

Las transparencias son el material de apoyo del profesor para impartir la clase. No son apuntes de la asignatura. Al alumno le pueden servir como guía para recopilar información (libros, ...) y elaborar sus propios apuntes

En esta presentación se incluye un listado de problemas en el orden en el que se pueden resolver siguiendo el desarrollo de la teoría. Es trabajo del alumno resolverlos y comprobar la solución

Departamento: Ingeniería Eléctrica y Energética
Area: Máquinas y Motores Térmicos

CARLOS J RENEDO renedoc@unican.es
INMACULADA FERNANDEZ DIEGO fernandei@unican.es
JUAN CARCEDO HAYA juan.carcedo@unican.es
FELIX ORTIZ FERNANDEZ felix.ortiz@unican.es

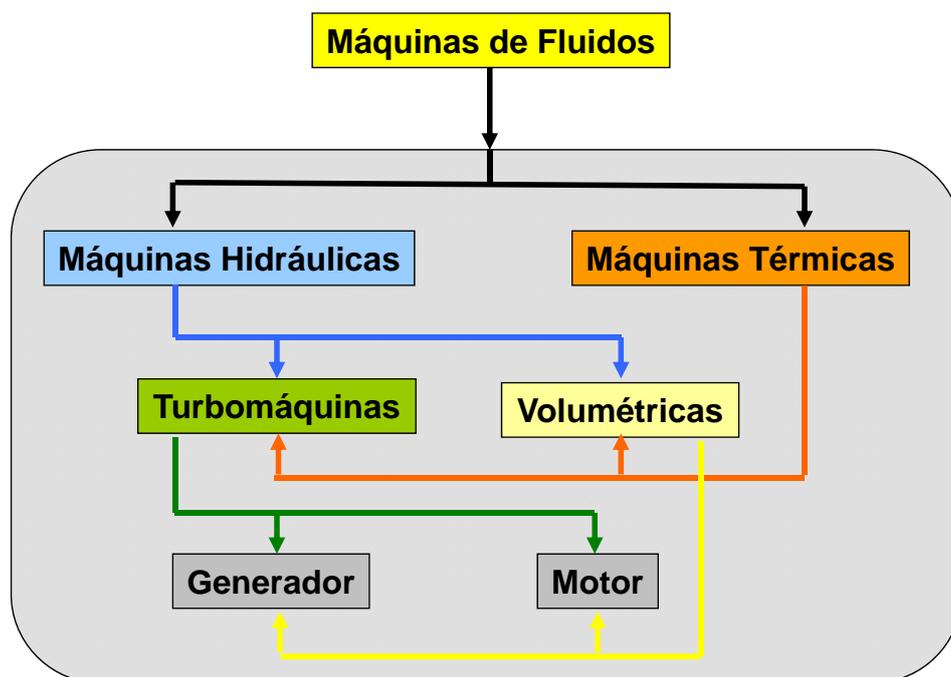
2.1.- Ventiladores

2.2.- Compresores

Objetivos:

El objetivo de este bloque es desarrollar las máquinas “hidráulicas” generadoras de mayor aplicación para el movimiento de aire: ventiladores y compresores

Este bloque se complementa con una práctica de laboratorio donde se pueden ver diferentes máquinas y sus despieces



2.1.- Ventiladores

- 2.1.1.- Generalidades
- 2.1.2.- Clasificación
- 2.1.3.- Curvas Características
- 2.1.4.- Leyes de Funcionamiento
- 2.1.5.- Acoplamientos
- 2.1.6.- Selección

2.2.- Compresores

<http://www.solerpalau.es/multimedia/catalog/industrial.html>

5

Generalidades

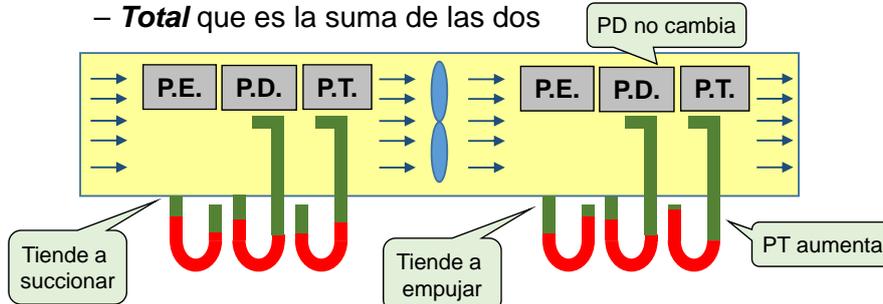
Son máquinas destinadas a producir movimiento de aire. Las características principales para su selección son:

- Caudal volumétrico
- Incremento de la presión estática
- Potencia disponible
- Rendimiento del ventilador
- Ruido, dimensiones, y modo de arrastre

Son Generadores
Hidráulicos

En un conducto hay 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



$$H = z + \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} \quad [m]$$

$P_{estática}$: en todas las direcciones

$P_{dinámica}$: en la dirección del flujo

$$P_{din} = \frac{v^2}{2g} \quad [m]$$

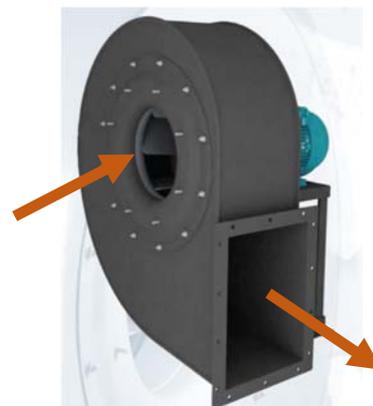
6

Generalidades (II)

Succionan aire y ...

