los dos conductos derivados se expresa como porcentaje del conducto del que derivan, tablas.

% Caudal	% Area Conducto
1	2
5	9
10	16,5

% Caudal	% Area Conducto
35	43
40	48
45	53

Se **requiere equilibrar los conductos**, pero ofrece mejores resultados que el método anterior.

- **Igualdad de pérdida en cada rama:** se diseñan todas las ramas con igualdad de pérdida de carga, resultan conductos equilibrados, pero las velocidades pueden ser excesivas, lo que obliga a recalcular la red.
 - Se fija la pérdida de carga lineal en la rama más larga (long eq.), se resuelve como en el caso anterior y se selecciona el ventilador.
 - Se coge la siguiente rama más larga y se calcula la pérdida por metro lineal en "el resto" del conducto, y se dimensiona como en el caso anterior.
- **Recuperación estática;** trata de mantener la misma presión estática en todas las bocas, con lo que resultan conductos equilibrados, para ello busca que la pérdida de presión por rozamiento se compense con la ganancia producida por reducción de velocidad.
 - Conocido el caudal de aire, se selecciona la velocidad del conducto principal o la pérdida de carga lineal, y se dimensiona con el gráfico hasta la primera derivación.
 - Se dimensionan todas las derivaciones para que la recuperación estática sea igual a la pérdida de carga por lo que en la práctica se realiza apoyándose en gráficas
 - Existe un gráfico para con el caudal de aire obtener la relación L/Q
 - En un segundo gráfico con la relación L/Q y la velocidad antes de la derivación, V_1 , se obtiene la velocidad después de la derivación, V_2
 - Con V_2 y el Q se determina la sección circular del conducto equivalente y con esta se dimensiona el conducto rectangular
 - El ventilador se selecciona por el conducto más desfavorable.

Este método ofrece **conductos equilibrados** y de **mayores dimensiones** que el anterior, lo que conduce ventiladores menores, con lo que la inversión inicial en conductos será mayor, pero los gastos de explotación en electricidad son menores.



- **Método optimizado, método T;** consiste en dimensionar los conductos y el ventilador simultáneamente, de manera que el coste conjunto de la red de conductos, el equilibrado y puesta en marcha, y el la energía que se va a consumir durante su vida útil sea el óptimo.
 - Obtener la función de coste, esto es algo que no es sencillo.
 - A partir de un diseño se obtiene para cada tramo el coste en función del caudal, de la pérdida de presión y de un factor K que depende del tramo.
 - Se resume toda la red en un tramo equivalente.
 - Se obtiene la pérdida de presión óptima que minimice el coste.
 - Se expande el conducto equivalente hasta reconstruir la red.
 - Con el nuevo dimensionamiento se vuelve a calcular la K de cada tramo para iterar en el mismo proceso varias veces (2 o 3).
 - El ventilador se selecciona por el caudal y la pérdida de presión óptima.

Este método es **complejo de cálculo**, pero ofrece los mejores resultados desde el punto de vista económico además de producir conductos equilibrados; hay que tener cuidado con las velocidades resultantes para que no resulten excesivas en ningún tramo.

1.2. Conductos de impulsión, retorno, extracción y renovación.

Los aspectos relativos a la calidad del aire de los ambientes de los edificios se tratan con frecuencia en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). Se indica en este Reglamento la necesidad de una correcta ventilación de los locales, haciéndose referencia a la norma UNE -EN-13779. En concreto, se menciona:

- El aire exterior de ventilación, se introducirá debidamente filtrado en el edificio.
- Se establecerán clases de filtración mínimas a emplear, en función de la calidad de aire exterior, y de la calidad de aire interior requerida.
- En el proyecto se detallarán los puntos de control y limpieza de la instalación de filtrado para mantenimiento de equipos y conductos.
- Por lo general, hay que recurrir a las sistemas de acondicionamiento de aire para que las condiciones higrométricas del ambiente y las de confort coincidan.

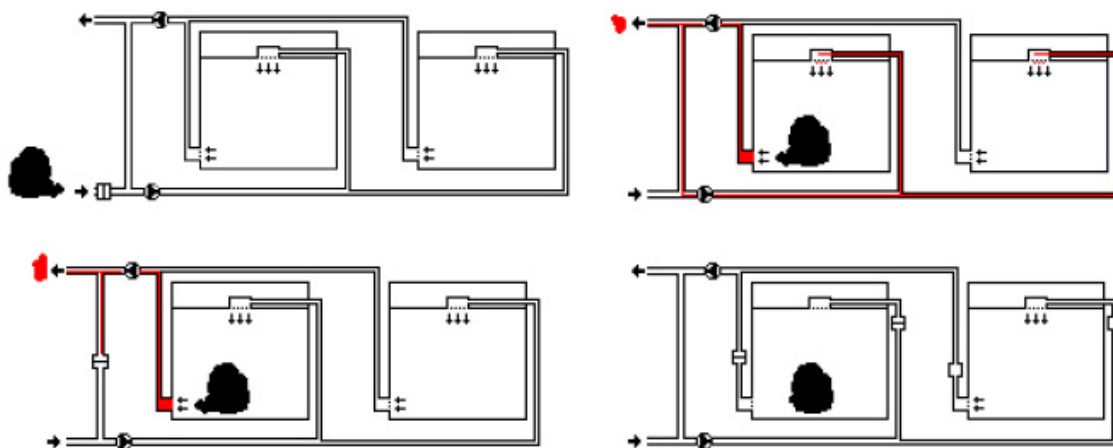
Los conductos de aire son elementos estáticos de la instalación, a través de los cuales circula el aire en el interior del edificio, conectando todo el sistema: aspiración, unidades de tratamiento, locales de uso, retorno y evacuación del aire viciado.

Considerando la calidad del aire interior y el confort que deben de proporcionar las instalaciones, los **conductos** pueden presentar diversos **factores** que influyen en la calidad de aire y en el confort de la instalación:

- Variación de las magnitudes físicas del aire.
- Ruidos.
- Factores exógenos y endógenos de calidad del aire.

Elementos auxiliares

- Filtros de aire.
- Silenciadores o atenuadores acústicos.
- Compuertas anti-retorno.
- Compuertas de regulación.
- Cajas de caudal variable.
- Compuertas cortafuegos (humo), accionamiento automático con un fusible térmico, cuando la temperatura del aire supera los 70-75°C.



Factores que influyen en la calidad del aire debido a los conductos

a) Variaciones de temperatura y humedad

La red de conductos trata de conseguir que el aire tratado llegue al local a acondicionar con la temperatura y humedad fijadas en proyecto. Este aire proveniente de la máquina de aire acondicionado, circula con unas características de temperatura y humedad diferentes a las del ambiente a acondicionar, por lo que existirá una transferencia de calor (no deseada) a través de las paredes del conducto de aire acondicionado.

Esta transferencia de calor será tanto mayor cuanto menor sea el aislamiento utilizado en los conductos (Gráfico 1).

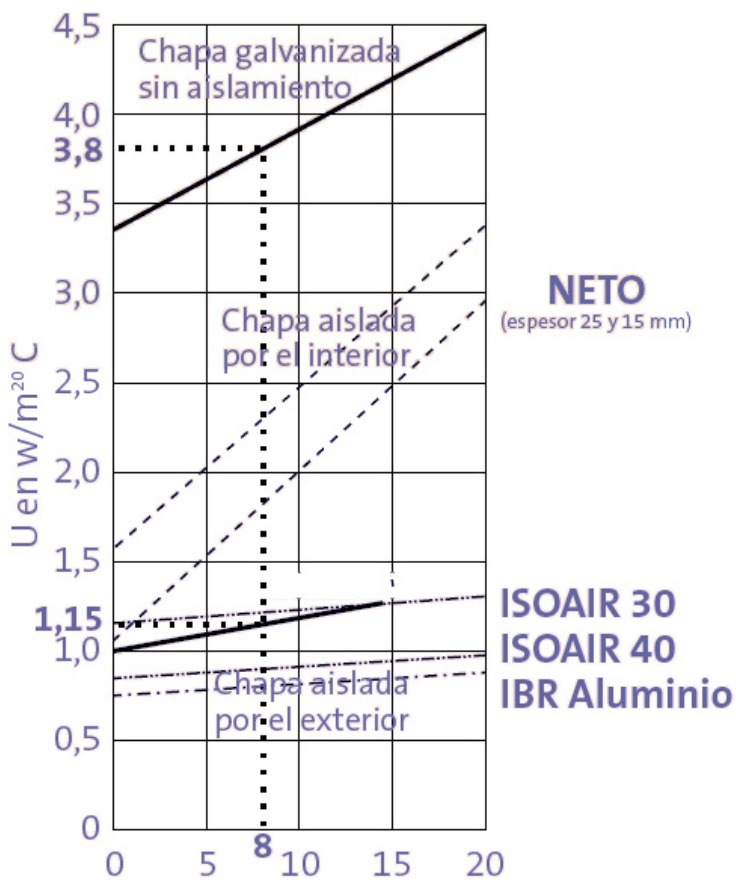


Gráfico 1: Obtención del coeficiente U de transmitancia térmica para distintos tipos de conductos.

Fuente: ASHRAE Fundamentals.

A esta transferencia de calor no deseada hay que añadir las pérdidas energéticas debidas a las filtraciones de aire tratado a través de las juntas de los conductos de aire acondicionado.

Las pérdidas energéticas en una red de conductos debido al flujo de calor a través de las paredes y a las filtraciones de aire en las uniones del conducto se ilustran en la Tabla 2.

El efecto de estas pérdidas energéticas a través de los conductos de aire acondicionado es doblemente negativo, puesto que por un lado, repercute en un mayor consumo energético (la máquina deberá aportar un caudal extra para compensar las pérdidas) y por otro lado, significa que el caudal de aire, que en su paso a través de la red de conductos, ha ido perdiendo sus características higrométricas originales, llegará al local a acondicionar con unas características diferentes a las de proyecto.

La **solución** pasa irrevocablemente por conseguir un **aislamiento térmico** eficaz en la red de conductos, construyendo los conductos a partir de paneles de material aislante. Otra solución es añadir un material aislante (manta de lana de vidrio), si se parte de un conducto construido a partir de materiales sin estas características intrínsecas.

Pérdidas energéticas según el tipo de conductos.

Pérdidas energéticas en instalaciones de conductos				
Tipo concepto	Chapa (sin sellar)	Chapa (sin sellar) + manta de 15 mm de espesor	Chapa (sin sellar) + manta de 55 mm de espesor	Conducto de lana de vidrio
Filtraciones: - Volumen (m ³ /h) - Energía (Kwh)	223 1,28	223 1,28	223 1,28	28 0,19
Paredes: - U (W/h·m ²) - Energía (Kwh)	3,70 1,66	2,10 0,97	0,80 0,35	1,10 0,57
Total pérdidas energéticas (Kwh)	2,94	2,25	1,63	0,76

b) Condensaciones

Otra característica muy importante relacionada con un correcto aislamiento térmico de los conductos, pasa por la presencia o no de condensaciones en los conductos (ver capítulo 2).

Una de las condiciones de partida de proyecto debe ser la total ausencia de condensaciones en la red de conductos, puesto que éstas pueden dar lugar a un caldo de cultivo para bacterias u hongos. En este sentido, los conductos no contribuyen al desarrollo o proliferación de mohos.

Para constatar este hecho, se han realizado ensayos en laboratorio homologado, siguiendo la Norma Europea UNE -EN 13403, los cuales demuestran que los conductos no constituyen sustrato para desarrollo o proliferación de mohos.

En este ensayo, se toman dos muestras de conducto de lana de vidrio de dimensiones 102 mm x 102 mm x 25 mm, y se depositan mohos y esporas de pan en puntos concretos, sobre cada cara de estas muestras. A continuación se colocan las muestras así tratadas, junto con una muestra sin tratar en una cámara climática acondicionada a temperatura ambiente y saturada en vapor de agua.

Se observa periódicamente el estado de las muestras, detectando si existe crecimiento de mohos o esporas, o si se desintegran. Si no se da ninguna de estas dos situaciones, se mantiene en la cámara durante 60 días. Pasado este tiempo se estudia si hay extensión del moho, deterioro de la estructura o abertura de juntas en el material.

En el caso de los paneles de lana de vidrio ensayados, los resultados obtenidos en todas las muestras ensayadas fueron idénticos:

- No existe deterioro de la estructura del panel ni aberturas de juntas
- No se observa crecimiento del moho fuera de la zona inoculada.

Así pues, las conclusiones del ensayo son claras: las muestras cumplen con los requisitos de la norma UNE -EN 13403, pues el moho inoculado no se extiende, la estructura no se deteriora y las juntas no se abren, por lo que se concluye la **no proliferación de mohos en conductos de lana de vidrio**.

c) Desequilibrios de presión

El transporte de fluidos supone admitir unas pérdidas de carga, por la acción combinada para cada fluido de los siguientes factores:

- Rozamiento del fluido con las paredes del conducto: función del régimen de flujo, de la geometría y rugosidad de la cara interna.
- Pérdidas dinámicas: por variación de la geometría y/o dirección del flujo.

Para que la difusión sea correcta, las bocas de los conductos deben de tener una sección correctamente definida, con una velocidad media de aire dada y una presión estática equilibrada.

Diseños inadecuados de redes de conductos, o defectos en la ejecución material y en el equilibrado de presiones, producirán unas condiciones de confort inadecuadas sobre las previstas, lo que producirá una descompensación de las cargas térmicas en los locales a acondicionar y, en una parte de los mismos, un aporte insuficiente de aire de renovación, con las consecuencias que esto implica en el bienestar de los usuarios.

d) Ruido en la red de conductos y Atenuación Acústica

Otro aspecto no material en el que los conductos pueden jugar un papel fundamental es la atenuación acústica del ruido, proveniente tanto de la instalación de climatización en sí (unidades de tratamiento, ventiladores, flujo de aire en el conducto, difusores...), como de los ruidos de “transmisión cruzada”, que son los producidos en un local y transmitidos a otros adyacentes vía el sistema de conductos.

Entendiendo el ruido como un sonido no deseado, es evidente que conseguir atenuar el ruido redundará en una mayor calidad del ambiente interior.

Para ello, **se deben instalar conductos con un alto coeficiente de absorción acústica** (conductos de lana de vidrio), o bien recubrir el interior del conducto con este tipo de material. Con la primera solución, podemos conseguir atenuaciones muy elevadas.

Como puede observarse en Tabla nº 3 la atenuación acústica por metro lineal de red de conductos, según cual sea la solución escogida, es tremendamente importante. Los valores mostrados en la Tabla nº 3 son los valores obtenidos en ensayos reales realizados en el CSIC, Instituto de Acústica.

Se puede observar que la atenuación acústica en conductos *del tipo* Neto, es del orden de 20 veces superior en las frecuencias significativas de una instalación de aire acondicionado, a la atenuación obtenida por un conducto de chapa aislado por el exterior. Es decir, necesitaríamos hasta 20 metros de conducto de chapa para obtener la misma atenuación acústica que se obtendría en un solo metro de conducto *del tipo* Neto.

En el caso de utilizar conductos revestidos interiormente con aluminio (*del tipo* Plus R), la atenuación acústica sigue siendo un orden de magnitud superior (siempre más de 10 veces superior) a la obtenida con las soluciones de conductos de chapa, mostrando sus grandísimas cualidades desde el punto de vista acústico.

e) Factores exógenos y endógenos de calidad de aire

Es un hecho bien conocido por los profesionales que se dedican al control y al mantenimiento de las instalaciones de aire acondicionado, la presencia de depósitos de suciedad en zonas del interior de los conductos.

El origen de esta suciedad que finalmente ha terminado depositada en el interior del conducto puede ser muy variado. Entre las causas, podemos encontrar desde la suciedad producida en el montaje de la instalación (recogiendo polvo, tierra o restos de otros materiales de construcción), hasta los depósitos de suciedad debidos a una toma de aire exterior contaminada unido a un incorrecto filtrado de este aire exterior.

No obstante, también debido al uso diario del edificio, puede acumularse suciedad en el interior del conducto. En este sentido el propio sudor de las personas que habitan en el local acondicionado, el humo del tabaco o de las cocinas, e incluso todas las fibras que se desprenden de moquetas, alfombras o cortinas, pueden terminar depositándose en los conductos de aire acondicionado, ensuciando el conducto, y pudiendo llegar a deteriorar la calidad del aire interior.

Asimismo, el aire exterior aporta una cantidad variable de materia orgánica e inorgánica, que penetra en el sistema de conductos. Si no disponemos de un sistema de tratamiento de aire adecuado, una parte de este aire será introducida en los locales y otra se depositará en las vías de transporte, en este caso, la red de conductos.

