

## Estudio de los factores que producen disminución en la eficiencia de los ventiladores utilizados en las cabinas de pinturas presurizadas

Rodríguez\*, Edgar; Collado, María; Estaba, Richard y Suárez, Diógenes

Centro de Termofluidodinámica y Mantenimiento (CTYM) Instituto de Investigación y Desarrollo Anzoátegui  
Departamento de Mecánica, Universidad de Oriente, Puerto La Cruz. Venezuela.

\* [rmedgar5@cantv.net](mailto:rmedgar5@cantv.net)

### Resumen

El presente trabajo se basa en la determinación de los factores que producen disminución de la eficiencia de ventiladores centrífugos utilizados comúnmente en las cabinas de pinturas presurizadas de fondo y esmalte de planta ensambladora de vehículos. Los resultados obtenidos muestran que uno de los factores que produce disminución de la eficiencia, en este caso, es la incorrecta conexión de los ductos de succión, lo que origina excentricidad del flujo de aire sobre el rodete del equipo, produciendo pérdidas de presión que aumentan la resistencia del flujo de aire.

**Palabras claves:** Ventilación, cabinas presurizadas, eficiencia de ventilador.

### Analyzing the factors that decrease the efficiency in fans used in pressurized painting cabins

### Abstract

The present work is based on determination of the factors that produce efficiency decrease in centrifugal fans commonly used in pressurized base and enamel painting cabins at a vehicle assembling plant. The obtained results show that one of the factors that produce efficiency decrease is the suction ducts wrong connection, that originates airflow asymmetry over the equipment bun, producing pressure losses that increase the airflow resistance.

**Key words:** Ventilation, pressurized cabins, fan efficiency.

Recibido: 25-11-2005 Revisado: 15-02-2007

### 1. Introducción

El presente trabajo forma parte de los proyectos de investigación académico – industrial que desarrolla el Grupo Termofluidodinámica y Mantenimiento (CTYM) del Departamento de Mecánica de la Universidad de Oriente conjuntamente con una planta ensambladora de vehículos, en este caso, radicada en la zona, que tiene como objetivo final el estudio de los factores que producen la disminución de la eficiencia de los ventiladores utilizados comúnmente en las cabinas de pinturas presurizadas. El planteamiento de este trabajo parte del conocimiento teórico de que el punto real de operación del ventilador está en la intersección de la curva de presión estática y la curva de flujo contra resistencia del sistema (Fig. 1); si la resistencia es diferente a la esperada, el punto de operación estará en otro lugar de la curva de presión estática, generando que el ventilador no logre su rendimiento nominal. Las cuatro causas más comunes de rendimiento deficiente inducido por el sistema son:

- Flujo excéntrico hacia el ventilador.
- Flujo arremolinado hacia el ventilador.
- Ductos incorrectos para la salida o entrada.
- Obstrucciones en la entrada o la salida (Greene, 1992).

El desarrollo de este trabajo de carácter académico – industrial se lleva a cabo en las cabinas de pintura (esmalte de fondo) de una planta ensambladora de vehículos en la cual la función original de los ventiladores centrífugos instalados es la de suministrar aire limpio al interior de dichas cabinas, con el objetivo de presurizarlas, además de limitar y conducir las nieblas de pintura al sistema de extracción