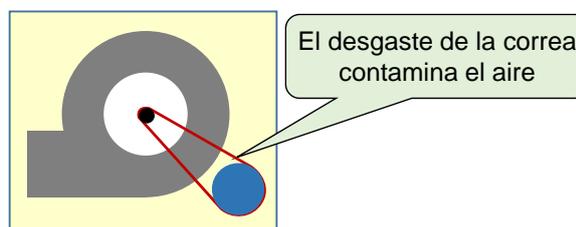
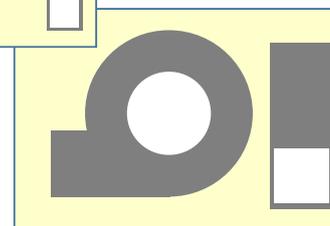
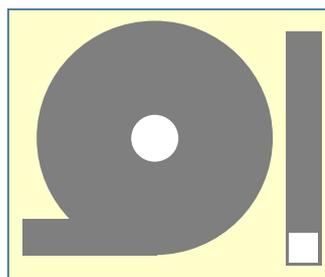
¡Cuidado con los arranques intempestivos!

Suelen arrancar por diferencia de presión, y la apertura de una puerta o ventana la modifica



Clasificación (I)

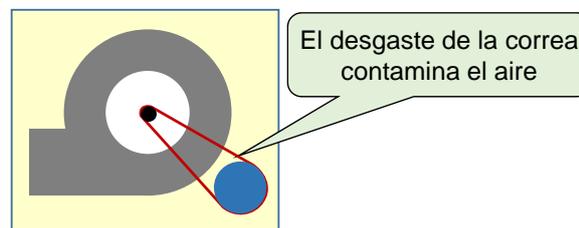
- Por **la diferencia de presión estática**:
 - Alta presión: $180 < \Delta p < 300$ mm.c.a.
 - Media presión: $90 < \Delta p < 180$ mm.c.a.
 - Baja presión: $\Delta p < 90$ mm.c.a.
- Por el **sistema de accionamiento**:
 - Accionamiento directo
 - Accionamiento indirecto por transmisión





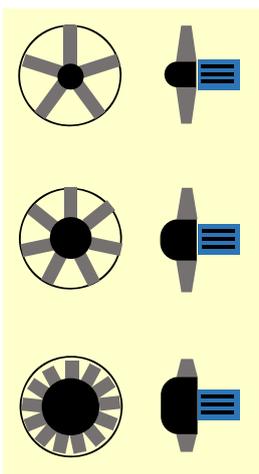
Clasificación (I)

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

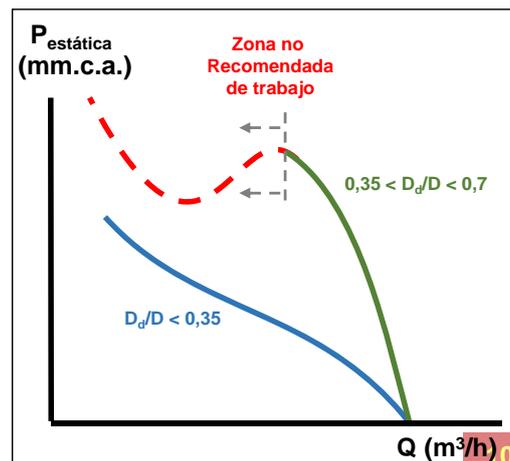


Clasificación (II)

- Por el **modo de trabajo (I)**:
 - **Ventiladores axiales**: mueven grandes caudales con incrementos de presión estática baja
 - Hélice o Axial
 - Tubo axial: en una envolvente, dan mayores presiones, generan mucho ruido

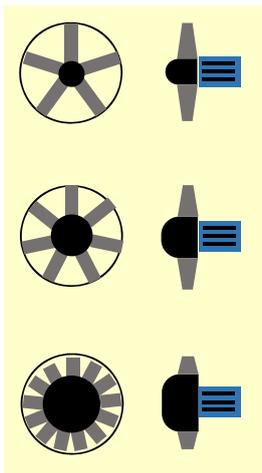


- Relación $D_b/D < 0,35$
Proporcionan bajo incremento de p
Tienen rendimiento bajo
- Relación $D_b/D > 0,35$ y $< 0,7$
La curva tiene un mínimo que el punto de trabajo de debe evitar
- Relación $D_b/D > 0,7$
La curva tiene un mínimo a evitar
Proporcionan altas p con caudales medios

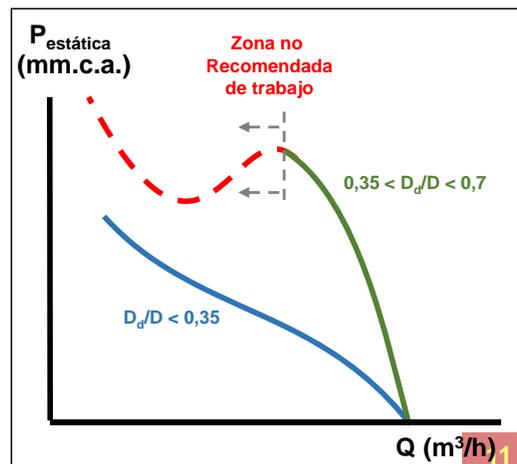


Clasificación (II)

- Por el **modo de trabajo (I)**:
 - **Ventiladores axiales**: mueven grandes caudales con incrementos de presión estática baja
 - Hélice o Axial
 - Tubo axial