Operaciones de mantenimiento	76%
Filtrado Ineficiente	56%
Ventilación Insuficiente	54%
Mala distribución del aire	21%
Contaminación interior de conductos	12%

Cabe recalcar, para contrastarlo con los argumentos otras veces más alarmistas, que según un estudio de la empresa Health Building International sobre un total de 11 millones de metros cuadrados de conductos, solo un 10% de las quejas relacionadas con una incorrecta calidad del aire interior tienen su origen en la contaminación en el interior de los conductos.

No obstante, y atendiendo a esta casuística, es evidente que debe diseñarse la red de conductos con la previsión de una futura limpieza de los mismos. En concreto, el RITE menciona que debe efectuarse la limpieza de las redes de conductos una vez terminado su montaje, y según las directrices de la norma UNE 100012.

Asimismo, se debe de garantizar una limpieza inicial de los mismos, antes de la puesta en funcionamiento del edificio. Durante el periodo de funcionamiento, además de una tasa de renovación de aire adecuada, son necesarios filtros eficientes y aplicar unas condiciones de limpieza y mantenimiento de la instalación adecuada.

Programas informáticos (I)

Saunier Duval

Tipo de conducto

Materiales

Conducto:
 ALUMINIO
 CHAPA
 CIRCULAR
 FIBRA + ALUMINIO
 FIBRA DE VIDRIO

Material:

Espesor: mm

Factor de fricción:

Solapa: mm

% Desperdicio:

☐ Circular

Diámetros:

☒ Modificable

Nuevo Eliminar Copiar

Zonas **Tramos** **Cálculo**

Inserción de Zonas:
☒ Manual
☐ Automática

Grupo General
☒ Grupo General
☐ DIA

☒ Verano
☐ Invierno
☐ Superficie

Actualizar Zonas

NOMBRE	RATIO	CAUDAL
D 1	925	107
D 2	1.106	129
D 3	1.106	129
D 4	2.228	259
SALON COMEDOR	4.531	527

☒ Zona
☐ Todo

Eliminar

Zonas **Tramos** **Cálculo**

INICIO	FINAL	LONGITUD	CONDUCTO	CURVAS	ZONA SALIDA	ANCHO	ALTO
1	2	0,5	FIBRA + ALUMINIO	0,0		450	150
2	3	1,0	FIBRA + ALUMINIO	1,0	ALON COMEDOR	250	150
2	4	3,5	FIBRA + ALUMINIO	0,0		300	150
4	5	2,0	FIBRA + ALUMINIO	2,0	D 4	150	150
4	10	2,0	FIBRA + ALUMINIO	1,0		200	150
10	6	1,0	FIBRA + ALUMINIO	1,0	D 3	150	100
10	9	1,0	FIBRA + ALUMINIO	0,0		150	150
9	7	1,0	FIBRA + ALUMINIO	1,0	D 2	150	100
9	8	3,0	FIBRA + ALUMINIO	1,0	D 1	150	100

Resultados

Caudal: 1.151 m3/h

V: 5,4 m/s

P: 0,0716 mmca

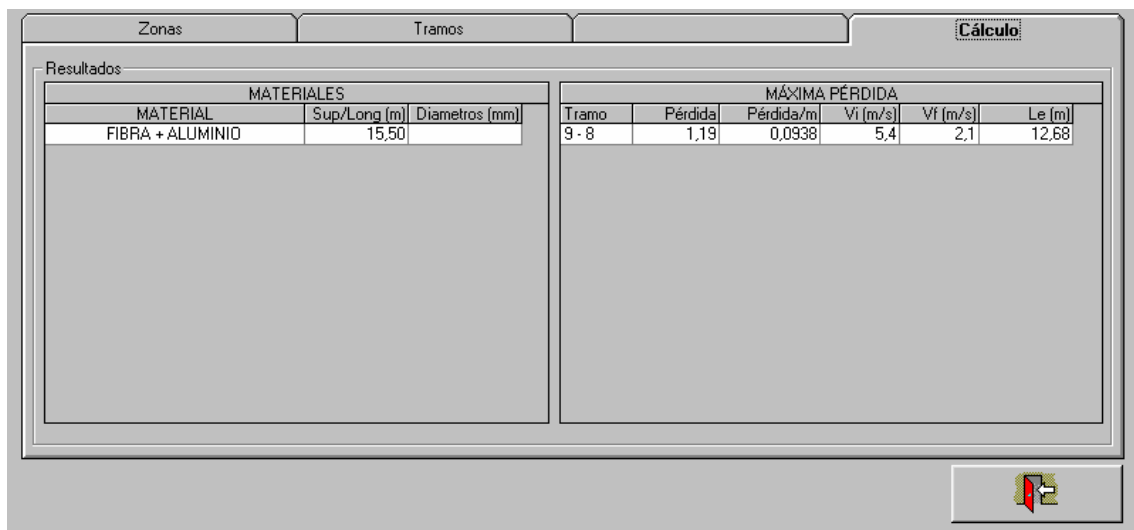
D: 274 mm

Le: 0,50 m

Sup: 0,8 m2

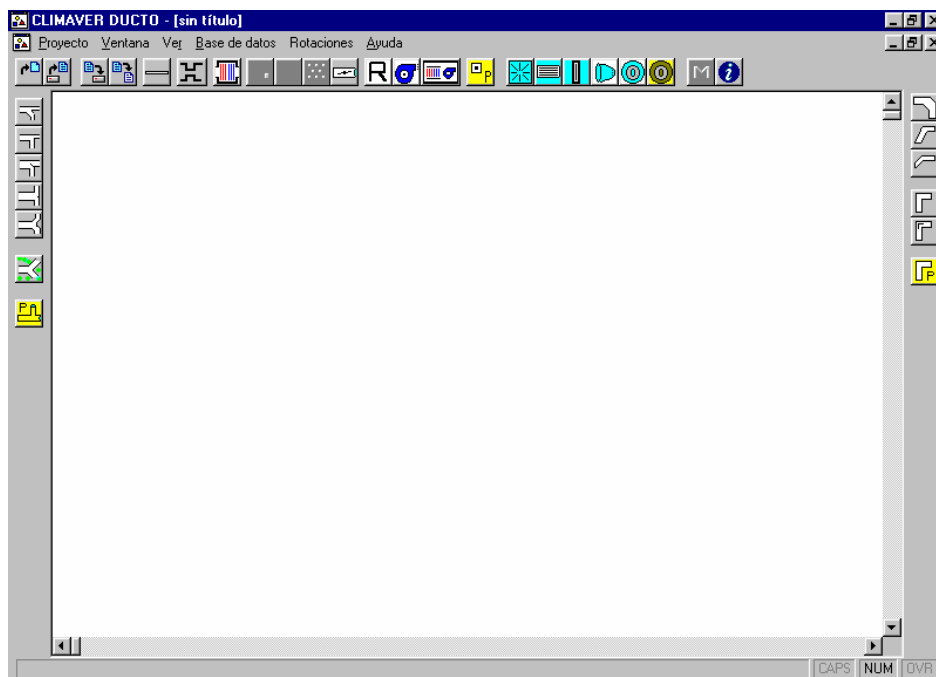
☒ Tramo
☐ Rama
☐ Todo

Eliminar



Conducto más desfavorable para seleccionar ventilador

Isover (Climaver Ducto)



Permite dibujar conductos y accesorios

Cálculo de conductos ISOVER

<http://sw.tahbit.net/tahbit/climaver/programaconductos/>

Cálculo de conductos EASYVENT

http://www.solerpalau.es/herramientas_02_01.html

1.3. Mantenimiento de instalaciones

El RITE, en lo que se refiere al mantenimiento de las instalaciones, establece un programa de mantenimiento preventivo de la instalación, distinguiendo para la periodicidad de las operaciones de mantenimiento entre instalaciones con potencia mayor o menor de 70 kW.

Se adjunta a continuación una tabla con las operaciones de mantenimiento, así como su periodicidad, relativas a los conductos y elementos afines de las instalaciones que aparece en el apartado ITE 08.1.3., titulado “Operaciones de mantenimiento”:

Operación	Periodicidad	
	≤ 70 kW	> 70 kW
1. Limpieza de los evaporadores	t	t
2. Limpieza de los condensadores	t	t
3. Drenaje y limpieza de circuito de torres de refrigeración	t	2 t
4. Comprobación de la estanqueidad y niveles de refrigerante y aceite en equipos frigoríficos	t	m
5. Comprobación y limpieza, si procede, de circuito de humos de calderas	t	2 t
6. Comprobación y limpieza, si procede, de conductos de humos de chimenea	t	2 t
7. Limpieza del quemador de la caldera	t	m
8. Revisión del vaso de expansión	t	m
9. Revisión de los sistemas de tratamiento de agua	t	m
10. Comprobación de material refractario	—	2 t
11. Comprobación de estanqueidad de cierre entre quemador y caldera	t	m
12. Revisión general de calderas de gas	t	t
13. Revisión general de calderas de gasóleo	t	t
14. Comprobación de niveles de agua en circuitos	t	m
15. Comprobación de estanqueidad de circuitos de tuberías	—	t
16. Comprobación de estanqueidad de válvulas de interceptación	—	2 t
17. Comprobación de tarado de elementos de seguridad	—	m
18. Revisión y limpieza de filtros de agua	—	2 t
19. Revisión y limpieza de filtros de aire	t	m
20. Revisión de baterías de intercambio térmico	—	t
21. Revisión de aparatos de humectación y enfriamiento evaporativo	t	m
22. Revisión y limpieza de aparatos de recuperación de calor	t	2 t
23. Revisión de unidades terminales agua-aire	t	2 t
24. Revisión de unidades terminales de distribución de aire	t	2 t
25. Revisión y limpieza de unidades de impulsión y retorno de aire	t	t
26. Revisión de equipos autónomos	t	2 t
27. Revisión de bombas y ventiladores	—	m
28. Revisión del sistema de preparación de agua caliente sanitaria	t	m
29. Revisión del estado del aislamiento térmico	t	t
30. Revisión del sistema de control automático	t	2 t
31. Revisión de aparatos exclusivos para la producción de agua caliente sanitaria de potencia térmica nominal ≤24,4 kW	4a	—
32. Instalación de energía solar térmica	*	*
33. Comprobación del estado de almacenamiento del biocombustible sólido	s	s
34. Apertura y cierre del contenedor plegable en instalaciones de biocombustible sólido	2t	2 t
35. Limpieza y retirada de cenizas en instalaciones de biocombustible sólido	m	m
36. Control visual de la caldera de biomasa	s	s
37. Comprobación y limpieza, si procede, de circuito de humos de calderas y conductos de humos y chimeneas en calderas de biomasa	t	m
38. Revisión de los elementos de seguridad en instalaciones de biomasa	m	m

s: una vez cada semana; **m:** una vez al mes, la primera al inicio de la temporada; **t:** una vez por temporada (año); **2 t:** dos veces por temporada (año), una al inicio de la misma y otra a la mitad del período de uso, siempre que haya una diferencia mínima de 2 meses entre ambas; **4 a:** cada 4 años; *****: el mantenimiento de estas instalaciones se realizará de acuerdo con lo establecido en la Sección HE4 “Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria” del Código Técnico de la Edificación.

1.3.1. Limpieza de conductos

Este apartado está basado en el “Manual de prácticas recomendadas para la inspección, apertura, limpieza, cierre y puesta en servicio de los conductos para la distribución de aire en lana de vidrio”, editado por la Asociación Norteamericana de Fabricantes de Aislamiento (NAIMA).

El procedimiento para la operación de limpieza de los conductos se desglosa en:

- Inspección del sistema de aire acondicionado y evaluación para determinar si existe necesidad de limpiar los conductos y, en caso positivo, acciones a seguir.
- En caso necesario, apertura de los conductos para su limpieza.
- Métodos de limpieza.
- Cierre de los conductos después de la limpieza, inspección final y puesta en funcionamiento.

a) Inspección de la instalación.

La limpieza de la red de conductos puede ser costosa e ineficaz para resolver el problema de la calidad del aire interior si la fuente de la contaminación está en otra parte. Por esa razón, antes de tomar la decisión de limpiar los conductos, deben de investigarse completamente todas las causas potenciales del problema, realizando un chequeo total del ambiente interior y de la instalación de aire acondicionado en el caso de que este análisis nos dirija hacia la misma.

Una lista guía de comprobaciones puede ser:

- ¿Cuáles son los síntomas? Debe de estudiarse si las reacciones de los ocupantes provienen de la temperatura, el polvo, el aire viciado, olores...Debe de analizarse el tipo de reacción que produce.
- ¿Dónde y cuándo se produce el problema? Se determinará si éste es localizado o general, para tratar de detectar la fuente de contaminación.
- ¿Cuál es el estado de mantenimiento del edificio?
- ¿Cómo es la distribución del aire? ¿Es eficaz y contempla un adecuado retorno del aire?
- ¿Funcionan correctamente las unidades de tratamiento del aire? Se inspeccionaran los equipos para determinar si las baterías de calor y frío, los filtros y los sistemas de humectación funcionan correctamente y tienen un mantenimiento adecuado. Especial relevancia tiene la existencia de humedad excesiva.
- ¿Qué sucede con el aire exterior? ¿Están correctamente situadas las tomas de aire exterior? ¿Es adecuada la filtración del mismo?
- ¿Y el aire interior? ¿Existen fuentes de contaminación interna anómalas?
- ¿Qué sucede con el inmueble? Debe de verificarse si el uso que se está haciendo de él es compatible con su diseño inicial. Es importante comprobar que los materiales decorativos, el mobiliario y los equipos de trabajo (fotocopiadoras, impresoras...) no constituyan una fuente de contaminación excesiva, o en su caso, que esté previsto el tratamiento de dicha contaminación.

Aunque los problemas de calidad del aire interior son atribuibles con frecuencia a algunas de las causas mencionadas anteriormente, los conductos contaminados también pueden ser fuente de problemas, por lo que debe realizarse una inspección cuidadosa del interior de los conductos. No obstante deben tenerse en cuenta dos puntos:

- El moho no se desarrolla en los conductos, a no ser que se den unas condiciones determinadas y conjuntas de humedad y suciedad.
- Generalmente se deposita una capa de polvo sobre las superficies interiores (en contacto con el flujo de aire) de todos los tipos de conductos, incluidos los metálicos. Esto no debe de considerarse un problema. No obstante, si la inspección del conducto revela la presencia de polvo, y no en una delgada capa, es hora de proceder a la limpieza de los conductos, según los criterios de la norma UNE 100012. distribuido por todos los espacios ocupados del edificio.
- Inspeccionar el equipo de filtración de aire.
- Inspeccionar los serpentines de refrigeración.
- Verificar los equipos centrales de calor y refrigeración (incluyendo humidificadores).

El acceso al interior de los conductos con propósitos de inspección deberá efectuarse a través de aperturas ya existentes, tales como puertas de acceso, y de aperturas de rejillas y registros.

Efectuar un reconocimiento ocular del interior de los canales de impulsión y de retorno, mediante aperturas de inspección colocadas a intervalos apropiados a lo largo de la longitud del conducto. Donde se detecte el desarrollo de moho o de cualquier materia extraña, recoger muestras para su análisis.

Las aperturas de inspección deben cerrarse antes de que empiece la limpieza del conducto.

El resultado de la inspección debe de ser contrastado cuidadosamente con los planos del circuito de climatización, para determinar en qué partes del conducto y con qué intensidad hay que efectuar la limpieza.

b) Apertura de conductos

Según el RITE debe instalarse aperturas de servicio en las redes de conductos para facilitar su limpieza; las aperturas se situarán según lo indicado en la UNE -ENV 12097.

Independientemente del tipo de construcción y aislamiento del conducto, es importante que las aperturas para acceder a la limpieza se hagan de tal forma que, cuando la limpieza se haya completado y cerrado las aperturas, éstas queden perfectamente estancas.

El RITE indica: “las redes de conductos deben estar equipadas con aperturas de servicio de acuerdo a lo indicado en la norma UNE-EN 12097 para permitir las operaciones de limpieza y desinfección”.

