

# Informe N°8: Laboratorio de Máquinas: Ensayo de un ventilador radial

Lucas Villalobos Burgos <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Ingeniería Mecánica

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

crisobal.galleguillos@pucv.cl

4 de diciembre de 2020

## 1. Introducción y Objetivos

El presente informe trae consigo el cálculo con posterior análisis de datos experimentales para un compresor y su balance térmico, por lo que el estudio del proceso del compresor será con un enfoque en la refrigeración del mismo y las distintas eficiencias que lo rodean.

**Objetivo General:** Analizar como se distribuye la energía en el equipo, partiendo desde la energía eléctrica hasta la útil en el aire comprimido.

**Objetivos Específicos:** Evaluar los rendimientos del equipo, y las implicancias que cada uno tiene en el rendimiento global.

## 2. Instrumental de laboratorio

Los instrumentos usados para poder medir el ensayo son:

- Manómetro de tubo inclinado: Tubo inclinado utilizado para medir presiones manométricas inferiores en [mm] de columna de agua, con un líquido que le permite realizar esta operación.
- Tacómetro: El tacómetro, bien es sabido que mide las revoluciones por minuto (rpm). Una banda reflectante se adhiere a una pieza giratoria, el haz sensor de luz que incide sobre la pieza se corta si pasa la banda reflectante, midiendo el número de veces que se refleja esa luz sin la necesidad de interrumpir o friccionar la pieza.
- Termómetro: Instrumento de medición de temperaturas, en nuestro caso la del aire en la entrada y en la salida de la máquina.
- Amperímetro: Es un medidor de corriente, como bien indica su nombre.
- Wattmetro de candado: Se utiliza para medir potencias eléctricas, y que funciona por medio de una espira que cierra el circuito, produciendo un campo magnético que lee el instrumento y lo digitaliza.

## 3. Informe

### 3.1. Tabla de Valores Medidos

A continuación, se muestran los valores usados, a parte de los que se mostrarán en el anexo, y valores con sus respectivas transformaciones dimensionales.

VALORES MEDIDOS											
	nx	P <sub>e4</sub>			ta	td	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	P <sub>atm</sub>		
	[rpm]	[mmca]	[Pa]	[atm]	[°C]	[°C]	[kW]	[kW]	[mmHg]	[Pa]	[atm]
1	1831	5	49	0,00048	21	23	0,44	0,82	758,8	101165	0,99842
2	1845	30	294	0,00290	22	23	0,34	0,7	758,8	101165	0,99842
3	1867	45	441	0,00435	22	23	0,19	0,56	758,8	101165	0,99842
4	1867	48,5	475,3	0,00469	21	23	0,14	0,52	758,8	101165	0,99842
5	1871	57	558,6	0,00551	21,5	23	0,11	0,49	758,8	101165	0,99842
media	1856,2										

### 3.2. Fórmulas

Las fórmulas usadas responden en gran medida a las de los informes anteriores, por lo que solo se limitará a mostrar las que no han sido estudiadas o mostradas con anterioridad.

#### Caudal

$$q_{vm} = \alpha \cdot S_5 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot P_{e4}}{\rho_{o5}}} [m^3/s] \quad (1)$$

#### Diferencia de presión

$$\Delta P = P_{e4} + 0,263 \cdot \frac{V_1^2}{2} \cdot \rho_{medio} [Pa] \quad (2)$$

#### Velocidad del aire

$$V_1 = \frac{q_{vm}}{S_1} [m/s] \quad (3)$$

#### Potencia eléctrica

$$N_{elec} = W_1 + W_2 [kW] \quad (4)$$

#### Potencia hidráulica

$$N_h = q_{vm} \cdot \Delta P [kW] \quad (5)$$

#### Rendimiento global

$$N_{gl} = \frac{N_h \cdot 100}{N_{elec}} [\%] \quad (6)$$

## 4. Tabla de valores calculados

Los valores calculados se adjuntan a continuación:

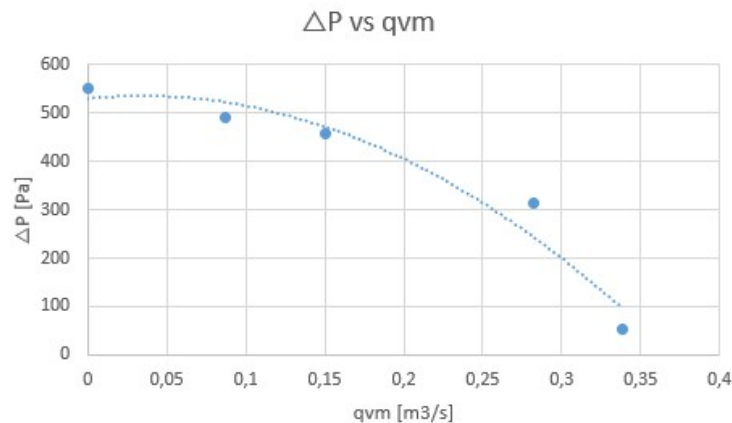
Valores Calculados	Caudal	Presión	Velocidad	$\rho$ med	Pot. Ele.	Pot. Hidr.	Rend. gl.
	qvm	$\Delta P$	V1	(00+04)/2	Ne	Nh	Ngl
	[m3/s]	[Pa]	[m/s]	[kg/m3]	[kW]	[kW]	%
1	0,3337	51,6668	4,7208	0,9100	1,2600	0,0172	1,3683
2	0,2805	308,5238	11,0223	0,9091	1,0400	0,0865	8,3208
3	0,1509	462,3201	13,3449	0,9104	0,7500	0,0698	9,3036
4	0,0879	498,2495	13,8198	0,9138	0,6600	0,0438	6,6371
5	0,0000	558,6000	0,0000	0,9130	0,6000	0,0000	0,0000

Y los valores corregidos son:

Valores Corregidos	qvm	$\Delta P$	Ne	Factor Corrección
	[m3/s]	[Pa]	[kW]	[-]
1	0,3382861	53,0987591	1,3127433	1,013762971
2	0,28218728	312,28094	1,059055	1,006070461
3	0,15005426	456,986852	0,7370596	0,994215319
4	0,08740888	492,501705	0,6486125	0,994215319
5	0	549,797668	0,585874	0,992089792

## 5. Gráficos

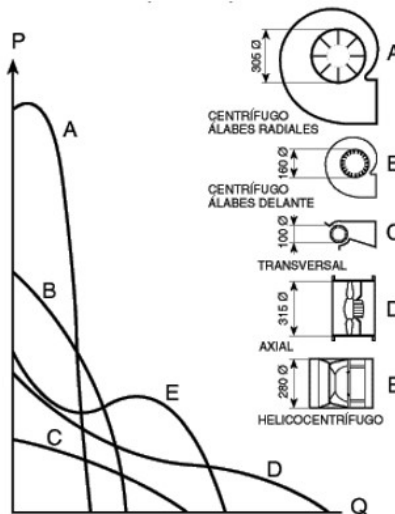
### 5.1. Hacer un gráfico de la curva $\Delta P v / sq_{vm}$



#### ¿Qué tipo de ventilador es? Descríbalo con detalle

El ventilador en cuestión es un ventilador radial, esto descrito en la pauta del informe, y con respecto a los álabes parecen ser del tipo hacia adelante, álabes muy usados en ventiladores y turbocompresores. Si bien la curva tiene una pequeña caída en los caudales bajos, esto se debe a que es una zona de comportamiento inestable, lo que podría también explicar que los álabes son mas del tipo heliocéntrico pero se descarta simplemente porque el ventilador es radial, además el diámetro del rodete no es tan grande para llegar a los 300 [mm] y la presión del ventilador es alta.

A continuación, se adjunta el criterio por el cual se determinó cual era el tipo de álabe de nuestro ventilador:

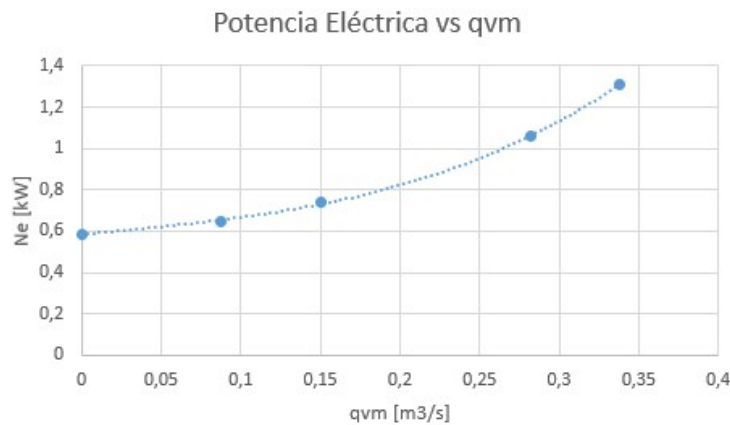


Los ventiladores son bastante similares a los turbocompresores, pero poseen un límite de presión que pueden desarrollar. Los ventiladores radiales generan altos niveles de presión debido a que el rodete transfiere una gran cantidad de energía cinética al fluido, produciendo una ganancia de altura favorable.

**Las curvas tiene la forma esperada para ese tipo de ventilador?**

Si, la curva se adecúa bastante a un ventilador radial o centrífugo, con caudales bastante bajos que tienen un máximo de  $1200 \text{ [m}^3/\text{s]}$  pero compensados con una buena presión para una máquina pequeña en dimensiones a excepción del difusor.