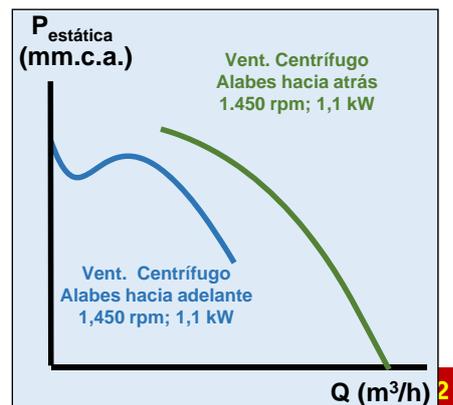
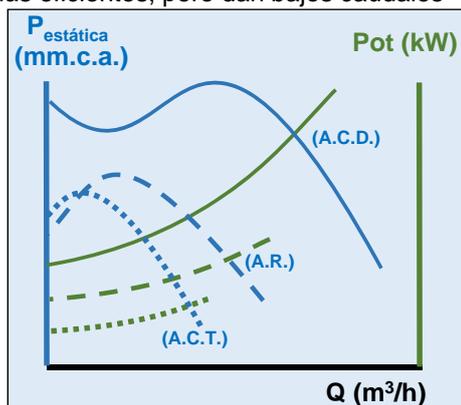
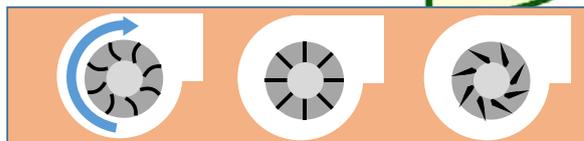


- F... T... p... mayores
- En algunos rotores axiales se tiene la posibilidad de variar el ángulo de los álabes el punto de trabajo de debe evitar
- Relación $D_b/D > 0,7$
La curva tiene un mínimo a evitar
Proporcionan altas p con caudales medios



Clasificación (III)

- Por el **modo de trabajo (II)**:
 - **Ventiladores centrífugos**: salida perpendicular a la entrada.
 - De álabes curvados hacia delante
Son los menos eficientes, pero los que dan mayor p y Q
La curva es la más horizontal
 - De álabes rectos a radiales
Fáciles de construir, se suelen emplear en captación de aire sucio
 - De álabes curvados hacia atrás
Son los más eficientes, pero dan bajos caudales



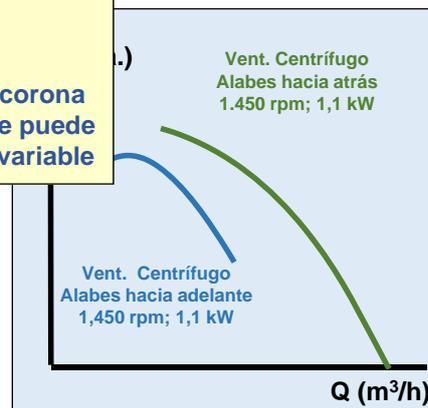
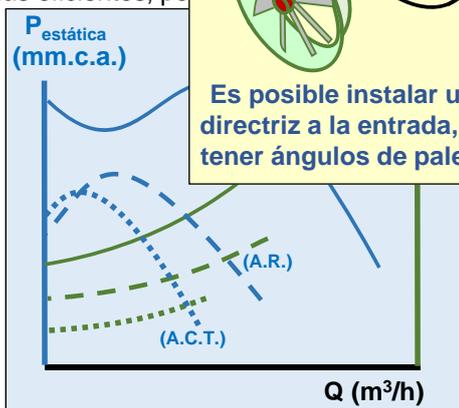
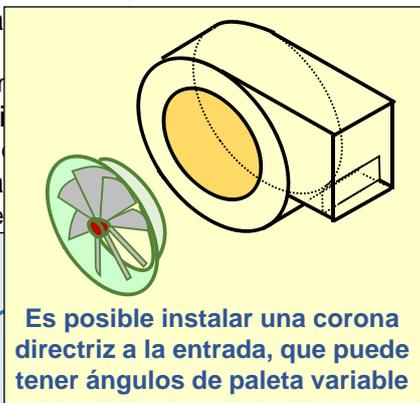
Clasificación (III)



• Por el modo de trabajo (II):

– Ventiladores centrífugos: salida perpendicular a la entrada.

- De álabes curvados hacia adelante
Son los menos eficientes,
La curva es la más horizontal
- De álabes rectos a radi
Fáciles de construir, se su
- De álabes curvados hacia atrás
Son los más eficientes, pe



Clasificación (III)

VENTILADORES CENTRÍFUGOS



Álabes curvados hacia adelante



Álabes curvados hacia atrás



Álabes rectos

Clasificación (III)

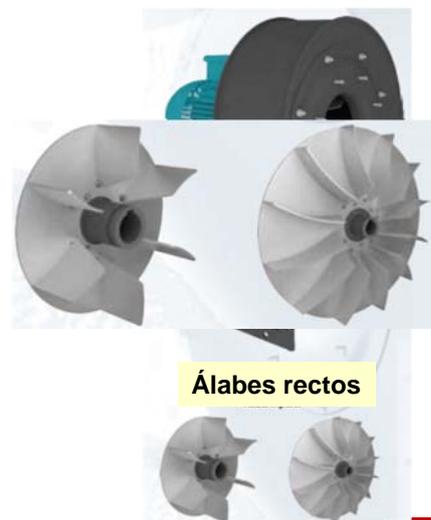
VENTILADORES CENTRÍFUGOS



Álabes curvados hacia adelante



Álabes curvados hacia atrás



Álabes rectos

Clasificación (III)

VENTILADORES CENTRÍFUGOS DE ALTA PRESIÓN



Álabes curvados hacia adelante



Álabes curvados hacia atrás



Álabes rectos

Clasificación (III)

VENTILADORES CENTRÍFUGOS DE ALTA PRESIÓN



Álabes curvados hacia adelante



Álabes curvados hacia atrás

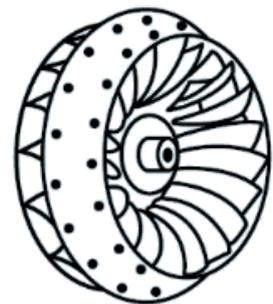
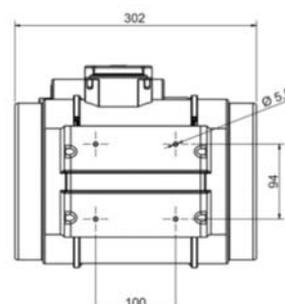
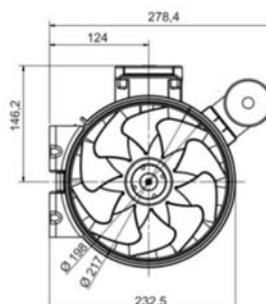
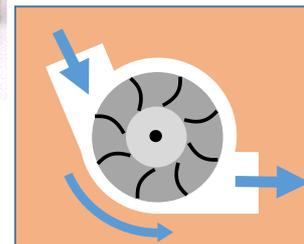