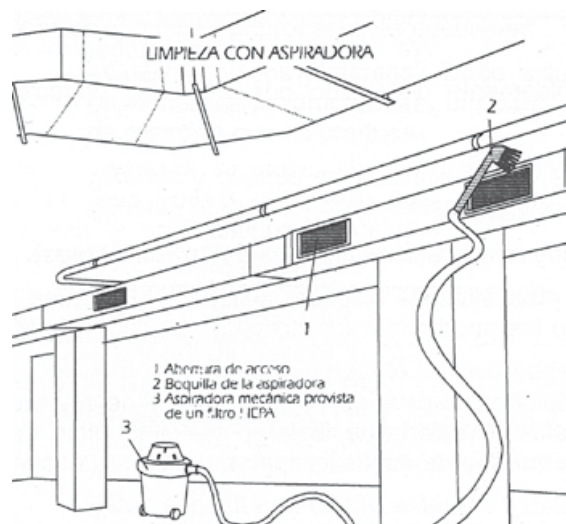
c) Métodos de limpieza de conductos

Existen varios métodos usados para la limpieza de los conductos con aislamiento interior. Los tres más empleados y que se consideran más eficaces son descritos brevemente en este manual. Estos métodos son:

- **Aspiración por contacto.**
- **Limpieza por aire a presión.**
- **Limpieza por aire a presión con cepillado.**

Método de aspiración por contacto

La limpieza convencional por aspiración de la superficie interior de los conductos, realizada a través de aberturas practicadas en los mismos, es satisfactoria en la medida en que se haga con un cuidado razonable. El riesgo de dañar las superficies es mínimo. Sólo debe usarse el equipo de aspiración HEPA (recuperador de partículas de alta eficiencia) si la descarga del aire se hace en el interior de espacios ocupados. Los equipos convencionales de aspiración de polvo pueden liberar en la atmósfera partículas extremadamente finas, en lugar de recogerlas.



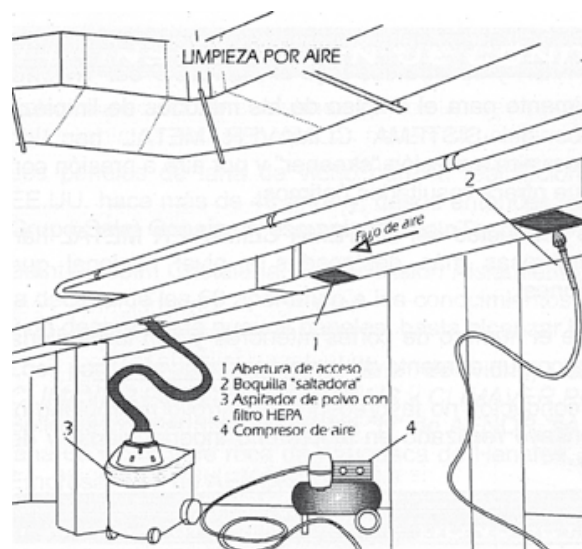
La aspiración directa requerirá, por lo general, aperturas de acceso más grandes que si se utilizan los otros métodos, para permitir que los equipos de limpieza alcancen hasta el último rincón del conducto. La separación entre las aperturas dependerá del tipo de equipo de aspiración utilizado y de la distancia que hay que alcanzar desde la abertura.

La cabeza de la aspiradora se introduce en el conducto por la apertura más cercana al inicio de la red de conductos (UTA). Seguidamente, se pone en marcha la máquina. La aspiración continuará siguiendo el curso de la corriente de aire, lo suficientemente despacio para permitir que la aspiradora vaya recogiendo toda la suciedad.

Método de limpieza por aire a presión

Se conecta un dispositivo colector de polvo por aspiración en una apertura del conducto, situada en un punto extremo, aguas abajo del mismo. Se recomienda que la zona aislada del circuito de conductos que se está limpiando tenga una presión estática mínima de 25 mm.c.a., para asegurar un transporte correcto del material desprendido. Por medio de una manguera, provista en su extremo por una boquilla "saltadora", se introduce aire comprimido en el interior del conducto.

Esta boquilla está diseñada de manera que el aire comprimido la impulse a lo largo del interior del conducto. De esta forma se desalojan los residuos, que al flotar en el aire son arrastrados corriente abajo del conducto y son extraídos del mismo por la acción del equipo de aspiración de polvo.

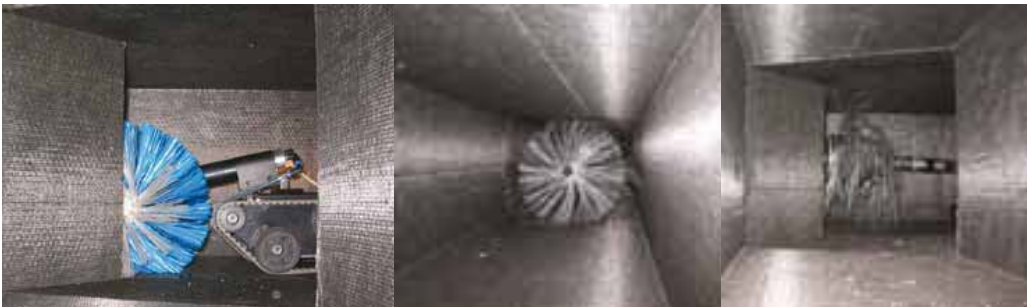
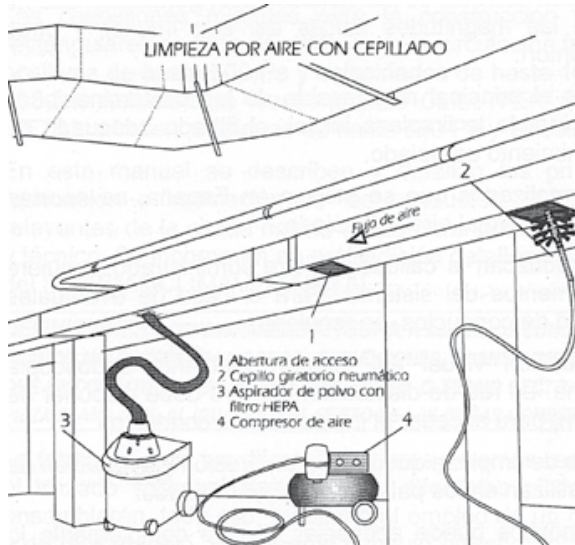


La fuente de aire comprimido debe de ser capaz de producir entre 11 kg/m² y 13,5 kg/m², y tiene que tener una cubeta colectora de 70 litros, para que el método de lavado por aire sea efectivo.

Método de limpieza por aire a presión con cepillado

Como en el sistema de limpieza por aire, se conecta un dispositivo de aspiración de polvo en el punto más extremo, aguas abajo del conducto a través de una abertura. Para desalojar la suciedad y las partículas de polvo que luego estarán suspendidas en el aire, se usan unos cepillos rotatorios, movidos eléctrica o neumáticamente. Las partículas de suciedad son arrastradas en la dirección del aire por el interior de los conductos, siendo evacuadas por el aspirador de polvo.

El cepillado mecánico requerirá, normalmente, mayores aberturas de acceso que en el método anterior; sin embargo, se necesitará un número de aberturas menor. Hay cepillos mecánicos capaces de alcanzar hasta 7 m en ambas direcciones de la apertura.



2. INFORME - ensayo de pérdidas de carga en conductos

II.1. Objeto

Análisis comparativo de las pérdidas de carga entre los dos sistemas más habituales de fabricación de figuras para redes de conductos realizadas a partir de paneles de lana de vidrio, revestido por la cara interior con lámina de aluminio.

II.2. Antecedentes

El sistema de fabricación de conductos más tradicional o comúnmente denominado «por tapas», permite realizar redes de conductos con codos y figuras de envolventes de superficie curvas.

Este sistema presenta el inconveniente de que la calidad de las figuras y especialmente la de los codos, como figura más sencilla y habitual, está muy condicionada a la habilidad de ejecución del operario, y en todo caso, las superficies internas de la pieza presentan un elevado número de cortes interiores y por tanto juntas.

Dichas juntas, si no están correctamente ejecutadas pueden suponer zonas de acumulación de suciedad y de debilidad de las figuras.

El presente estudio pretende valorar las pérdidas de carga teniendo en cuenta, entre otros factores, la posible influencia en la fricción del aire de juntas interiores realizadas correctamente.

A partir de los sistemas de montaje empleados en los Estados Unidos de América, que descartan el sistema «por tapas» y las superficies curvas, Cristalería Española, S.A. ha desarrollado toda una metodología de montaje basada en la fabricación de figuras y, por tanto, de codos a partir de conductos rectos. Los elementos necesarios para realizar desviaciones en la distribución del aire en un ángulo de 90° se realizan con este método mediante dos cambios de dirección de 45° separados por una distancia mínima de 15 cm.

Las ventajas evidentes de este sistema, con un reducido número de juntas y una calidad y resistencia de las figuras muy superior, parecían no presentar más inconveniente que la eventual mayor pérdida de carga del nuevo tipo de codo, teniendo en cuenta una geometría aparentemente más desfavorable.

En todo caso, no debería existir una diferencia apreciable en pérdida de carga, ya que existían consideraciones favorables al nuevo sistema en este aspecto, (menor rugosidad superficial por tener menor número de cortes). Esto último lo avalaban experiencias de calculistas consultados sobre obras reales.

Para confirmar todo lo anterior, se decidió hacer el ensayo de evaluación que ha dado lugar al presente informe.

II.3. Ensayo

II.3.1. Montajes

Se construyeron montajes de igual geometría de conductos, conectados a la salida de un ventilador centrífugo con motor de velocidad variable, capaz de producir al límite 8 m³/s, con una presión de 110 mm.c.a.

Las condiciones de ensayo, fueron:

- Los montajes consistían en un tramo recto + un codo + un tramo recto.
- Los tramos rectos, eran de una longitud un metro superior a 6 diámetros de la sección circular equivalente a los conductos rectangulares.

El diámetro equivalente de un conducto rectangular de sección $a \times b$, viene dado por el algoritmo:

$$2 \cdot (a \times b)$$

$$De =$$

$$(a + b)$$

- Los conductos de ensayo se construyeron con dos secciones de 300 x 300 mm y 390 x 310 mm.

Para cada sección, se construyeron dos tipos de codos: curvo y de tres piezas, cuidando que los desarrollos longitudinales de los codos fueran iguales para cada sección del conducto.

- La velocidad de circulación del aire, se determinó por un anemómetro situado aguas abajo de los codos, a seis diámetros equivalentes de la salida recta de los mismos + 0,5 m.
- La pérdida de carga del sistema, se determinó por medio de un tubo de Pitot, situando los captadores a 1 m antes de los codos y, aguas abajo de los codos, a seis diámetros equivalentes de la salida recta de los mismos.

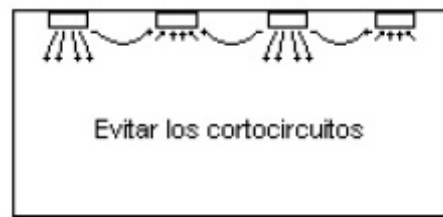
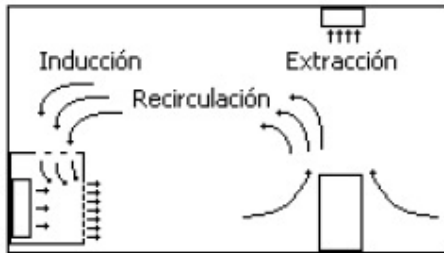
El montaje puede observarse en los esquemas adjuntos.

3. Selección de rejillas y difusores.

Unidades terminales

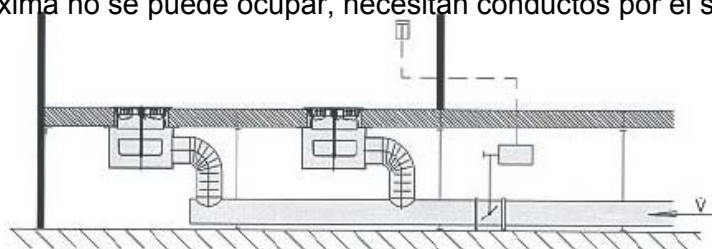
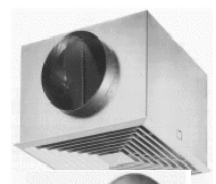
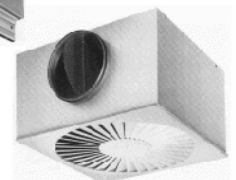
La situación de las **bocas de retorno o extracción**

- No tiene influencia en la velocidad del aire en el local,
- No se necesitan muchas bocas
- Tiene gran importancia en la contaminación en el local
- Deben evitarse los cortocircuitos con la impulsión

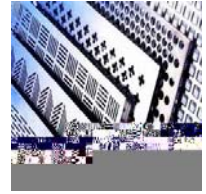


Dentro de las de **impulsión** se pueden destacar:

- **Rejillas:** lamas horizontales o verticales, generalmente orientables.
- **Lineales:** evitar que las venas de los difusores choquen.
- **Difusores rotacionales;** elevada inducción del aire impulsado, se pueden colocar unos cerca de otros, permiten gran caudal total.
- **De techo:** son circulares, rectangulares o cuadrados, realizados en "conos" concéntricos, facilitan la mezcla del aire.
- **Toberas de impulsión:** son un tubo por el que se logra un gran alcance, apropiados para grandes espacios.
- **Difusores de suelo:** pueden ser rotacionales o de desplazamiento; la zona próxima no se puede ocupar, necesitan conductos por el suelo.



- **Paneles de chapa perforada:** se colocan en el techo o en las paredes, el aire es distribuido por los orificios del panel con una distribución uniforme a baja velocidad y con baja turbulencia.



- **Vigas Frías:** a lo largo de toda la estancia



- **Difusores de geometría variable:** adaptan su geometría a la diferente situación de la difusión del aire en invierno y verano.



Los **fabricantes** de los impulsores proporcionan unos **gráficos** en los cuales se pueden determinar las características de flecha, caída, propulsión, presión necesaria.

Calcular por: ☒ Caudal y Alcance ☐ Caudal y Potencia Sonora ☒ Impulsión

☒ Seleccionar con las velocidades recomendadas

Caudal: l/s Regulator: ☐ No ☒ 100% Abierto ☐ 50% Abierto ☐ 25% Abierto

Alcance:

T.Ambiente:

T.Impulsión:

Selección Técnica

Modelo	Q (m³/h)	Dt (°C)	Aeff (m²)	Veff (m/s)	Dpt1 (Pa)	Lwa1 (dB(A))	AI02 (m)	T02 (°C)	AI03 (m)	T03 (°C)	bv (m)
AxP-200	180,1	-4	0,0133	3,76	13,28	25<x<30	1,6	22	1,1	22	0,1
AxP-250	180,1	-4	0,0192	2,6	6,77	0<x<25	1,2	22	0,8	22	0,1

Velocidades recomendadas: Vmin 2.5 m/s Vmax 4.5 m/s

...Desgraciadamente la elección entre rejillas y/o difusores obedece más a criterios estéticos o estructurales que a criterios técnicos, dando a estos últimos (caída, alcance,...) poco peso en la decisión.

4. Selección de Ventiladores

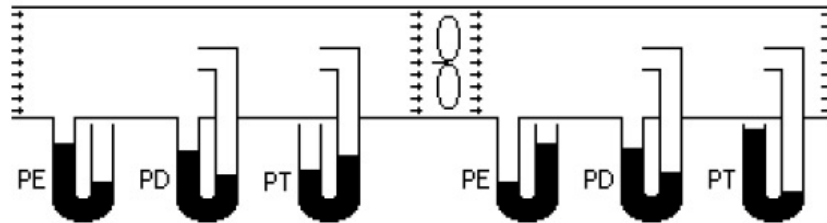
Los ventiladores son máquinas destinadas a producir **movimiento de aire**.

Los conceptos fundamentales son:

- Caudal volumétrico.
- Incremento de la presión estática.
- Potencia disponible.
- Rendimiento del ventilador.
- Ruido, las dimensiones, o el modo de arrastre

Tres tipos de **presiones**:

- Presión estática, sobre las paredes del conducto.
- Dinámica, al convertir la energía cinética en presión.
- Total que es la suma de las dos.



Clasificación de los ventiladores:

- Por **la diferencia de presión estática**:

- Alta presión: $180 < \Delta p < 300$ mm.c.a.
- Media presión: $90 < \Delta p < 180$ mm.c.a.
- Baja presión: $\Delta p < 90$ mm.c.a.



- Por el **sistema de accionamiento**:

- Accionamiento directo.
- Accionamiento indirecto por transmisión.

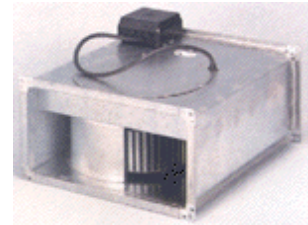


- Por el **modo de trabajo**:

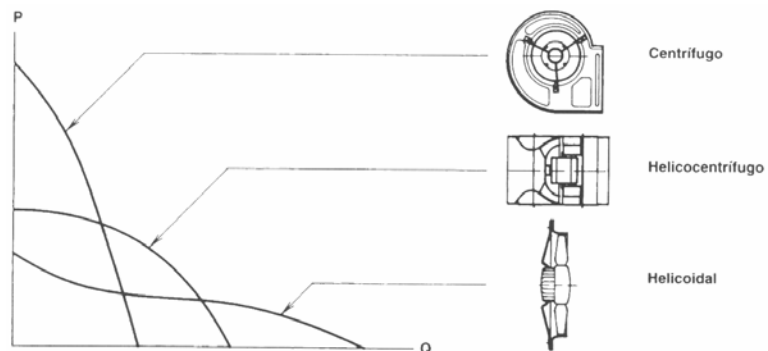
- **Ventiladores axiales**: mueven grandes caudales con incrementos de presión estática baja.
- **Hélice**.
- **Tubo axial**: en una envolvente, dan mayores presiones, generan mucho ruido.