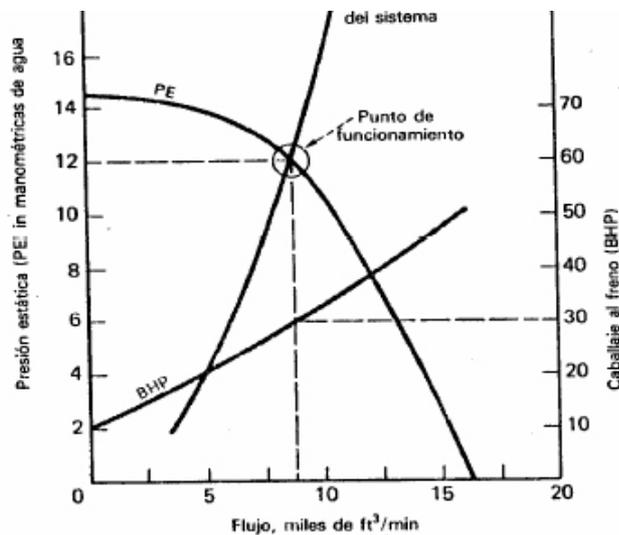


Fig. 1. Punto real de funcionamiento de un ventilador

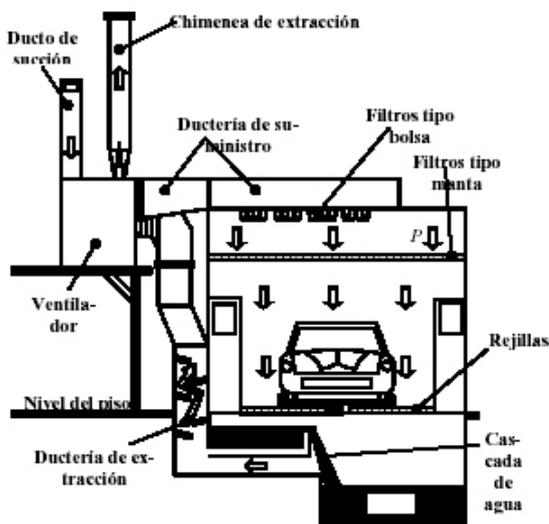


Fig. 2. Representación actual de la cabina de fondo y esmalte

## 2. Descripción de las cabinas de pintura

La zona de aplicación tanto de fondo como de esmalte, es donde se aplica la capa de pintura correspondiente sobre la superficie de las carrocerías, y es en esta zona donde influye directamente la acción de los ventiladores centrífugos. La cabina de fondo cuenta con dos ventiladores centrífugos y la cabina de esmalte cuenta con tres ventiladores centrífugos. En ambas cabinas la acción de los ventiladores es necesaria para presurizar positivamente dicha zona; para lograr la óptima aplicación de las capas de pintura, evitando que penetren en ella agentes exteriores que puedan contaminar dicha aplicación.

El aire absorbido del ambiente es inyectado hacia la cabina, pero inicialmente pasa a través de unos filtros de eficiencia tipo bolsa, los cuales están colocados en la ductería de suministro. Seguidamente, el aire pasa a través de unos filtros tipo manta ubicados en el techo donde incide la ductería de suministro de aire, ya que este techo es una rejilla sobre la cual se colocan estos filtros. Esta descripción se muestra gráficamente a través de la Fig. 2.

Las flechas indican la dirección del flujo de aire cuando entra al sistema de impulsión del ventilador, a través del ducto de succión, y éste le restituye energía hidráulica al flujo para ser inyectado a las cabinas para la presurización de la zona y finalmente el flujo es extraído de las cabinas a través de extractores con descarga al exterior.

## 3. Información técnica de los ventiladores

En la tabla que se muestra a continuación se mencionan las características técnicas de los ventiladores de las cabinas de pintura.

## 4. Metodología

La metodología de estudio planteada en este trabajo se basa en el criterio de comparación de la variable de eficiencia estática que generan los ventiladores en su condición nominal y su condición real.

estática que generan los ventiladores en su condición nominal y su condición real.

**4.1 Eficiencia estática de los ventiladores, en condición nominal**

La eficiencia estática del ventilador se define como la relación entre la entrada de potencia y la salida de poder donde la entrada de potencia es la potencia motriz del eje, es decir, la potencia requerida para impulsar ventilador, y la potencia de salida es la energía entregada al aire, es el producto de la capacidad del ventilador p cambio de presión estática producido por el ventilador:

$$\eta_E = \frac{Q \Delta P_E}{P_A} \tag{1}$$

Las condiciones nominales para los ventiladores de las cabinas de fondo y esmalte se muestran la Tabla 1.

**4.2 Eficiencia estática de los ventiladores, en condición real**

La definición eficiencia estática es la misma del tópico anterior. La diferencia es que la capacidad del ventilador ( volumétrico de aire) y la presión estática producida por el ventilador son determinadas a través de medicione campo, en donde específicamente se determinó la velocidad del aire tanto a la salida como a la entrada de ventiladores. Se utilizó el Tubo Pitot (Fig. 3) el cual es un instrumento analógico.