Álabes rectos

Clasificación (IV)

- Por el *modo de trabajo* (III):

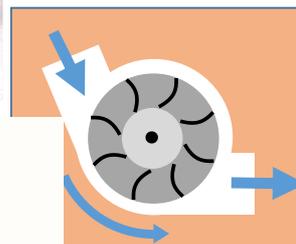
- **Ventiladores *trangenciales***; la trayectoria del aire en el rodete es normal al eje tanto a la entrada como a la salida
- **Ventiladores *helicocentrífugos***; intermedios entre los centrífugos y los axiales, el aire entra como en los helicoidales y sale como en los centrífugos



Clasificación (IV)

• Por el *modo de trabajo* (III):

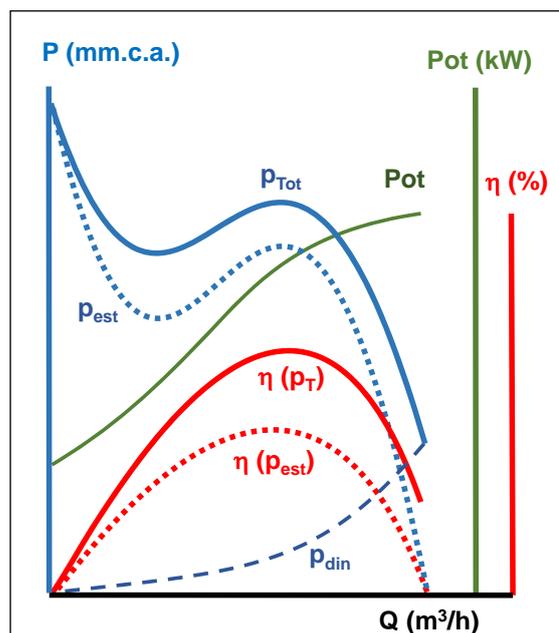
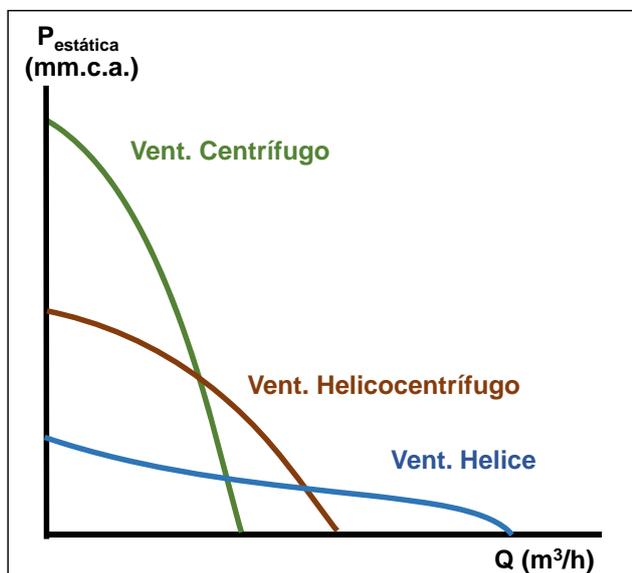
- Ventiladores *trangen* aire en el rodete es entrada como a la salida
- Ventiladores *helicoc* axiales, el aire entra cc



centrífugos y los
los centrífugos

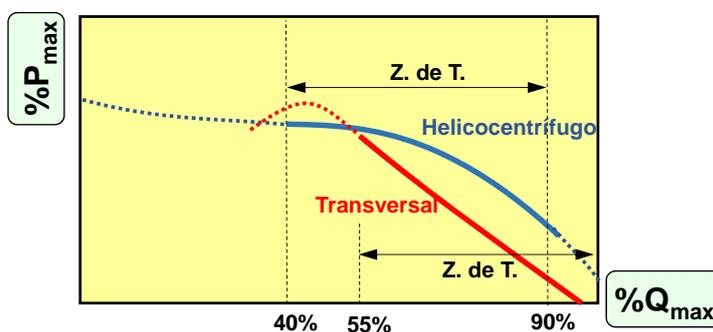
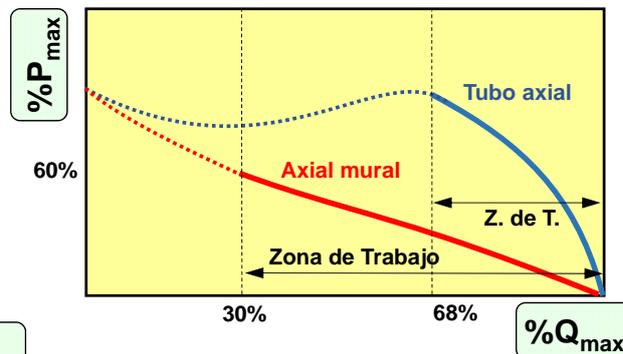
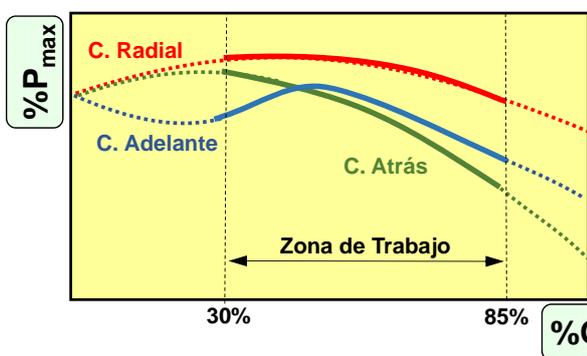


Curvas Características (I)



Curvas Características (II)

Comparación



Leyes de Funcionamiento (I)

Supuesto que no comprimen el aire se comportan como las B.C.