- **Ventiladores centrífugos:** el flujo de salida es perpendicular al de entrada.
 - De alabes curvados hacia delante.
 - De alabes curvados hacia atrás.
 - De álabes rectos a radiales; captación de residuos.
- **Ventiladores transversales;** la trayectoria del aire en el rodete es normal al eje tanto a la entrada como a la salida.
- **Ventiladores helicocentrífugos;** son intermedios entre los centrífugos y los axiales, en ellos el aire entra como en los helicoidales y sale como en los centrífugos.



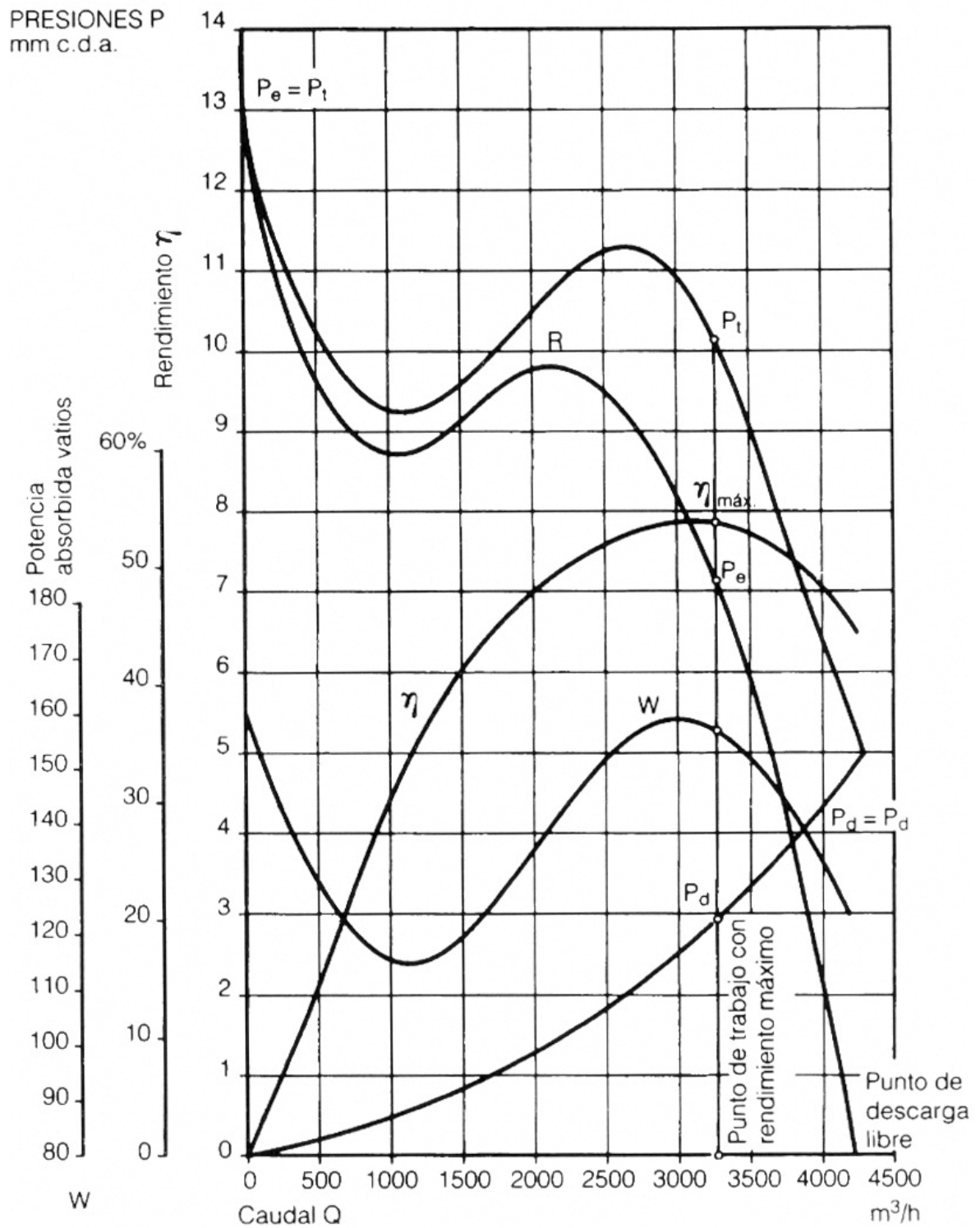
Las curvas características

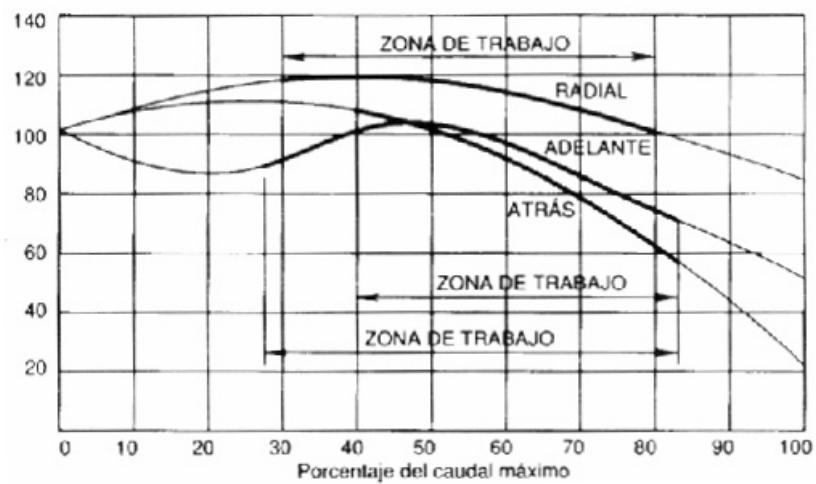


Selección de ventiladores

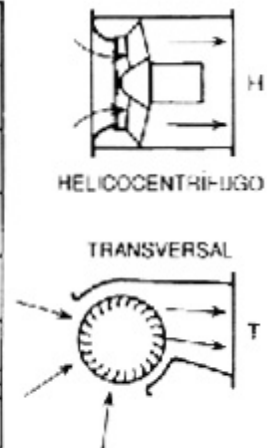
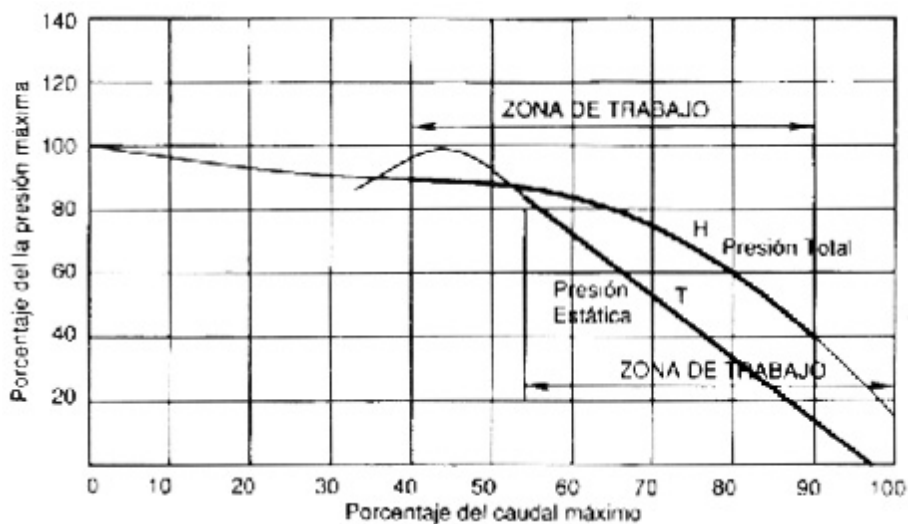
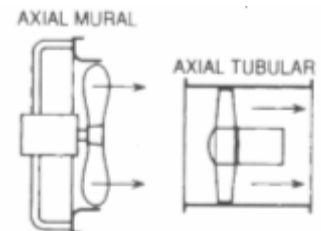
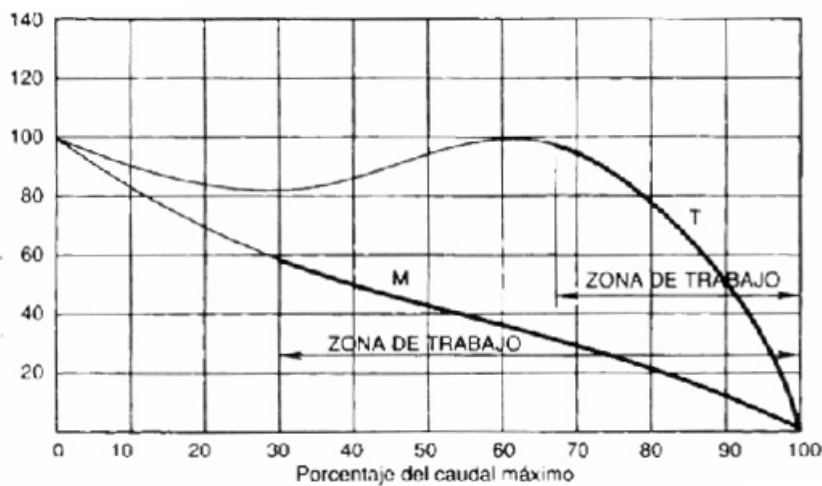
http://www.solerpalau.es/herramientas_01_01.html

<http://easyvent.solerpalau.com/SelForm.aspx>





CENTRÍFUGOS



Las leyes de los ventiladores:

- Variación de la velocidad de giro:

$$Q = Q_0 \frac{n}{n_0} \quad P = P_0 \left(\frac{n}{n_0} \right)^2 \quad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \left(\frac{n}{n_0} \right)^3 \quad Lw = Lw_0 + 50 \log \left(\frac{n}{n_0} \right)$$

- Variación del diámetro del rodete:

$$Q = Q_0 \left(\frac{D}{D_0} \right)^3 \quad P = P_0 \left(\frac{D}{D_0} \right)^2 \quad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \left(\frac{D}{D_0} \right)^5 \quad Lw = Lw_0 + 70 \log \left(\frac{D}{D_0} \right)$$

- Variación de la densidad del aire:

$$Q = Q_0 \quad P = P_0 \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right) \quad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right) \quad Lw = Lw_0 + 20 \log \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)$$

- Variación varios parámetros:

$$Q = Q_0 \left(\frac{D}{D_0} \right)^3 \frac{n}{n_0}$$

$$\text{Pot} = \text{Pot}_0 \left(\frac{D}{D_0} \right)^5 \left(\frac{n}{n_0} \right)^5 \frac{\rho}{\rho_0}$$

$$n = n_0 \left(\frac{Q_0}{Q} \right)^{1/2} \left(\frac{P}{P_0} \right)^{3/4} \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)^{3/4}$$

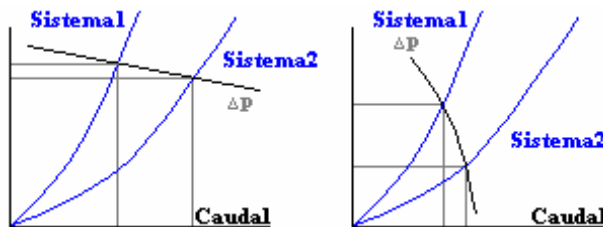
- Variación de las prestaciones:

$$\text{Pot} = \text{Pot}_0 \left(\frac{Q}{Q_0} \right) \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad Lw = Lw_0 + 10 \log \left(\frac{Q}{Q_0} \right) + 20 \log \left(\frac{P}{P_0} \right)$$

$$D = D_0 \left(\frac{Q}{Q_0} \right)^{1/2} \left(\frac{P}{P_0} \right)^{1/4} \left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^{1/4} \quad n = n_0 \left(\frac{Q_0}{Q} \right)^{1/2} \left(\frac{P}{P_0} \right)^{3/4} \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)^{3/4}$$

$$Lw = Lw_0 + 70 \log \left(\frac{D}{D_0} \right) + 50 \log \left(\frac{n}{n_0} \right) + 20 \log \left(\frac{\rho_0}{\rho} \right)$$

El punto de funcionamiento del ventilador depende del sistema de distribución del aire, que es cambiante.

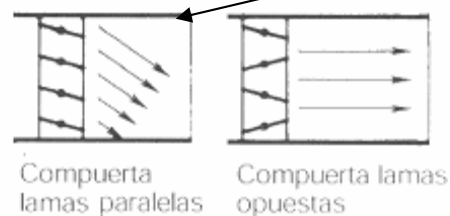
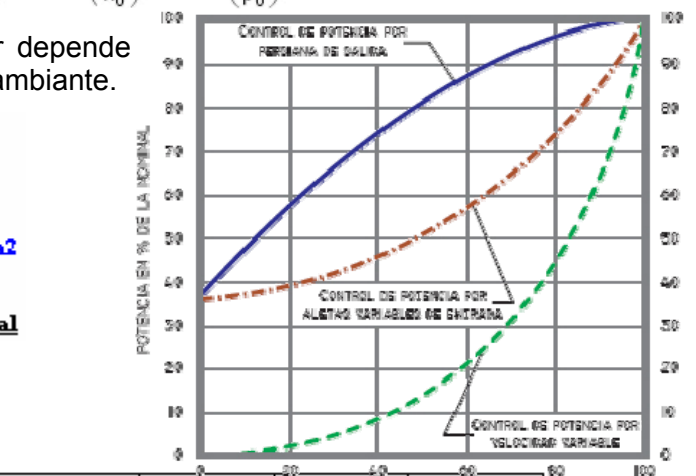
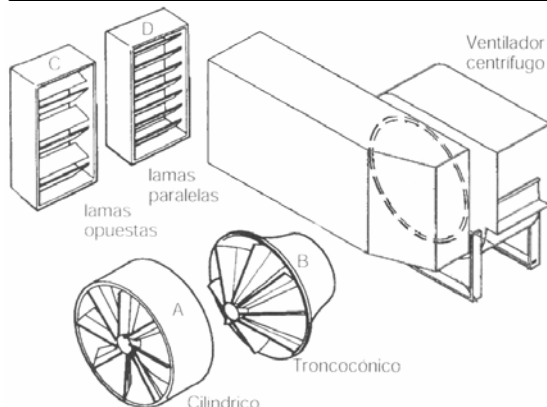


Para Q variable

Para Q cte

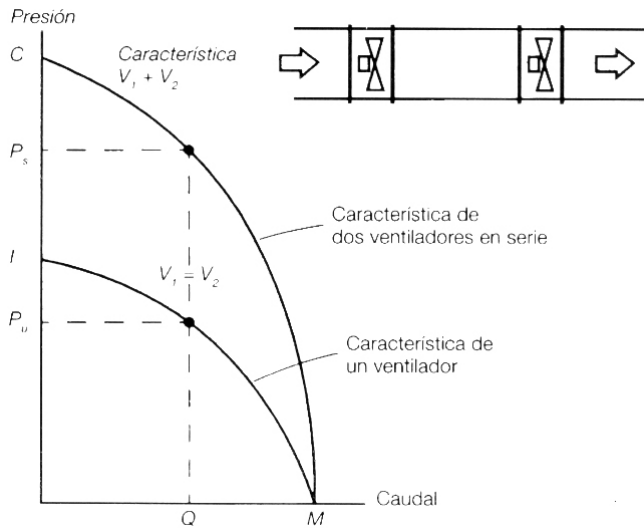
Control del caudal suministrado

Ventilador	Sistema de regulación	Zona posible de regulación		Zona de regulación recomendada		Coste inicial	Capacidad en consumo energía	% de la nominal Nivel acústico
		de %	a %	de %	a %			
Centrífugo y helicoidal	Compuerta	100	70	100	90	Bajo	Malo	Malo
	Bypass	100	0	100	80	Alto	Regular	-
	Reg. velocidad	100	20	100	20	Medio	Bueno	Regular
Helicoidal	Ang. álabes	100	0	100	0	Muy alto	Muy bueno	Bueno