## 5.2. Curva de potencia eléctrica vs caudal



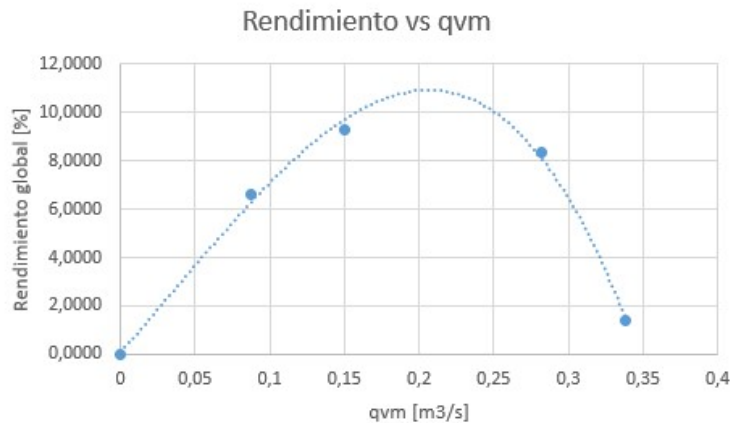
**¿Cuál es la potencia máxima consumida?**

La potencia máxima consumida eléctricamente es de  $1,3 \text{ [kW]}$  aproximadamente, potencia consumida en el caso de mayor abertura.

**¿Cuál es su posible potencia en el eje?**

Si pensamos en que las pérdidas eléctricas y mecánicas contabilizarían alrededor de un 20 % en conjunto, además de una pérdida debido a la transmisión que se da debido a las pérdidas en la correa que suele ser de 5 a 10 %, la potencia total que se le transmite estaría bajo un 75 % de la potencia total, lo que equivaldría a casi  $1 \text{ [kW]}$  de energía.

### 5.3. Curva de rendimiento vs caudal



#### ¿Cuál es el óptimo punto de rendimiento?

El punto de óptimo rendimiento en este tipo de turbocompresores siempre estará en un punto después de salir de la zona inestable y antes de llegar a los máximos caudales de la máquina, esto debido a que la energía necesaria para mover a una gran masa de aire es cada vez mas ineficiente porque se generan mas perdidas de carga en la difusión, la velocidad cinética de los álabes no alcanza a ser aprovechada totalmente lo que se traduce en una perdida de presión y de pérdidas mecánicas en el difusor y cada vez aumentan mas las pérdidas en la voluta, ya que también aumenta el caudal, originando mayores cargas radiales.

El punto exacto óptimo rendimiento se da ligeramente mayor a los  $0,2 \text{ [m}^3/\text{s]}$  aproximadamente, con un rendimiento del 10 %.

## 6. Conclusión

Con el cálculo de variaos parámetros del ventilador como el caudal, la potencia y el diferencial de presión, podemos analizar de mejor manera el comportamiento que tiene a partir de una cantidad casi definida de revoluciones por minunto, las cuales tienen gran repercusión en la corrección de esos valores, estableciendo así puntos de comparación con otras máquinas y curvas características, paso importante para poder visualizar que un ventilador es casi un turbocompresor o una bomba, solamente que en otros rangos de operación o con otro tipo de fluido. La posibilidad de establecer un parámetro de comportamiento del fluido que atraviesa la máquina se vuelve menester, todo producto de que se sabede mejor manera la física del gas, mediante la ley de los gases ideales nos hacemos una idea de como afecta la rotación y la transferencia de energía cinética a las propiedades del aire, para entender así cual es el alcance real de la máquina.

## 7. Anexo

Datos respectivos a la geometría del ventilador:

Datos						
D5	D5/D4	$\alpha$	S	$\rho_5$	$\rho_0$	$\rho_4$
[mm]	[-]	[-]	[m <sup>2</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]	[kg/m <sup>3</sup> ]
300	0,3	0,641	0,07069	1,80681	1,81909	0,00088
180	0,3	0,611	0,02545	1,80681	1,81293	0,00525
120	0,2	0,604	0,01131	1,80681	1,81293	0,00788
90	0,15	0,6025	0,00636	1,80681	1,81909	0,00849
0	0	0,6	0	1,80681	1,816	0,00998

Datos para el cálculo de la densidad con la ley de los gases ideales:

R	0,0821	atm*L/mol*K
n moles	44	g/mol

## Referencias

- [1] Compresores y ventiladores, Pedro Fernández Díez, Universidad de Cantabria
- [2] Turbomáquinas, Ramiro Mége Thierry, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
- [3] Laboratorio de Máquinas, Sergio Coutin V., Universidad de Chile