- Variación de la velocidad de giro:

$$Q = Q_0 \cdot \frac{n}{n_0} \quad P = P_0 \cdot \left(\frac{n}{n_0}\right)^2 \quad Pot = Pot_0 \cdot \left(\frac{n}{n_0}\right)^3 \quad Lw = Lw_0 + 50 \cdot \log\left(\frac{n}{n_0}\right)$$

- Variación del diámetro del rodete:

$$Q = Q_0 \cdot \left(\frac{D}{D_0}\right)^3 \quad P = P_0 \cdot \left(\frac{D}{D_0}\right)^2 \quad Pot = Pot_0 \cdot \left(\frac{D}{D_0}\right)^5 \quad Lw = Lw_0 + 70 \cdot \log\left(\frac{D}{D_0}\right)$$

- Variación de la densidad del aire:

$$Q = Q_0 \quad P = P_0 \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right) \quad Pot = Pot_0 \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right) \quad Lw = Lw_0 + 20 \cdot \log\left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)$$

Leyes de Funcionamiento (II)

Supuesto que no comprimen el aire se comportan como las B.C.

- Variación de las prestaciones

$$D = D_0 \cdot \left(\frac{Q}{Q_0}\right)^{1/2} \cdot \left(\frac{P}{P_0}\right)^{1/4} \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{1/4} \quad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \cdot \left(\frac{Q}{Q_0}\right) \cdot \left(\frac{P}{P_0}\right)$$

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

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

- Variación varios parámetros:

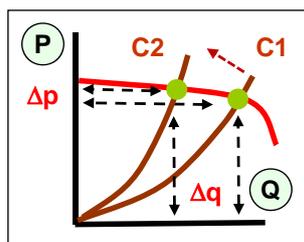
$$Q = Q_0 \cdot \left(\frac{D}{D_0}\right)^3 \cdot \frac{n}{n_0} \quad \text{Pot} = \text{Pot}_0 \cdot \left(\frac{D}{D_0}\right)^5 \cdot \left(\frac{n}{n_0}\right)^5 \cdot \frac{\rho}{\rho_0}$$

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

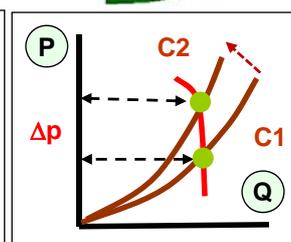
$$Lw = Lw_0 + 70 \cdot \log\left(\frac{D}{D_0}\right) + 50 \cdot \log\left(\frac{n}{n_0}\right) + 20 \cdot \log\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)$$

Punto de Funcionamiento (III)

Depende del sistema de distribución del aire, que es cambiante (filtros, suciedad, control)



Para Q variable

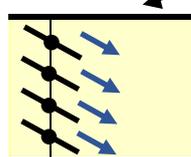
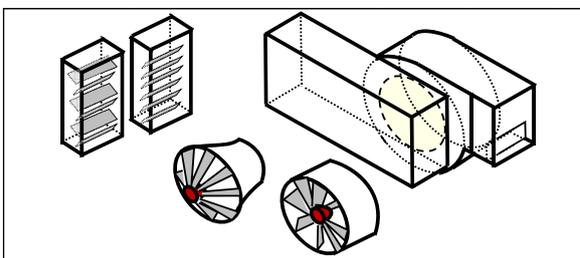


Para Q cte

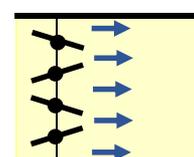
Control del Caudal

Ventilador	Sistema de Regulación	Zona de Posible Regulación		Zona de Reg. Recomendada		Coste Inicial	Consumo de Energía	Nivel Acústico
		de %	a %	de %	a %			
Centrífugo y Helicoidal	Compuerta	100	70	100	90	Bajo	Malo	Malo
	Bypas	100	0	100	80	Alto	Regular	-
	Reg. Velocidad	100	20	100	20	Medio	Bueno	Regular
Helicoidal	Angulo Alabes	100	0	100	0	Muy Alto	Muy Bueno	Bueno

No



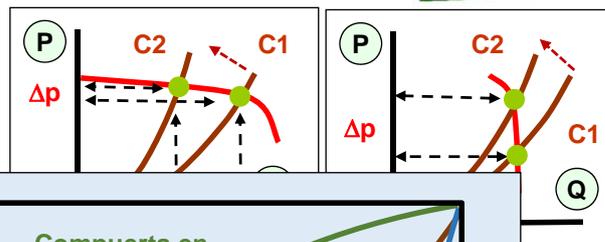
Compuertas de lamas paralelas



Compuertas de lamas opuestas

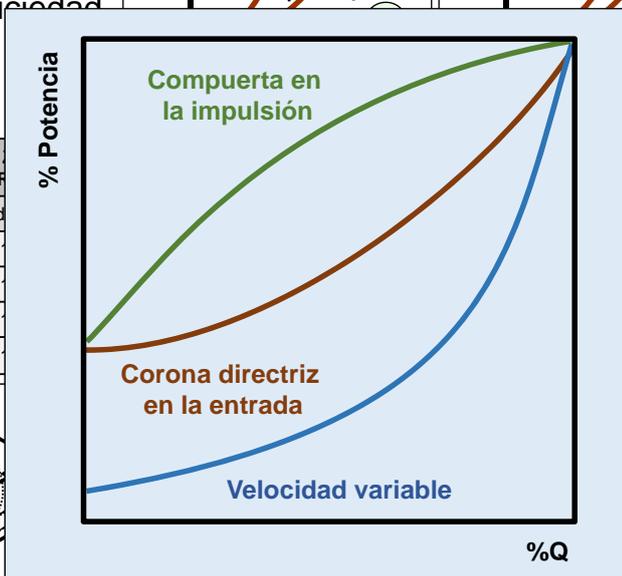
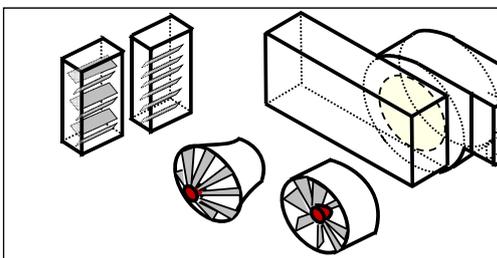
Punto de Funcionamiento (III)