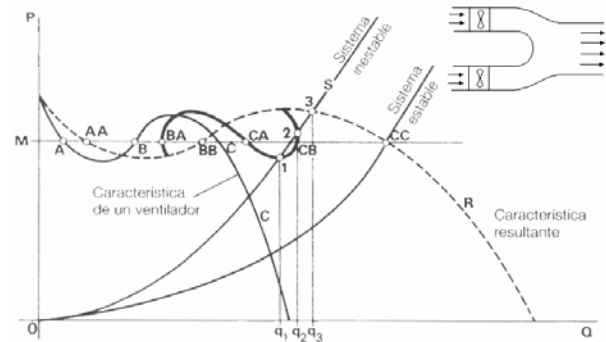
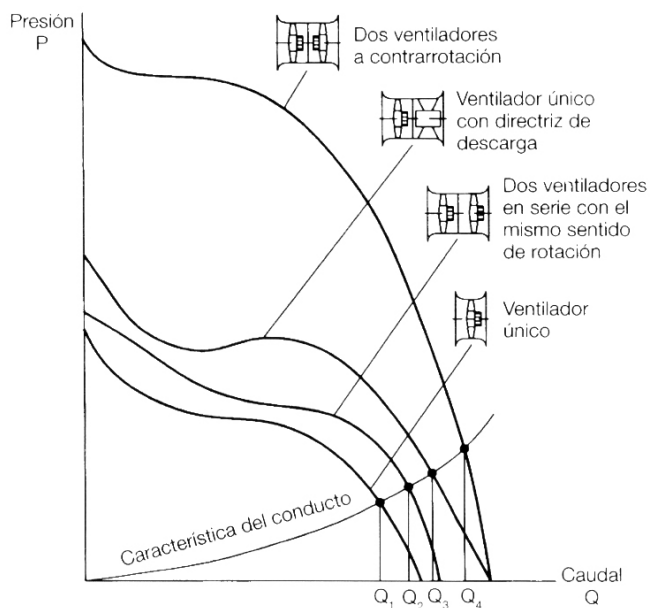
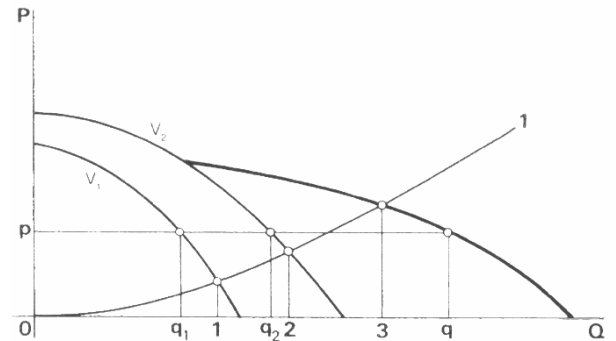


Acoplamiento de ventiladores

- **Serie**



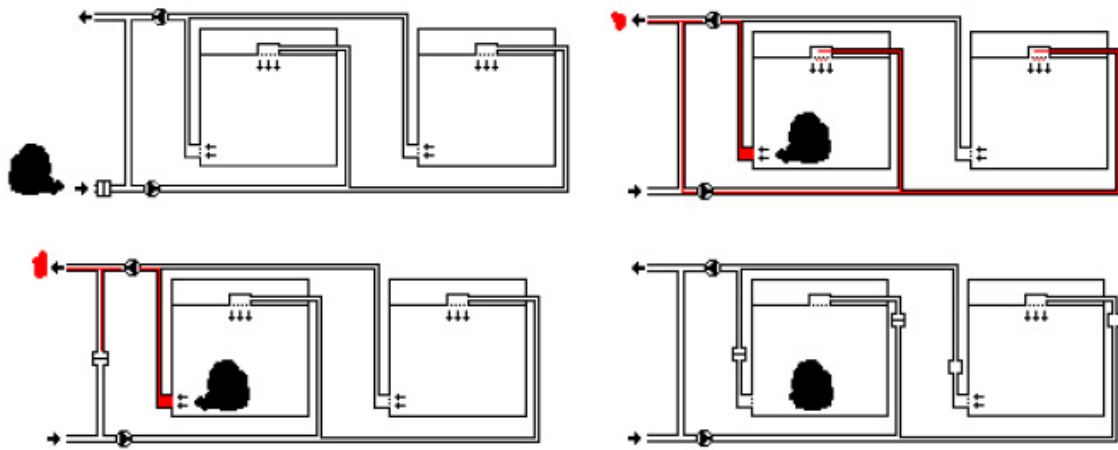
- **Paralelo**



5. Descripción y selección de elementos auxiliares de instalaciones de aire acondicionado y ventilación.

Elementos auxiliares

- Filtros de aire.
- Silenciadores o atenuadores acústicos.
- Compuertas antiretorno.
- Compuertas de regulación.
- Cajas de caudal variable.
- Compuertas cortafuegos (humo), accionamiento automático con un fusible térmico, cuando la temperatura del aire supera los 70-75°C.



Filtros de aire.

Un **filtro de aire** es un dispositivo que elimina partículas sólidas como por ejemplo polvo, polen y bacterias del aire. Los filtros de aire encuentran una utilidad allí donde la calidad del aire es de relevancia, especialmente en sistemas de ventilación de edificios y en motores tales como los de combustión interna, compresores de gas, compresores para bombonas de aire, turbinas de gas y demás.

Hay cuatro tipos principales de materiales usados para los filtros de aire mecánicos: papel, espuma, fibras sintéticas y algodón.



Los filtros de aire se encuentran en la mayoría de sistemas de flujo de aire forzado (HVAC). La eficacia de los filtros de aire en tales sistemas influye de forma significativa en la calidad del aire en el interior. El estándar recomendado por la industria de la construcción, recomiendan el uso filtros de aire que cumplan unos requisitos mínimos, "Valor de eficacia mínima" de 13 según lo estipulado en el protocolo de ensayo ASHRAE 5.2.2-1999. que recomienda filtros de aire con un MERV de 6 o mayor para controlar las cantidades de polen, moho y polvo que alcanzan las bobinas mojadas del evaporador en los sistemas de aire acondicionado. Bobinas húmedas contaminadas con altos niveles de polen y polvo pueden favorecer el crecimiento de colonias de moho.

Dado que la eficacia desciende bajo un determinado nivel de suciedad, los filtros requieren mantenimiento. Hay diferentes tipos de filtros disponibles para sistemas de HVAC. Muchos de ellos son económicos pero no muy eficientes. Muchos de los filtros ensamblados dentro de los conductos en los edificios para aire acondicionado y HVACs están hechos de fibra de vidrio cruzada. Estos filtros no son caros, son desechables, y están disponibles en diferentes densidades y tamaños. Los filtros de baja densidad permiten un mayor flujo de aire, pero filtran menos suciedad. Por otro lado, los filtros de alta densidad retienen más partículas pero permiten un flujo de aire menor y por ello se ensucian antes.

El poliéster o la fibra de vidrio se usan frecuentemente para la fabricación de filtros de aires. Ambos materiales son adecuados para temperaturas de hasta 120°C, y su uso es común en aplicaciones residenciales, comerciales e industriales. El poliéster y la fibra de vidrio pueden mezclarse con algodón u otras fibras para producir un amplio espectro de características del material. En algunos casos el polipropileno, de menor tolerancia a altas temperaturas, se usa para mejorar la resistencia química. Unas diminutas fibras sintéticas conocidas como microfibras se usan en muchos tipos de filtros del tipo *High Efficiency Particulate Air*, HEPA (al español, "Aire de Partículas de Alta Eficiencia").

El aire que respiramos contiene partículas en suspensión, se llama polvo en general, que pueden aumentar considerablemente debido a los procesos industriales como triturado, taladrado, pulido, etc. Mantener la cantidad de estas partículas dentro de unos límites razonables es una de las operaciones a que debe someterse el aire, tanto para prevenir posibles enfermedades como evitar inconvenientes en tales procesos y averías en útiles o máquinas.

Disminuir el contenido de polvo y partículas en suspensión presentes en el aire es la acción que denominaremos depuración del aire.

Los principales parámetros que definen el proceso son:

- Tamaño de las partículas en suspensión.
- Concentración de polvo en el aire.

La Tabla 1 muestra distintos tipos de polvo y el tamaño de sus partículas que pueden encontrarse en suspensión en el aire, expresado en:

$$\mu\text{m (micras)} = 1 \text{ mm} / 1.000$$

Tamaño partículas μm	Porcentaje %
0 - 5	39
5 - 10	18
10 - 20	16
20 - 40	18
40 - 80	9

Tabla 1. Tamaño de partículas

No obstante los datos de esta tabla no debe creerse que en tipo de polvo determinado existe una sola granulometría y un sólo tamaño de partículas sino que presenta un espectro amplio, tal como muestra la Tabla 2 para el polvo de la calle.

En la Tabla 2 se muestra según sea el ambiente considerado la concentración de polvo del mismo.

Ambiente	Concentración polvo mg/m³
-Rural	0,04 a 0,045
-Barrio periférico	0,05 a 1
-Ciudad, general	0,5 a 2
-Zona industrial	0,5 a 5
-Calle ciudad	1 a 3
-Fábricas	0,5 a 9
-Fabrill o de minas con mucho polvo	9 a 900

Tabla 2. Concentración de polvo

Tipo de polvo	µm
-Polvo de la calle	0,5
-Polvo de voladuras	1,4
-Polvo de fundición	1 ÷ 200
-Corte de granito	1,4
-Neblina	1 ÷ 40
-Cenizas volantes	3 ÷ 70
-Carbón pulverizado	10 ÷ 400

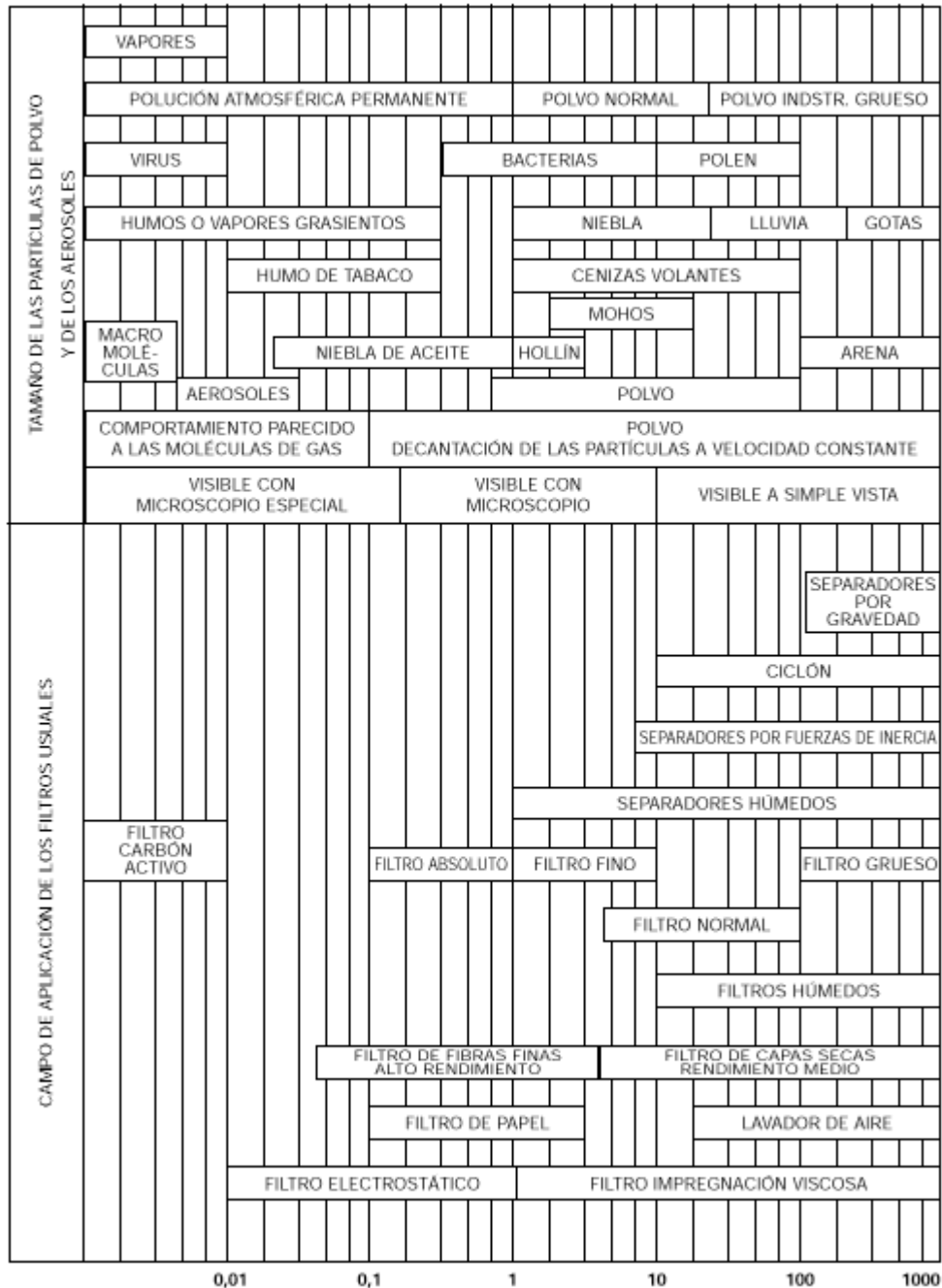
Tabla 3. Tipo de polvo

Los dispositivos utilizados para depurar el aire se dividen en dos grupos principales:

- Filtros de aire.
- Separadores de polvo.

1. Filtros de aire

Son dispositivos diseñados para disminuir la concentración de las partículas que se encuentran en suspensión en el aire. El tipo de filtro a emplear dependerá del tamaño de las partículas a separar tal como se muestra en la Fig. :



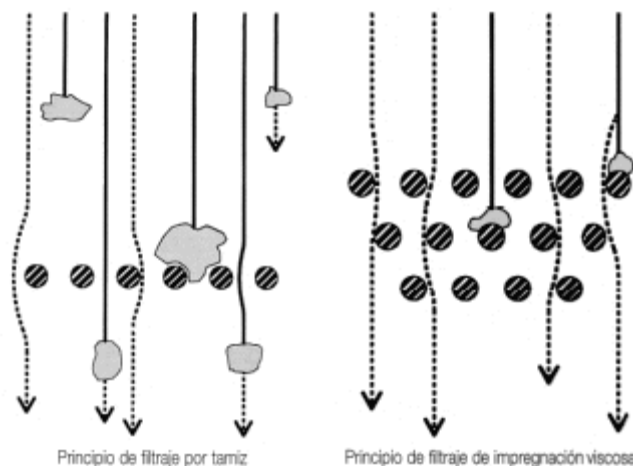
Tipos de filtros y diámetros de las partículas

Para la separación de virus y partículas de tamaño molecular se utilizan filtros de **Carbón Activo**.

- Para separar hollín y el humo de tabaco deben utilizarse filtros **Electrostáticos**.
- Para separar polen y polvo deben utilizarse filtros **Húmedos o Secos**.

Otra característica a tener en cuenta cuando quieran emplearse filtros es que la concentración de partículas en el aire no debe ser demasiado elevada, pues de otro modo el filtro quedará colapsado rápidamente con lo que el mantenimiento de la instalación sería muy gravosa. El límite superior de concentración de polvo en el aire para poder emplear filtros es de 35 mg/m^3 .

De los dos primeros nos ocuparemos en una próxima Hoja Técnica. A continuación trataremos los más corrientes.



1.1 Filtros húmedos

Llamados también viscosos, consisten en un entramado filtrante de material metálico o fibra que está impregnado de una materia viscosa como aceite o grasa, Fig. 2.

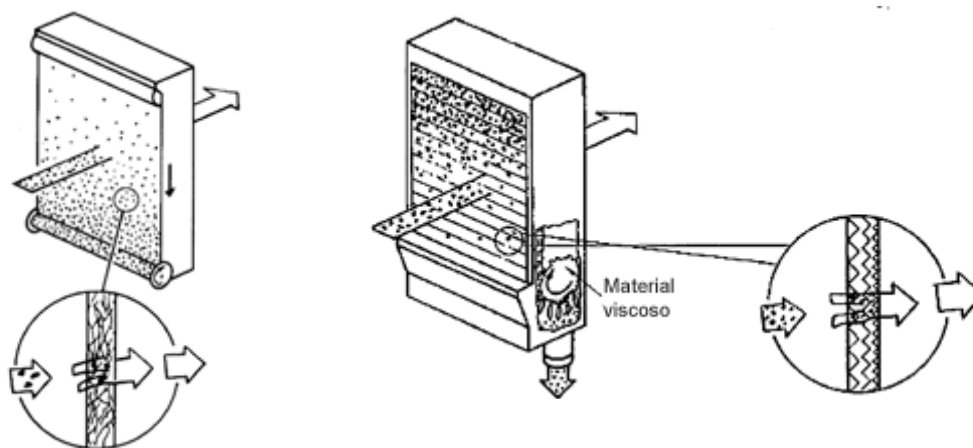


Fig. 2. Filtro Húmedo

Si se observa un filtro de este tipo veremos que en el lado de entrada del aire el material es mucho menos tupido que en el lado de salida, con esta disposición se consigue aumentar la vida del filtro ya que las partículas que quedan primeramente retenidas son las de mayor granulometría y el aire que llega a las sucesivas capas es cada vez más puro.