Tabla 1. Datos técnicos de los ventiladores centrífugos

CABINA	FONDO		ESMALTE	
	Motor	Rodete	Motor	Rodete
Cantidad	2	2	3	3
Marca	ASEA	FLÄKT	2 - ASEA 1 - WED	2 - FLÄKT 1 - FREDIVE
Modelo	M - 225 S	GFBB 5-112-2-3-3-1	2 - M-250 M 1 - M-225 M	2 - GFBB 5-125-2-3-3-2 1 - DFP-40
Capacidad	-----	19 m³/s; 925 Pa	-----	2 - 26,5 m³/s; 925 Pa 1 - 27,2 m³/s; 995 Pa
Potencia	37 Kw	23 Kw	2 - 55 Kw 1 - 60 HP	2 - 33 Kw 1 - 56,3 HP
RPM	1.760	1.000	2 - 1.760 1 - 1.780	2 - 930 1 - 1.134
Voltaje	415 volt	-----	415 volt	-----
Amperaje	67 amp	-----	2 - 95 amp 1 - 90 amp	-----
Transmisión de Potencia	Transmisión por correas. 3 correas tipo B-158	Transmisión por correas. 3 correas tipo B-158	Transmisión por correas. 2 - 5 correas tipo B-81 1 - 4 correas tipo C-85	Transmisión por correas. 2 - 5 correas tipo B-81 1 - 4 correas tipo C-85
Rodamientos	Ext. 6313 Int. 6312-C3	Ext. e Int. 22213-EK/C3	Ext. 6314 Int. 6312-C3 Ext. e Int. 22220-6314	Ext. e Int. 22215-EK/C3 Ext. e Int. 22220-EK/C3
Características	Ventiladores centrífugos de entrada doble y con los álabes curvados hacia atrás		Ventiladores centrífugos de entrada doble y con los álabes curvados hacia atrás	



Fig. 3. Tubo Pitot

El flujo volumétrico se determina a partir de la ecuación de continuidad para un fluido, en este caso incompresible

$$Q = V A \tag{2}$$

Donde, Q: flujo volumétrico de aire (m<sup>3</sup>/s), V: velocidad del aire (m/s) y A: área de la sección transversal (m<sup>2</sup>); presión estática producida por el ventilador se determina a través de la ecuación de la energía de Bernoulli para gases, la cual es válida para el caso de flujo de aire en ductos. Adicionalmente se consideran cuatro hipótesis fundamentales para este estudio:

- Se desprecian los efectos de intercambio térmico.
- Se considera que el aire es incompresible.
- Se supone que el aire es seco.
- Se desprecia el peso y volumen de los contaminantes presentes en la corriente de aire.

$$P_1 + \rho g Z_1 + \rho \frac{V_1^2}{2} - \Delta P_{r1-2} = P_2 + \rho g Z_2 + \rho \frac{V_2^2}{2} \tag{3}$$

Donde, 1 significa aguas abajo y 2 aguas arriba.

A continuación se presentará la Fig. 4 en la que se basa el estudio hidrodinámico para determinar la presión estática tanto a la entrada como a la salida de los ventiladores.

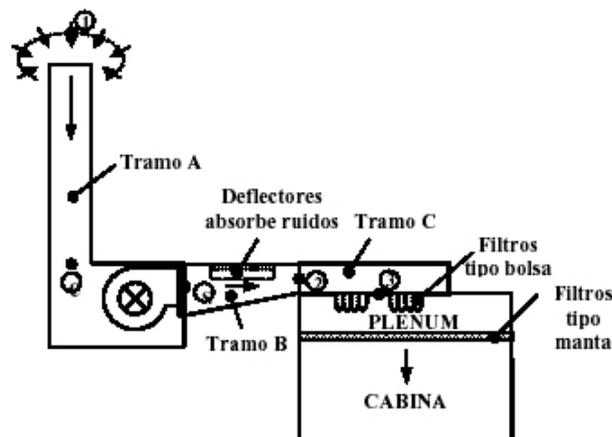


Fig. 4. Corte transversal del sistema de suministro de aire de las cabinas

Se debe destacar lo siguiente: El punto 1, representa las condiciones ambientales, en la cual la presión estática es la atmosférica ( $P_1 = 0$ ) y la velocidad del aire puede admitirse que es muy próxima a cero ( $V_1 = 0$ ). El punto 3, se considera como la salida del ducto de descarga, en la cual la presión estática es la presión relativa atmosférica, es decir,  $P_3 = 0$ . El ducto no posee cota de elevación.