Depende del sistema de distribución del aire, que es cambiante (filtros, suciedad, control)



Control del Caudal

Ventilador	Sistema de Regulación	Zona de Posible Regulación	
		de %	a %
Centrífugo y Helicoidal	Compuerta	100	70
	Bypas	100	0
	Reg. Velocidad	100	20
Helicoidal	Angulo Alabes	100	0



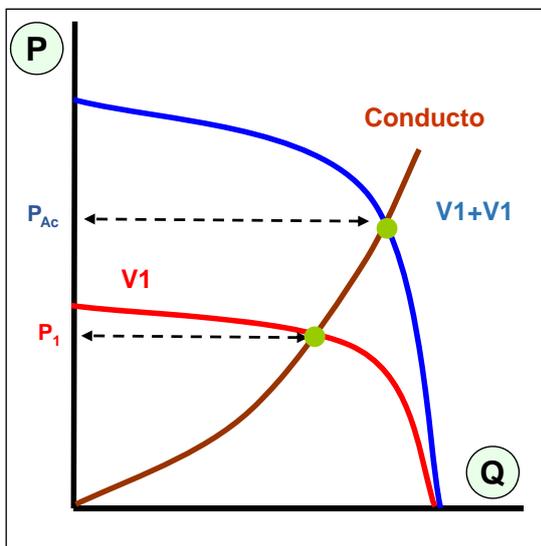
Compuertas de lamas paralelas

Compuertas de lamas opuestas

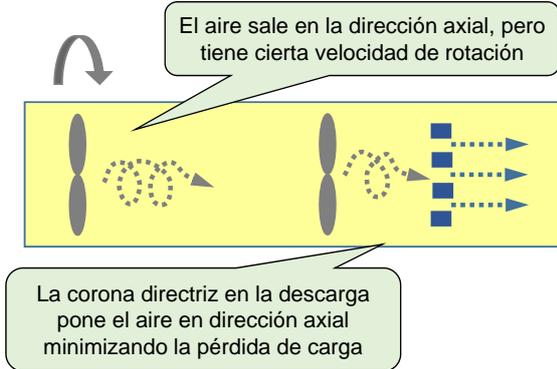
Acoplamientos (I)

Serie: "suma de presiones"

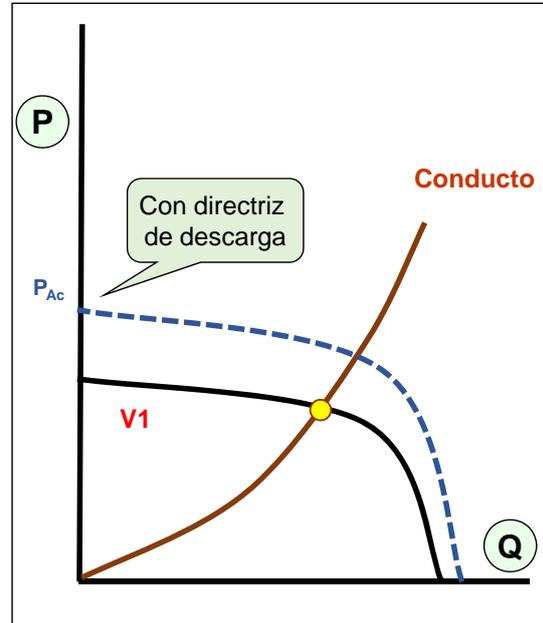
El caudal suministrado por los dos ventiladores es el mismo



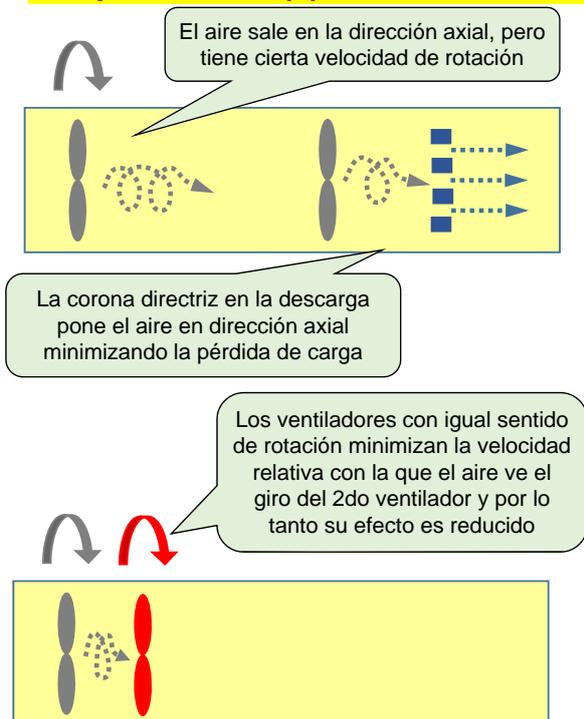
Acoplamientos (II)