En la Tabla 4 pueden verse las principales características de este tipo de filtros.

Tipo de filtro	Material	Velocidad aire m/s	Pérdida de carga mm c.d.a./m ²	Rendi- miento %
FILTRO HÚMEDO	PANELES	1'5 - 2'5	2 ÷ 15	65 ÷ 80
	CONTINUO	2'5	3 ÷ 17	80 ÷ 90
FILTRO SECO	PANELES	0'1 - 1	2'5 ÷ 25	50 ÷ 95
	CONTINUO	0'25	3 ÷ 18	
FILTROS ABSOLUTOS	Material sintético, papel	0'1 - 2'5	25 ÷ 60	99'97

Tabla 4. Características de los filtros húmedos

1.2 Filtros secos

Están formados por un material fibroso o por un lecho de fibras finas a través del cual se hace pasar el aire.

El rendimiento aumenta a medida que la porosidad del material es menor. Permiten una velocidad de paso del aire más reducida que los filtros húmedos al mismo tiempo que su duración es menor. Por el contrario el precio unitario es más económico.

A fin de aumentar la superficie de paso del aire suelen disponerse en forma de V.

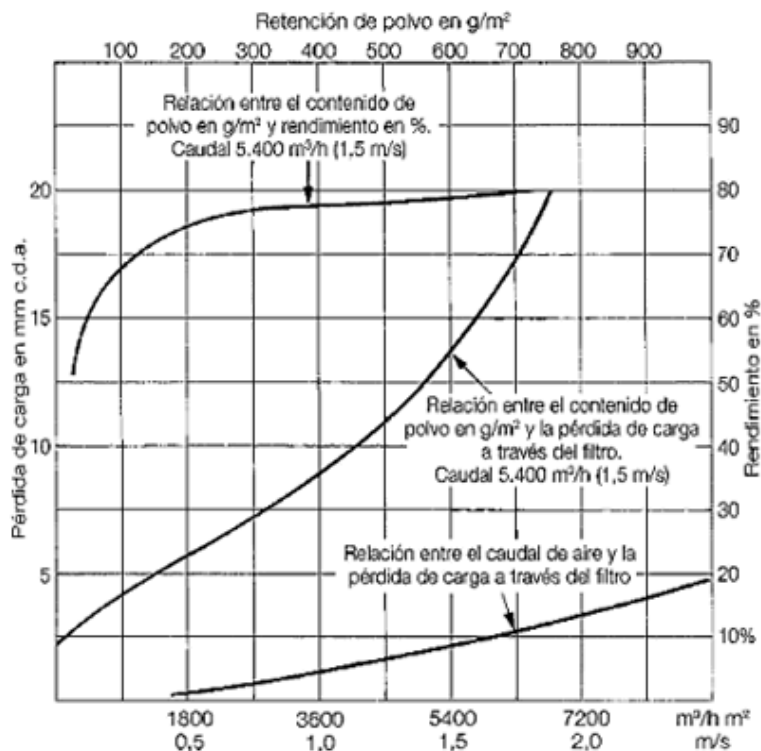
En la tabla 5 pueden verse las principales características de este tipo de filtros. El material de las fibras que forman el filtro deberá escogerse según sea el ambiente que debe purificarse, la temperatura del mismo y las solicitaciones físicas a que estará sometido.

MATERIA	Temperatura máx. °C		RESISTENCIA FÍSICA					RESISTENCIA QUÍMICA				
	Con- ti- nua	Inter- mi- tente	Ca- lor seco	Calor húme- do	A- bra- sión	Vi- bra- ción	Fle- xión	Ácidos Mine- rales	Ácidos Orgá- nicos	Al- ca- lis	Oxi- dan- tes	Disol- ven- tes
- LANA	101	121	R	R	B	R	B	R	R	M	M	R
- ALGODÓN	82	-	B	B	R	B	B	M	B	R	R	E
- POLIÉSTER	135	-	B	R	B	E	E	B	B	R	B	E
- ACRÍLICA	135	140	B	B	B	B	E	B	B	R	B	E
- POLIAMIDA												
Nylon	107	-	B	B	E	E	E	M	R	B	R	E
Nomex	203	-	E	E	E	E	E	M-R	E	B	B	E
- POLIPROPILENO	93	121	B	R	E	E	B	E	E	E	B	B
- FLUORCARBONATO (Teflón)	260	287	E	E	M-R	B	B	E	E	E	E	E
- FIBRA DE VIDRIO	260	315	E	E	M	M	R	E	E	R	E	E

En esta tabla se resumen las particularidades que podemos esperar de distintos materiales utilizados para la construcción de filtros.

Otras características a tener en cuenta al seleccionar un filtro serán: la pérdida de carga del mismo, el rendimiento así como el incremento que experimenta la pérdida a medida que aumenta el contenido de polvo del mismo. La Fig. 4 muestra una gráfica en la que se ve como varían todas estas características en un filtro seco.

Fig. 4. Características de un filtro seco



2. Separadores de polvo

Si volvemos a la Fig. 1 veremos que cuando las partículas tienen un diámetro de grano superior a $1\ \mu\text{m}$ pueden emplearse medios mecánicos para su separación. En este caso llamaremos el proceso **Separación de polvo**.

Los separadores de polvo pueden clasificarse de la siguiente manera:

- **Separadores por gravedad:**

Se utilizan cuando las partículas son de gran tamaño. Los más típicos son las cámaras de sedimentación.

- **Separadores por fuerza de inercia:**

En este tipo de colector se utiliza el principio que la masa efectiva de las partículas puede incrementarse mediante la aplicación de la fuerza centrífuga. El tipo más característico es el ciclón.

- **Separadores húmedos:**

Llamados en Inglés "scrubbers" en los que se utiliza el agua para evitar que las partículas vuelvan a la corriente de aire.

En la Tabla 6 se han recogido los principales parámetros que pueden ser de utilidad al escoger un separador de polvo, pudiéndose comparar, en la misma tabla, con los que definen los filtros de aire.

		Tipo	Tamaño mínimo partículas μm	Concentración óptima g/m^3	Velocidad normal		Pérdida de carga c.d.a.	Rendimiento aproximado %
					m/s	A través de		
SEPARADORES DE POLVO	POR GRAVEDAD	CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN	200	>180	1'5 ÷ 3	LA CÁMARA	<2'5	<50
	POR FUERZAS DE INERCIA	CÁMARA DE CHOQUE	50 ÷ 150	>180	5 ÷ 10	ENTRADA	<13	<50
		CICLÓN	>10	>35	10 ÷ 20	ENTRADA	<50	<80
		MULTICICLÓN (Ciclones de poco diámetro)	>5	>35	10 ÷ 20	ENTRADA	<100	<90
	SEPARADORES HÚMEDOS (SRUBBERS)	DE CHOQUE	>5	>35	15 ÷ 30	TOBERAS	>50	<80
		DE CHORRO	<5	>3'5	10 ÷ 15	ENTRADA	<200	<90
		DE TOBERA SUMERGIDA	>2	>3'5	10 ÷ 20	TOBERAS	>50	<90
FILTROS	ELECTROSTÁTICO	ALTA TENSIÓN	<2	>3'5	1 ÷ 3	PLACAS	<8	<95
		BAJA TENSIÓN	<1	<0'03	1'5 ÷ 2'5	PLACAS	<25	<90
	FILTROS DE AIRE	HÚMEDOS	>5	<0'07	1'5 ÷ 2'5		2 ÷ 18	65 ÷ 90
		SECOS	>0'5	<0'035	0'1 ÷ 2'5		2 ÷ 25	50 ÷ 95
		ABSOLUTOS	<1	<0'035	0'1 ÷ 2'5		25 ÷ 65	99'95
		PARA ABSORCIÓN DE OLORES (Carbón activo)	MOLECULAR	<0'035	0'1 ÷ 0'6		<8	>95

Tabla 6. Separadores de polvo y filtros de aire

3. Pérdida de carga

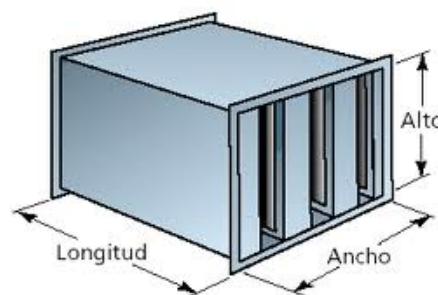
El filtro opone una resistencia al paso del aire originado una Pérdida de carga, expresada en Pascales o mm c.d.a., que deberá vencer la presión del ventilador que impulse aire a través del mismo.

Esta pérdida de carga es inicial, con el filtro limpio, o bien final recomendada, que es cuando el filtro debe limpiarse o reponerse por otro nuevo. Para mantener el caudal de aire uniforme debe preverse el aumento de pérdida de carga a medida que se colmata el filtro, a través de una regulación de la velocidad del ventilador o bien por compuertas graduables.

Un sistema u otro de filtraje supone una mayor o menor pérdida de carga y por ende un mayor o menor coste de mantenimiento. Los filtros de alta eficiencia lógicamente son los que mayor pérdida de carga provocan, por lo que debe escogerse en el proyecto la eficiencia justa y no más.

Silenciadores o atenuadores acústicos.

Se llaman atenuadores o silenciadores aquellos elementos que se instalan en conducciones de fluidos que transportan energía sonora para la absorción de ésta.



En la industria, el uso de atenuadores es una forma de control del ruido proveniente de:

- Las pulsaciones de presión en compresores y bombas.
- El flujo turbulento a alta velocidad en las válvulas de control.
- Los escapes de gas a alta presión en equipo neumáticos.
- Los flujos de aire creados por los sistemas de ventilación y calefacción.
- Etc.

Los atenuadores pueden ser de absorción o reactivos.

Compuertas antirretorno.

Las compuertas antirretorno están indicadas para el cierre hermético de ciertas secciones de instalaciones de ventilación.

Con el ventilador en marcha, las lamas de la compuerta antirretorno se abren más o menos dependiendo de las velocidades del aire. Si el ventilador se para, las lamas se cierran automáticamente. Con ello se evita que en instalaciones con varios ventiladores se produzca el retorno de aire a través de uno de ellos que esté fuera de servicio.

Su instalación puede realizarse tanto horizontal como vertical



Compuertas de regulación.

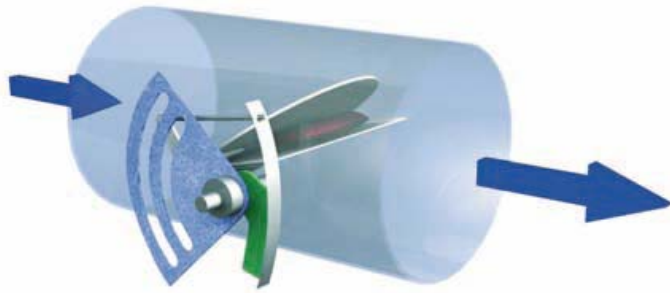
Las compuertas de regulación se han de ajustar en función del caudal de aire necesario en cada bifurcación. El proceso de medición y ajuste se ha de repetir varias veces hasta que todos los tramos queden equilibrados. Durante el funcionamiento el caudal de aire se va reduciendo a medida que aumenta la suciedad en el filtro.

Regulación de caudal de aire constante sin apoyo de fuente de energía externa

Los reguladores automecánicos son una solución económica para la regulación de caudales de aire constante. Debido a que funcionan sin ayuda de energía exterior, no es necesario ni el uso de cableados ni la puesta en marcha.

El regulador posee una compuerta de regulación que gira sobre cojinetes. Las fuerzas aerodinámicas producidas por el flujo de aire provocan un par de cierre de la compuerta.

Este movimiento de cierre se ve amplificado por el efecto de hinchado por una membrana de regulación. En contra actúa una fuerza provocada por la acción de un muelle de láminas y una leva que hace mantener constante el caudal de aire ajustado con independencia de las variaciones de presión en el conducto.



La membrana del regulador tiene adicionalmente la misión de actuar como amortiguador de oscilaciones.

La puesta en marcha de esta unidad es especialmente sencilla. En una escala situada en el exterior se puede leer el caudal fijado, e incluso si se precisa, volverlo a ajustar.

Regulación de caudal constante con conmutación del valor fijado

Las instalaciones, que funcionan con caudal de aire constante ofrecen un potencial de ahorro de energía mediante la reducción del caudal de aire en ciertos periodos de tiempo (conmutación día-noche). Los reguladores de caudal tienen fijados dos valores entre los que se realiza la conmutación. Para ello los reguladores de caudal son equipados con un servomotor todo-nada (caudal 1-caudal 2).

Limitación del caudal de aire

Una distribución uniforme del aire entre los diversos difusores de una instalación sólo se realiza mediante un preciso diseño de la red de conductos tras el ajuste de las compuertas de equilibrado. Se recomienda el uso de limitadores de caudal de aire en los difusores ya que de esta forma es posible conseguir una rápida y sencilla puesta en marcha. Por motivos acústicos, los reguladores deberán seleccionarse de modo que las diferencias de presión a controlar no sean muy elevadas (instalaciones de baja presión).



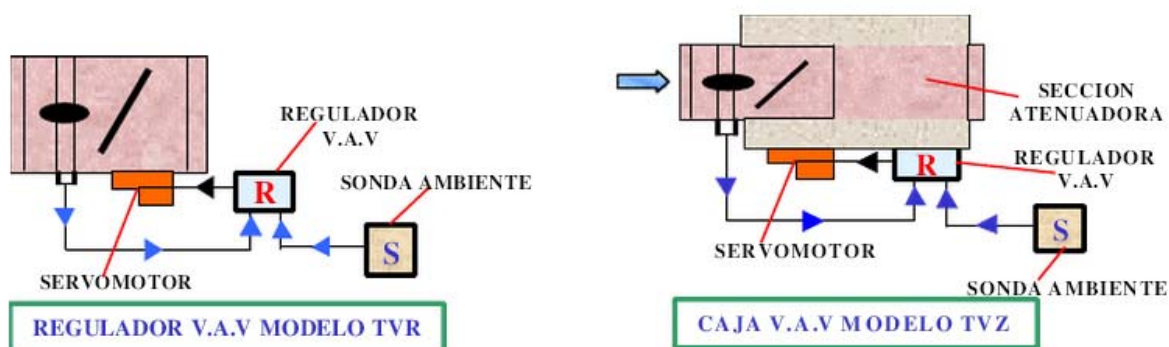
Reguladores con sonda de presión:

Debido a las constantes exigencias del mercado y al desarrollo de nuevos sistemas de regulación, han aparecido nuevas generaciones de reguladores de caudal variable. Este tipo de equipos llevan incorporado en la dirección del flujo de aire y delante de la compuerta, un sensor de medición integrado (en el que se miden valores promedio). Mediante este sensor se mide el caudal de aire a través de una diferencia de presión. El valor promedio es enviado a un regulador el cual lo compara con el valor real medido por la sonda de ambiente de la zona a climatizar, enviando una señal al servomotor y modificando la posición de la compuerta en función de esta comparación.

Cajas de caudal variable.

Son reguladores con sonda de presión pero se denominan **cajas de caudal variable** cuando los reguladores van provistos de una sección de expansión / atenuadora, para reducir la velocidad del aire y amortiguar la potencia sonora generada en el regulador. Las principales ventajas de las cajas / reguladores con sonda de presión frente a los de tipo automecánico son:

- Mayores gamas de regulación, del 100 al 10%.
- Bajas presiones de respuesta.
- Posibilidad de cierre total.
- Posibilidad de medir el caudal en la propia caja / regulador.