### 5. Resultados y análisis

En la Fig. 5, se observa que la eficiencia o rendimiento estático de los ventiladores de la cabina de fondo disminuye en 6,8 % y la de los ventiladores de la cabina de esmalte en 5,4 % en relación con la eficiencia nominal respectivamente. El estudio realizado al sistema de ventilación mecánica de las cabinas de pintura indica que la disminución de la variable eficiencia estática de los equipos es causada por lo siguiente: El empujamiento de los ventiladores de las cabinas de pintura para la instalación de los ductos de succión y la excentricidad del flujo de aire debido a la incorrecta conexión de dichos ductos. Esta excentricidad origina una obstrucción cercana al ventilador así como también un flujo no uniforme, turbulencia y una mala distribución del flujo sobre la entrada (rodete) del equipo. Estos aspectos generan efectos inesperados en el sistema, por lo tanto originan pérdidas de presión o carga adicionales aumentando la resistencia del flujo de aire; factor éste que contribuye a que los ventiladores no alcancen su rendimiento nominal, es decir, la pérdida de eficiencia es inducida por los efectos del sistema.

$$\eta_E (\%)$$

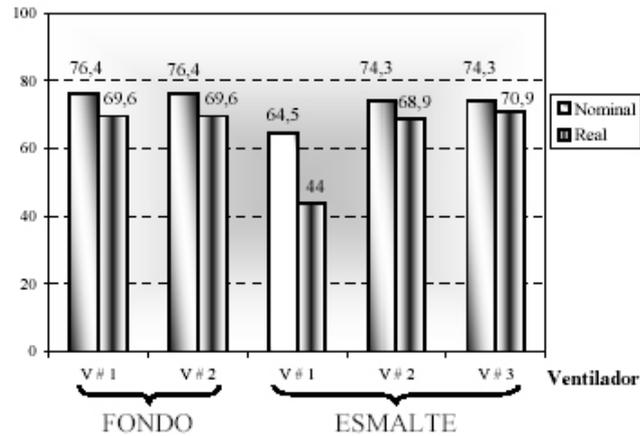


Fig. 5. Comparación de la eficiencia estática nominal y real de los ventiladores centrífugos

Con la adición de resistencia al sistema, debido a lo explicado anteriormente, el punto de operación se desplaza hacia la izquierda (ver Fig. 1) debido a que aumenta la inclinación de la curva de resistencia del sistema disminuyendo así el rendimiento de los ventiladores.

## 6. Conclusiones

Se determinó que la eficiencia nominal de los ventiladores de la cabina de fondo disminuye en 6,8% y la de ventiladores de la cabina de esmalte disminuye en 5,4%, en ambos casos debido a la adición de resistencia sistema por parte de los ductos de succión.

Los actuales ductos de succión están ubicados excéntricamente con respecto a la entrada del ventilador; produce un flujo excéntrico, turbulento y no uniforme que, genera pérdidas de presión adicionales en el sistema una mala distribución del aire sobre los rodetes; estos efectos eran inesperados lo que contribuyó a la disminución del rendimiento de los equipos

## Referencias

1. Avallone E., Baumeister IT, 1995, Manual del ingeniero mecánico, Tomo II, Novena edición / (tercera edición en español), Editorial McGraw-Hill, México.
2. Baturin VV, 1976, Fundamentos de ventilación industrial, Editorial Labor S.A., España.
3. Greene R, 1992, Compresores (Selección, uso y mantenimiento), Primera edición en español, Editorial McG Hill, México.