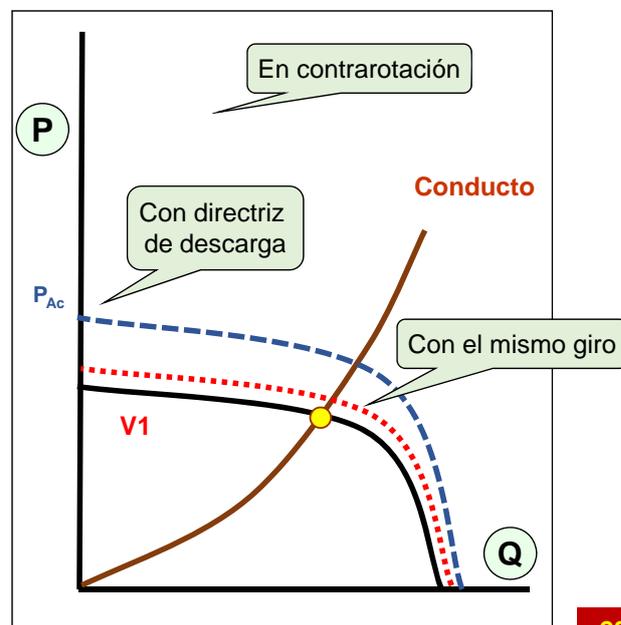
Ventiladores Tuboaxiales Próximos



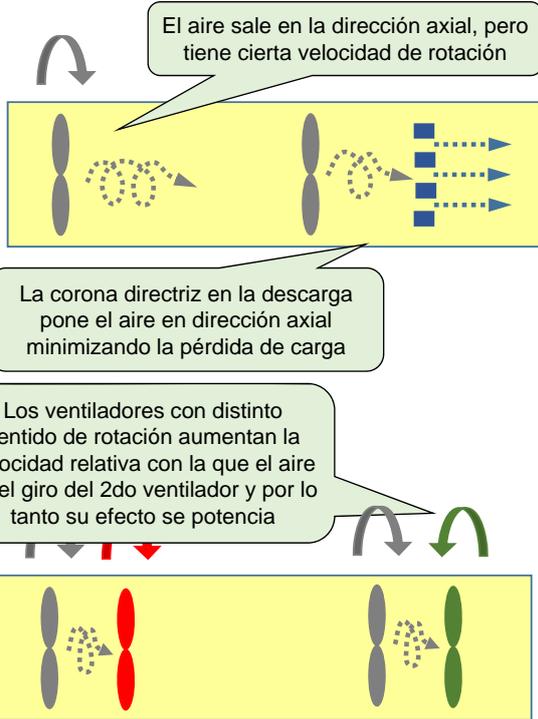
Acoplamientos (II)



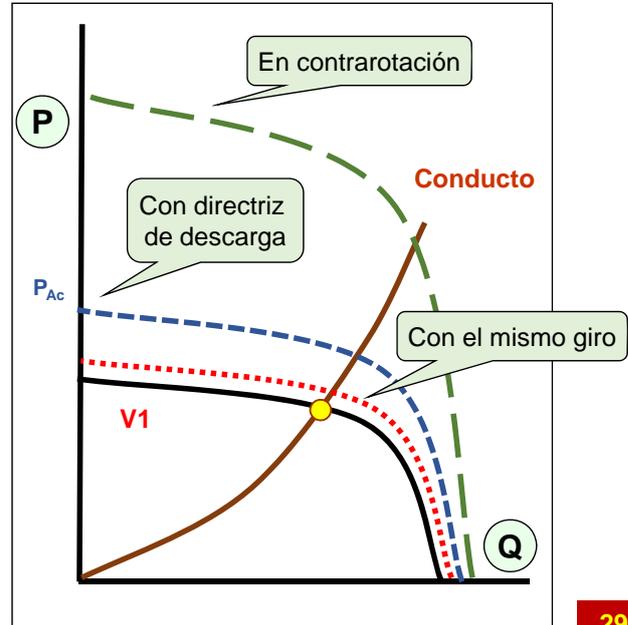
Ventiladores Tuboaxiales Próximos



Acoplamientos (II)

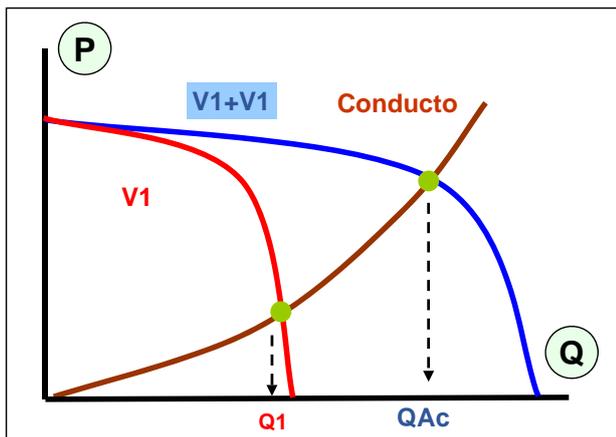


Ventiladores Tuboaxiales Próximos

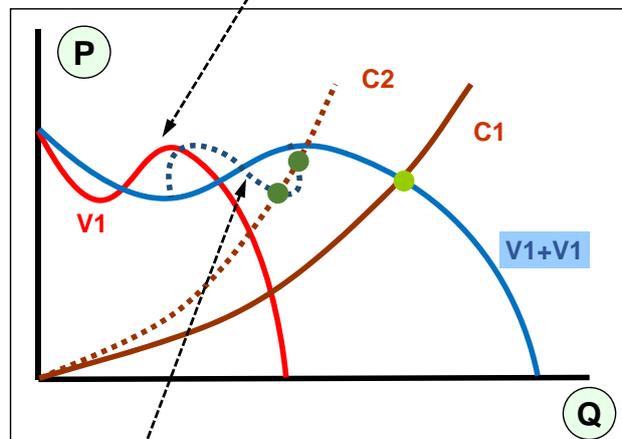


Acoplamientos (II)

Paralelo: "suma de caudales"
La presión suministrada por los dos ventiladores es la misma



Cuidado con los acoplamientos en paralelo cuando la curva del ventilador presenta un máximo relativo