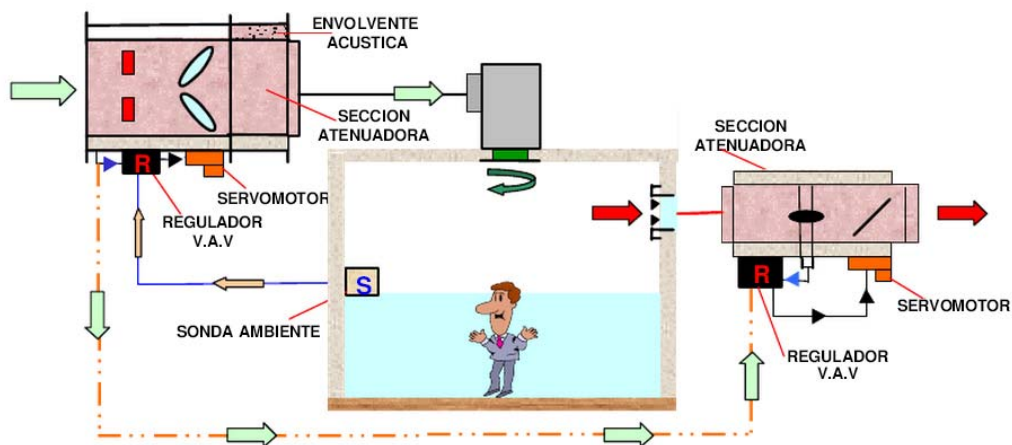
Funcionamiento individual o en paralelo

El circuito de regulación de impulsión o de retorno es mandado bien individualmente o en paralelo, a través de una señal de mando (0 - 10 v) procedente de la sonda de ambiente, con lo que tenemos que, al variar las necesidades térmicas de las zonas, se producirá una variación proporcional en los caudales de las cajas / reguladores.

Funcionamiento Master / Esclava

La caja / regulador de impulsión es comandada directamente por la sonda de ambiente. La caja / regulador situada en el retorno recibe como señal de mando, una señal de valor real de la caja / regulador de impulsión, proporcional al caudal de aire impulsado.

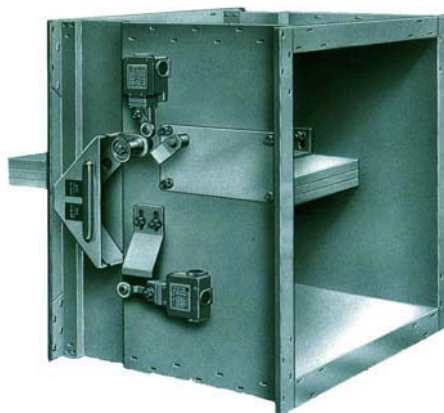
Con esto tenemos una adaptación directa del caudal de aire de retorno, con el caudal de impulsión y por tanto las variaciones de presión en la zona a acondicionar son prácticamente despreciables.



Compuertas cortafuegos (humo).

Las compuertas cortafuegos sirven para el cierre automático de secciones de incendio en instalaciones de climatización y ventilación.

Son adecuadas para su montaje en paredes y techos, independientemente de su posición de montaje y de la dirección del aire. Todos los mecanismos de disparo son intercambiables entre sí, siendo la carcasa de la compuerta común para todos ellos. En todas las ejecuciones, el cierre se realiza por disparo de un fusible térmico, tarado a una temperatura superior a los 72 °C. El rearme de la compuerta es manual o automático a distancia con servomotores neumáticos o eléctricos.



Exigencias

En las instalaciones de ventilación la compuerta cortafuegos no solamente es un elemento de la distribución de aire sino que tiene una misión precisa de seguridad. En caso de incendio, la compuerta cortafuegos impide la propagación del fuego y humo a través de los conductos de ventilación a otras zonas del edificio durante un periodo de tiempo llamado "Clase de resistencia".

Por razones de seguridad solamente pueden ser utilizadas compuertas cortafuegos que hayan sido ensayadas en un laboratorio neutral homologado.

Ejemplo de aplicación de la protección antiincendio

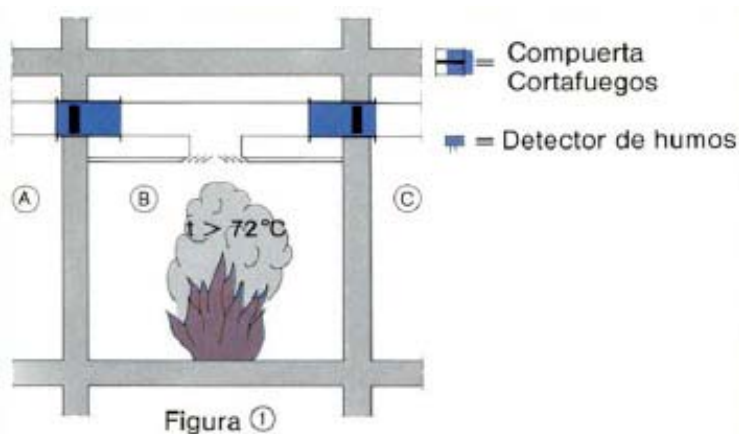
En la figura muestra esquemáticamente el paso de los conductos de ventilación a través de las zonas A-B-C.

De acuerdo con las exigencias constructivas el paso de un ambiente al otro debe de ser interrumpido en caso de incendio por medio de una compuerta cortafuegos automática. El cierre se produce cuando rompe el elemento térmico (fusible), montado en el interior de la compuerta con una temperatura $t > 72\text{ }^{\circ}\text{C}$. Por razones de seguridad no es posible la apertura de la compuerta sin la sustitución del fusible.

Protección contra el humo

Para evitar el peligro de que el humo frío con una temperatura $t < 72\text{ }^{\circ}\text{C}$, que se forma al inicio del incendio, se propague a otros ambientes, las compuertas deben de ser estancas y deben de instalarse detectores de humos para su cierre.

Puesto que con baja temperatura el fusible de la compuerta no actúa, éstas deben de ser equipadas con un dispositivo electro neumático o eléctrico funcionando por razones de seguridad por fallo de la corriente eléctrica.



Las fig. 2 - 5 muestran esquemáticamente las diferentes posibilidades de propagación del humo en las instalaciones en función de la protección contra el humo mediante la instalación de compuertas cortafuegos y detectores de humos.

Figura 2

Sin la instalación de una compuerta cortafuegos y de un detector de humos, el humo se propaga a otros locales a través del conducto de retorno.

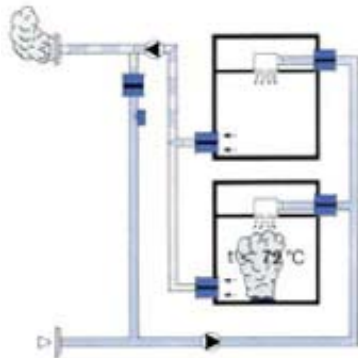
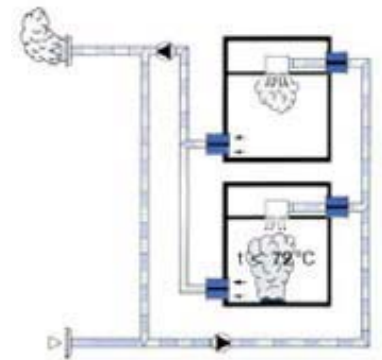


Figura 3

Mediante la colocación en el conducto de retorno de una compuerta cortafuegos y un detector de humos, el humo se expulsa al exterior a través del conducto de extracción. La instalación puede continuar funcionando pero sin aire recirculado.

Figura 4

La propagación de humo del exterior se evita mediante una compuerta mandada por un detector de humos. La instalación puede continuar funcionando con aire de re-circulación.

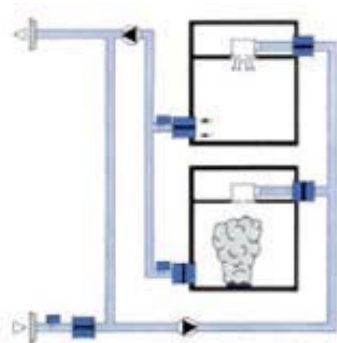
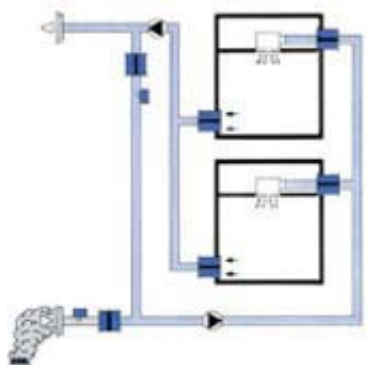
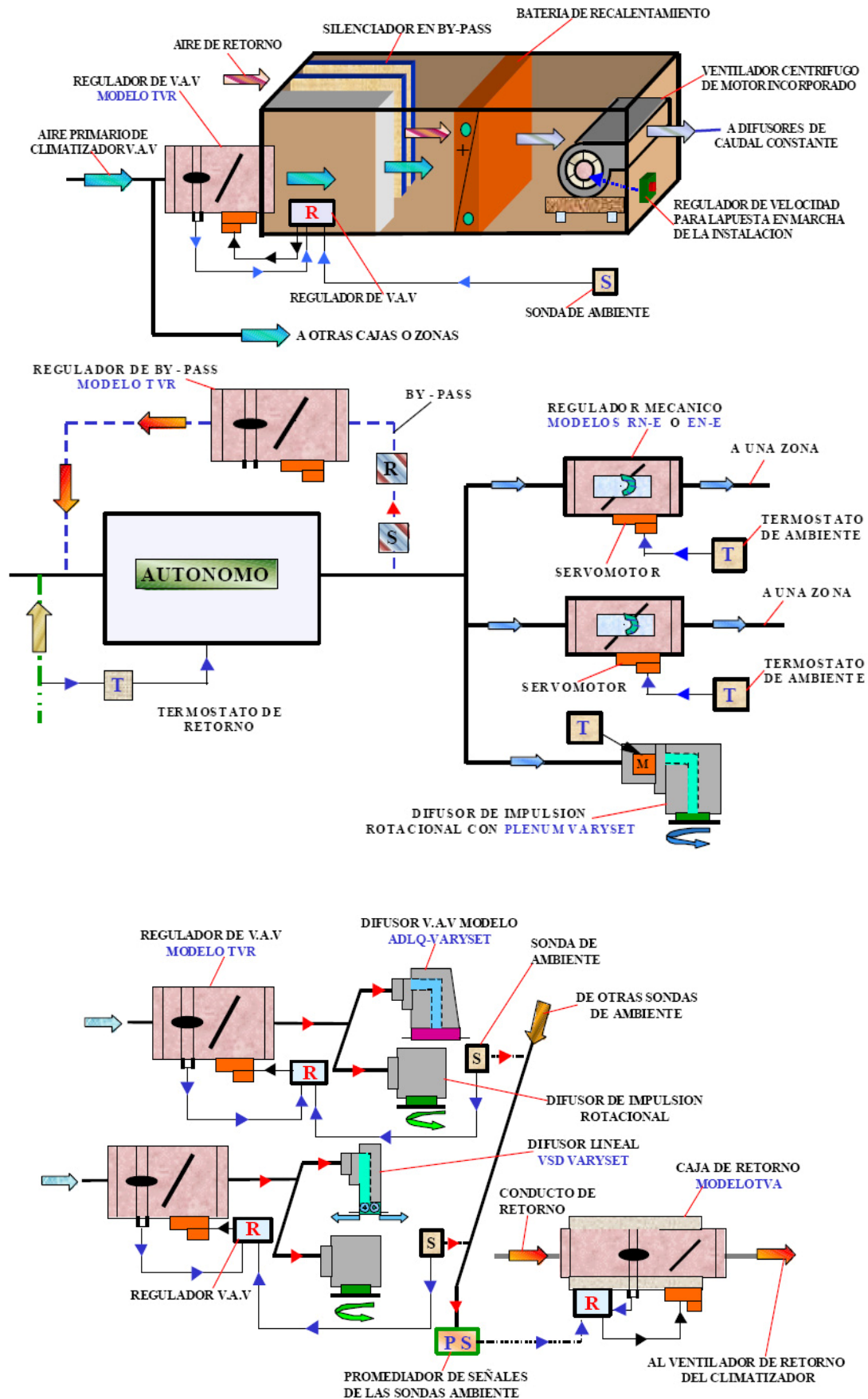


Figura 5

Cierre de las compuertas situadas en el conducto de impulsión y retorno de la zona en la que se ha producido el incendio. La instalación de ventilación puede funcionar normal-mente en las otras zonas.

6. Representación de planos y esquemas de principio.

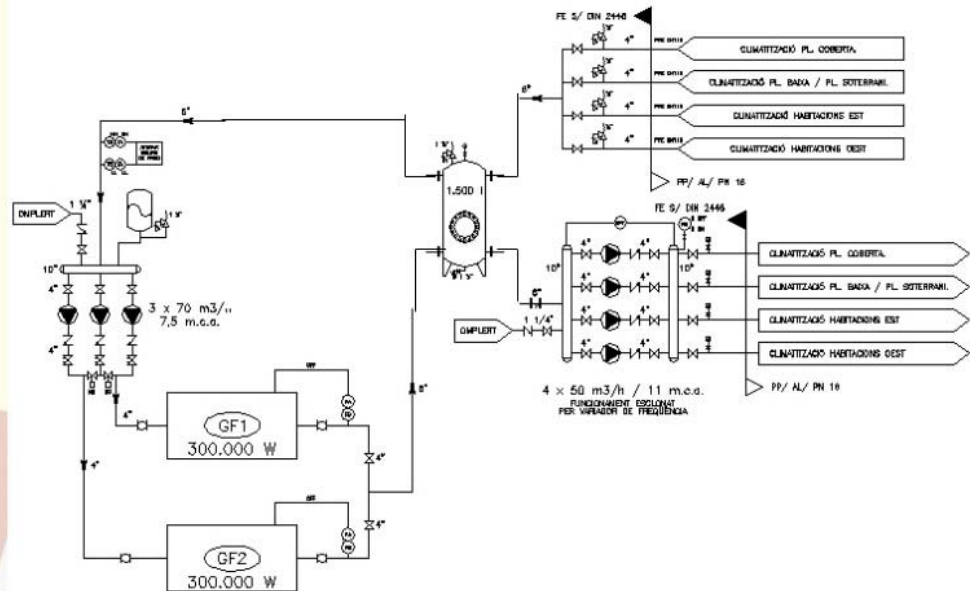


4. DISTRIBUCIÓN

Esquemas de principio

Sistemas climatización edificio

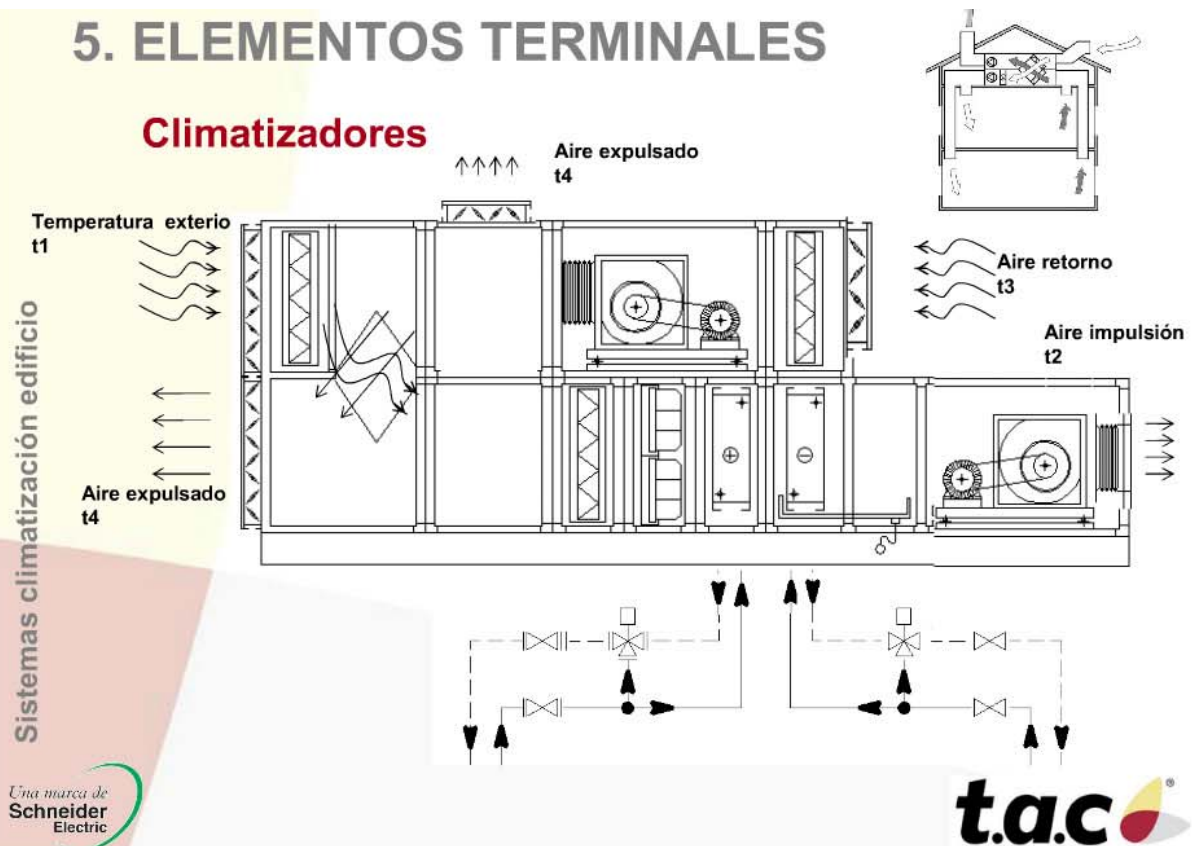
Una marca de
Schneider
Electric



t.a.c.

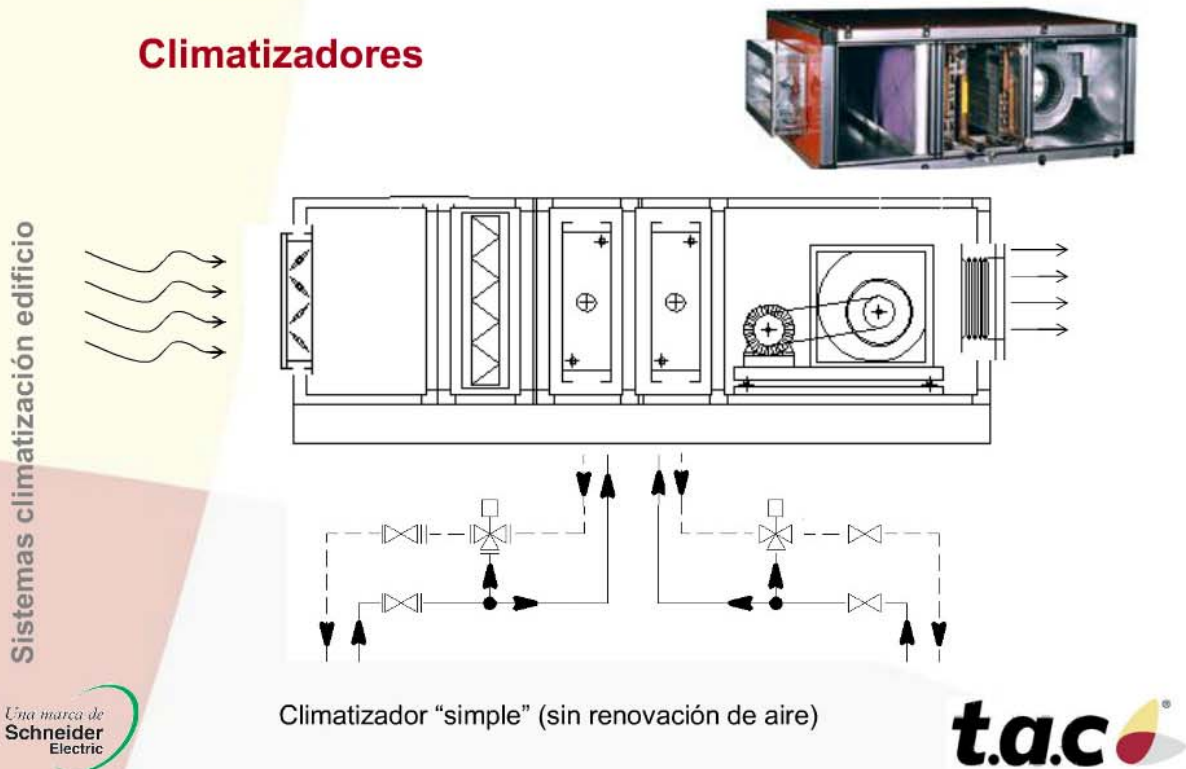
5. ELEMENTOS TERMINALES

Climatizadores



5. ELEMENTOS TERMINALES

Climatizadores



7. Normativa de aplicación.

La normativa de aplicación en vigor para regular las características que deben cumplir los conductos de distribución de aire, está contenida en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), con desarrollo en sus Instrucciones Térmicas Complementarias (ITE). En estas instrucciones se hace referencia a diversas normas UNE o EN del Comité 100 de Normalización.

El RITE hace referencia a los conductos metálicos, que deben cumplir lo especificado en la norma UNE-EN-12237, y conductos no metálicos, que deben cumplir lo especificado en la norma UNE-EN-13403. También se mencionan las conexiones flexibles (**conductos flexibles**) entre las redes de conductos de aire y las unidades terminales,

Exigencias normativas para los materiales en la Climatización

Todos los materiales que formen parte de una instalación de climatización, deben tener una clase de comportamiento ante el fuego, de acuerdo con el DB-SI incluido en el Código Técnico de la Edificación.

Destacamos en la sección SI 1, el apartado 4, “Reacción al fuego de los elementos constructivos, decorativos y de mobiliario”, y dentro de éste, el punto 2, en el cual podemos leer:

Clases de reacción al fuego de los elementos constructivos

Situación del elemento	Revestimientos ⁽¹⁾	
	De techos y paredes ⁽²⁾⁽³⁾	De suelos ⁽²⁾
Zonas ocupables ⁽⁴⁾	C-s2, d0	E _{FL}
Aparcamientos	A2-s1, d0	A2 _{FL} -s1
Pasillos y escaleras protegidos	B-s1, d0	C _{FL} -s1
Espacios ocultos no estancos: patinillos, falsos techos, suelos elevados, etc.	B-s3, d0	B _{FL} -s2 ⁽⁶⁾

(1) Siempre que superen el 5% de las superficies totales del conjunto de las paredes, del conjunto de los techos o del conjunto de los suelos del recinto considerado.

(2) Incluye las tuberías y conductos que transcurren por las zonas que se indican sin recubrimiento resistente al fuego. Cuando se trate de tuberías con aislamiento térmico lineal, la clase de reacción al fuego será la que se indica, pero incorporando el subíndice L.

(3) Incluye a aquellos materiales que constituyan una capa contenida en el interior del techo o pared y que no esté protegida por una capa que sea el 30 como mínimo.

(4) Incluye, tanto las de permanencia de personas, como las de circulación que no sean protegidas. Excluye el interior de viviendas.

En uso Hospitalario se aplicarán las mismas condiciones que en pasillos y escaleras protegidos.

(5) Véase el capítulo 2 de esta sección.

(6) Se refiere a la parte inferior de la cavidad. Por ejemplo, en la cámara de los falsos techos se refiere al material situado en la cara superior de la membrana. En espacios con clara configuración vertical (por ejemplo, patinillos) esta condición no es aplicable.

La lectura de este apartado de la normativa vigente permite las siguientes observaciones:

- Los **conductos y sus aislamientos deben de ser Euroclase B-s3, d0** como mínimo, certificada mediante ensayo normalizado en laboratorios acreditados por la Administración, como es preceptivo.

Por Normativa

Según la **Norma EN 13403**, en el apartado 5 «Restricciones de aplicación», no se puede utilizar conductos de lana de vidrio para:

- Conductos de extracción de campanas o cabinas de humo. (cocinas, laboratorios, etc.)
- Conductos de extracción de aire conteniendo gases corrosivos o sólidos en suspensión.
- Conductos instalados al exterior de edificios, sin protección adicional.
- Conductos enterrados, sin protección adicional.
- Para conductos verticales de más de 10 m. de altura, sin los soportes correspondientes.

No se deben utilizar conductos el tipo cuando se superen los siguientes límites de aplicación:

- Presión estática máxima: 800 Pa (500 Pa para el tipo PLATA).
- Velocidad máxima: 18 m/s (12 m/s para el tipo PLATA).
- Temperatura máxima del aire: 60 °C al exterior del conducto y 90 °C al interior (65 °C para el tipo Plus R)
- Temperatura mínima: -40 °C

No se deben utilizar cintas de aluminio que incumplan los siguientes requisitos:

- La anchura mínima nominal de la cinta será de 60 mm.
- La resistencia a la tracción será igual o superior a 45 N/cm
- La resistencia al despegue será de, al menos, 6,7 N/cm a 82 °C y tras 15 min. de prueba.

No se puede dejar sin reforzar los conductos cuando uno de sus lados sea mayor de 80 cm, para el tipo Plata, o mayor de 90 cm para el tipo Plus R, Neto y A2..

No se debe dejar de colocar soportes en las siguientes condiciones.

Dimensión interior (mm)	Distancia máxima entre soportes (m)
< 900	2,4
900 a 1.500	1,8
> 1.500	1,2

Recomendaciones del fabricante

— No se deben realizar cortes interiores en el panel.

Así, no deben realizarse codos curvos, puesto que exigen la realización de cortes interiores en el panel para poder curvar el panel y ajustarlo a la forma del codo.

— La salida del ventilador debe continuar en un tramo recto de longitud entre 1,5 y 2,5 veces la dimensión mayor de la boca del ventilador.

Si se realizan reducciones tras la salida deben tener una inclinación máxima de 15° .

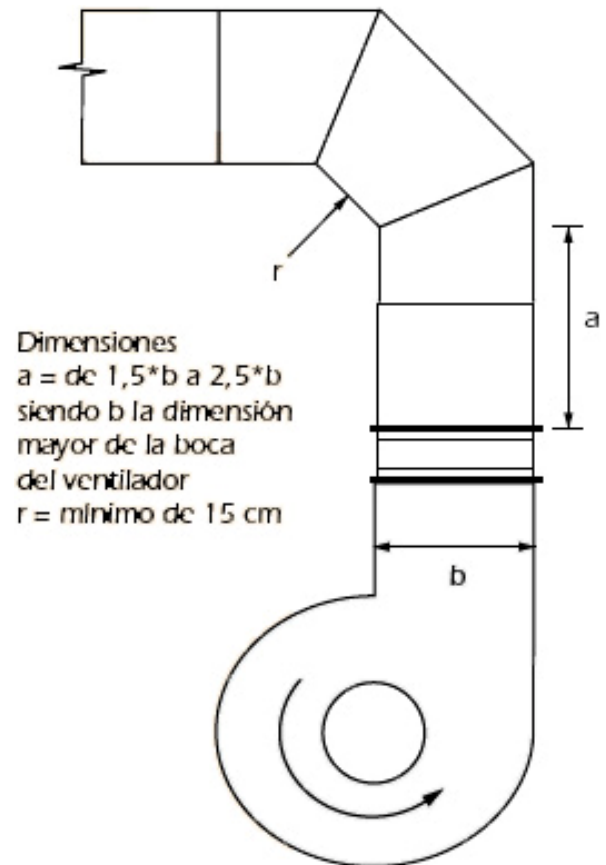
Si se debe realizar un codo, el sentido de circulación del aire en el mismo se corresponderá con el del giro del ventilador.

La conexión al equipo ha de ajustarse interponiendo un acoplamiento flexible para evitar la propagación de vibraciones.

Por último, y en función de cuál sea la posición relativa de la brida del equipo y del conducto de aire podrá ser necesario disponer de un angular de chapa para reafirmar la conexión.

Como se ve, las diferentes disposiciones utilizan un tornillo para afianzar la fijación entre el Perfiver H y el panel. Otro aspecto a considerar es que no se debe introducir el panel en la salida de aire de la máquina.

— Las cintas de aluminio utilizadas deben tener, al menos, 65 mm de anchura, 50 micras de espesor, y estar en conformidad con la Norma UL-181.



RESUMEN

Las instalaciones de climatización tienen como objetivo básico garantizar las condiciones de confort de los usuarios y/o mejorar sus condiciones laborales. Para ello, el proyectista seleccionará el tipo de instalación según criterios varios, como el tipo de local a acondicionar, exigencias de ruido, coste, mantenimiento, etc.

De entre los tipos de instalaciones de climatización, aquellas que realizan una distribución de aire por conductos (sistemas todo aire), disponen de una serie de ventajas, como mantenimiento centralizado, opciones de ahorro energético, y alta calidad de aire interior.

Como caso particular de instalaciones de aire, cabe resaltar que la pre-instalación de aire en viviendas permite mayor calidad de aire interior, eficiencia, y adaptación a las necesidades de cada usuario.

Tipos de conductos.

Dentro de los conductos para distribución de aire, podemos distinguir:

- a) **Conductos de chapa metálica.** De conformación en taller, necesitan de un aislamiento térmico y acústico adicional. Están regulados por la norma UNE-EN-12237.
- b) **Conductos de lana de vidrio.** De conformación en obra, aportan de por sí aislamiento térmico y acústico. Regulados por la norma UNE-EN-13403.
- c) **Conductos flexibles.** Limitados por el RITE a una longitud máxima de 1,2 m por su elevada pérdida de presión, se utilizan para las conexiones entre el conducto principal y las unidades terminales. Regulados por la norma UNE-EN 13180.

Conclusiones

- Un diseño adecuado y una ejecución correcta de las instalaciones, garantizan que no existirán problemas que alteren las magnitudes físicas del aire interior y otros aspectos adicionales ligados al confort.
- La suciedad en los conductos es el principal responsable de la contaminación endógena del aire, lo que hace imprescindible la limpieza inicial, el filtrado adecuado de todo el aire circulante y un mantenimiento apropiado.
- Los materiales de conductos normalizados que se utilizan en España no aportan unos contaminantes en grado significativo al aire conducido por la red de conductos.
- La detección de problemas que reduzcan la calidad del aire suministrado, requiere una inspección de todos los elementos del sistema. Para el caso de eventuales depósitos de polvo en cualquier red de conductos, se requiere:
 - Un sistema de inspección visual del interior, mediante endoscopia luminosa u otro sistema. La red de distribución de aire debe de disponer de compuertas (cada 10 m) para acceder al interior de los conductos.
 - Algunos de los sistemas de limpieza que combinan presión y aspiración de aire.

b) Resultados de aprendizaje y criterios de evaluación

1. Configura instalaciones de climatización de pequeña potencia, seleccionando los equipos y elementos y justificando la elección en función del campo de aplicación y reglamentación vigente.

Criterios de evaluación:

- a) Se ha identificado y aplicado la normativa correspondiente.
- b) Se han calculado las canalizaciones de aire utilizando tablas y programas informáticos.
- c) Se han determinado las dimensiones de las tuberías de refrigerante y de agua.
- d) Se ha representado una instalación de climatización todo aire, dibujando un esquema e indicando la ubicación de los elementos y canalizaciones.
- e) Se han especificado los parámetros de control (temperatura exterior, interior, recalentamiento, subenfriamiento, consumos eléctricos y presiones en el circuito frigorífico e hidráulico, entre otros) en una instalación de climatización.
- f) Se han tenido en cuenta las repercusiones medioambientales de los gases fluorados de efecto invernadero.
- g) Se han seleccionado los elementos constituyentes de la instalación a partir de los datos calculados y utilizando catálogos comerciales.
- h) Se ha elaborado el presupuesto utilizando catálogos comerciales.
- i) Se ha colaborado entre compañeros y compañeras durante la realización de las tareas.
- j) Se han respetado las normas de utilización de los medios informáticos.
- k) Se ha mostrado interés por la evolución tecnológica del sector.

c) Contenidos

procedimentales

- Cálculo y trazado de conductos de aire. Conductos de impulsión, retorno, extracción y renovación.
- Selección de rejillas y difusores.
- Utilización de equipos de recuperación de energía para la mejora del rendimiento.
- Descripción y selección de elementos auxiliares de instalaciones de aire acondicionado y ventilación.
- Representación de planos y esquemas de principio.

conceptuales

- Tipos de conductos.
- Aislamientos térmicos y acústicos.
- Pérdidas de carga. Gráficos y ábacos.
- Conductos de aire y su influencia en la calidad del aire interior.
- Normativa de aplicación.

actitudinales

- Rigor en el cálculo de parámetros y elementos.
- Atención a las normas de representación gráfica.
- Rigor en la elaboración de planos en los formatos normalizados.
- Importancia de prestar especial atención a los manuales de configuración, instalación y uso de los distintos elementos.
- Colaboración entre compañeros y compañeras durante la realización de las tareas.
- Interés por la evolución tecnológica del sector.
- Respeto por las normas de utilización de los medios informáticos.

ANEXO 1

Módulo: 0037		Técnicas de montaje de instalaciones																					
Nº	Título de la práctica					Curso:																	
1	Alumno:																						
Apellidos y Nombre:																							
Fecha:																							
2	Descripción de la práctica																						
3	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> Tiempo empleado Tiempo prevision de ____ horas </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 12.5%;">Fechas</td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> <td style="width: 12.5%;"></td> </tr> <tr> <td>Horas</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>							Fechas								Horas							
Fechas																							
Horas																							
Horas totales de realización de la práctica por el alumno																							
4	Objetivos de la práctica																						
5	Proceso de trabajo empleado																						

6	Herramientas utilizadas en el proceso						
7	Maquinaria utilizada en la práctica						
8	Instrumentos de medida utilizados en la práctica						
9	Planos, esquemas y diagramas utilizados						
10	Observaciones del alumno sobre la práctica						
10	Calificación obtenida						
	Comprensión del trabajo realizado	Calidad de acabado	Tiempo de ejecución	Plano de la práctica	Memoria de la práctica	Suma	Nota media obtenida

Cuestionario de autoevaluación

Bibliografía