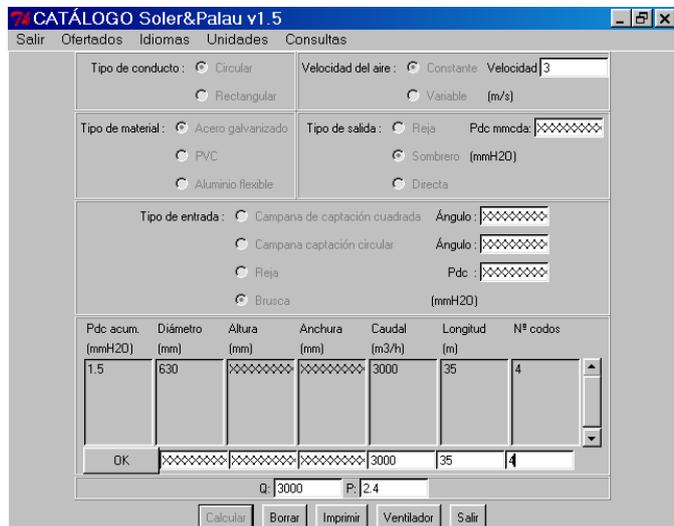
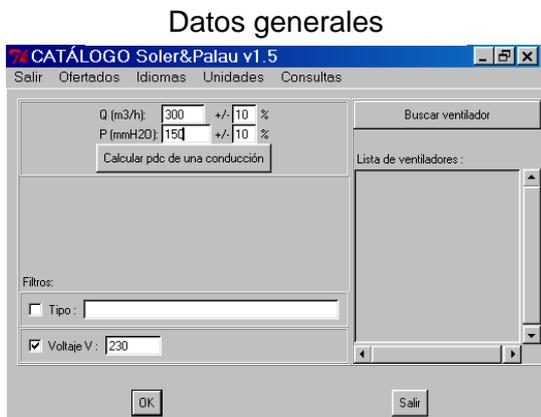
La curva del acoplamiento paralelo presenta una forma extraña, y puede que el funcionamiento sea inestable

Selección (I)

<http://www.soler-palau.com>

Programas de Fabricantes

Datos del conducto

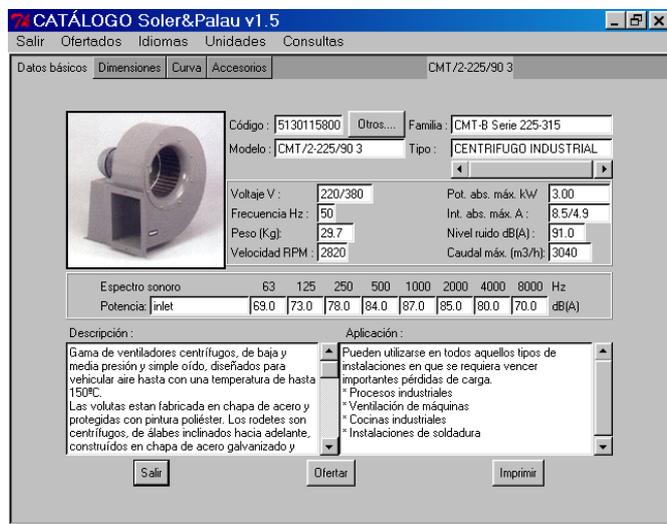
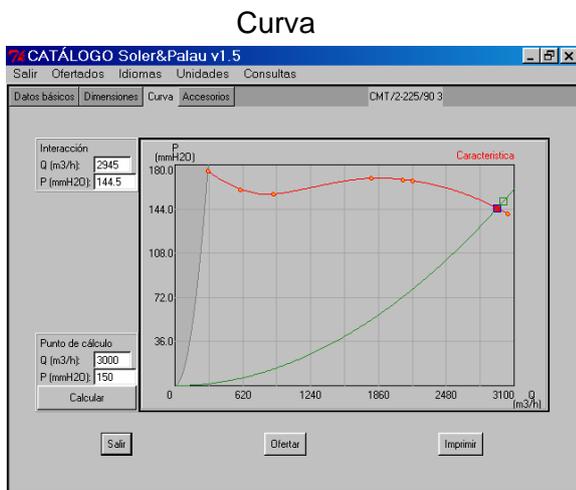


Selección (II)

<http://www.soler-palau.com>

Programas de Fabricantes

Ventilador



<http://www.soler-palau.com/flash/presentacionSP.html>

<http://www.salvadorescodas.com/sd1/index.htm>

<http://www.sodeca.com/>

http://www.casals.tv/ventilacion_sat/catalogo/index.html

Un ventilador debe suministrar $5.000 \text{ m}^3/\text{h}$, en sus condiciones normales de presión y T ($\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$) suministra una presión de 20 mm.c.a. y consume 480 W; calcular el punto de trabajo si se le instala en una cámara de refrigeración a -35°C ($\rho = 1,48 \text{ kg/m}^3$)

Un ventilador aspira de una gran habitación que está a 725 mm.Hg y $1,15 \text{ kg/m}^3$, el aire se impulsa por un conducto rectangular de $0,25 \text{ m}^2$. a la salida del ventilador la presión es de 75 mm.c.a, y un tubo de Prandtl marca una presión (dinámica) de 88 mm.c.a., calcular:

- Las presiones estática, dinámica y total que suministra el ventilador
- La velocidad de aire en el conducto de salida
- Caudal de aire que proporciona el ventilador
- Potencia suministrada por el ventilador



**Manual de Ventilación
S&P**

<http://www.sodeca.com/>
<http://www.soler-palau.com/>

<http://www.isover.net>

<http://www.salvadorescoda.com/>



**Selección de Equipos de
Transporte de Fluidos
IDAE**

<http://www.airflow.es/>
<http://www.airtechnics.com/>
<http://www.madel.com/>
<http://www.trox.es/es/>



**Catálogo de Aplicaciones Industriales
S&P**

<http://www.solerpalau.es/multimedia/catalogo/industrial.html>