

# Consejos para ahorrar energía en sistemas de aire comprimido

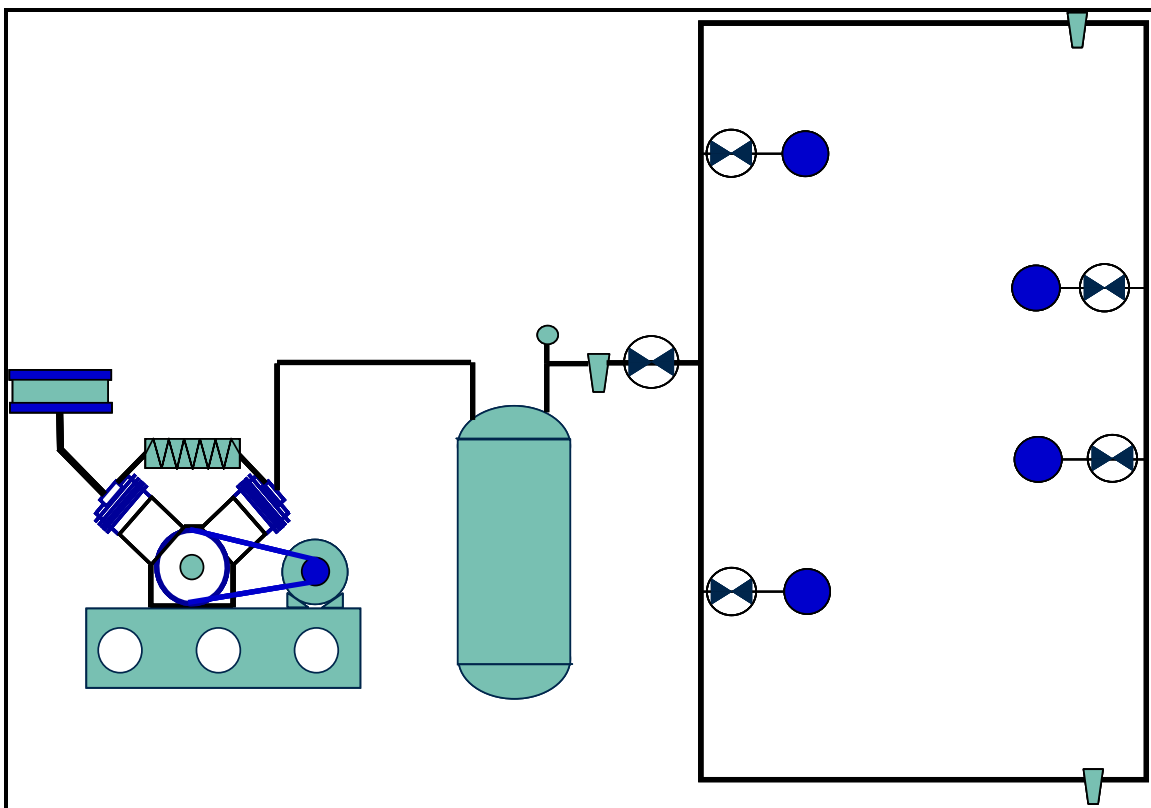


## Contenido

<b>1</b>	<b>Sistema de aire comprimido .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Costo del aire comprimido .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Indicador de costo .....</b>	<b>5</b>
3.1	Ejemplos de cálculo .....	5
<b>4</b>	<b>Conocimiento del sistema de aire comprimido .....</b>	<b>6</b>
4.1	Suministro .....	6
4.2	Demanda del sistema .....	7
4.3	Diagrama del sistema .....	7
4.4	Sistema de distribución .....	7
4.5	Mantenimiento .....	7
<b>5</b>	<b>Estrategias de ahorro y uso eficiente .....</b>	<b>7</b>
5.1	Fugas .....	8
5.2	Presión del compresor .....	8
5.3	Encuentre demandas “extras” .....	8
5.4	Usos inapropiados .....	8
5.5	Recuperación de calor .....	9
5.6	Filtros de aire .....	9
5.7	Tamaño del compresor .....	9
5.8	Tanque de almacenamiento .....	9
5.9	Aire de admisión .....	9
5.10	Bandas “V” .....	10
<b>6</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>10</b>

## 1 Sistema de aire comprimido

El aire comprimido es uno de los servicios más utilizados por las industrias manufactureras. Debido a su facilidad de producción y transporte, se usa para mover una gran cantidad de equipos, como son taladros, llaves y desatornilladores, pistolas de pintura y prensas, entre otros; con el auxilio de pistones neumáticos tiene una gran aplicación en el ensamble de aparatos, montaje y desmontaje de elementos, así como en sistemas de control y de movimiento de elementos de maquinaria, transporte y traslado de productos, etc.



Se usa en forma intensiva en la pequeña y mediana empresa, principalmente en los sectores industriales de alimentos, textil, del vestido, maderera, mueblera, papelería, química y del plástico, entre otros.

Sin embargo, su costo generalmente no se asocia a los costos de producción, a pesar de que utiliza, sin lugar a dudas, una cantidad significativa de energía, por lo que llega a ser mucho más caro que la electricidad, el gas y, en la mayoría de los casos, que el agua.

En los diagnósticos energéticos que se han efectuado en PyMEs que utilizan aire comprimido, se ha encontrado que la gran mayoría de ellas presentan oportunidades importantes de ahorro aplicando medidas de nulo o bajo costo.

Por otra parte, como un alto porcentaje de la energía eléctrica que se genera en México proviene de plantas termoeléctricas, cuyos combustibles principalmente son gas natural o combustóleo, el ahorro de electricidad conlleva una considerable reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera.

## 2 Costo del aire comprimido

El aire comprimido es una de las formas más costosas del uso de la energía en las empresas manufactureras. Esto es debido a que aproximadamente se necesitan ocho caballos de potencia eléctrica para obtener un caballo de potencia en el aire comprimido. Por lo anterior, se hace necesario calcular el costo del aire comprimido en su planta para sustentar económicamente la aplicación de medidas de ahorro y uso eficiente tendientes a mejorar la eficiencia energética del sistema.

Para determinar el costo anual de la energía eléctrica utilizada para el aire comprimido, consulte su último recibo de energía para determinar la cantidad que está pagando su empresa por kWh y calcule el costo de operar el sistema bajo dos condiciones: a carga completa y a carga parcial.

En ambos casos, multiplique:

- La potencia del compresor (hp)
- El factor de conversión de hp a kW (0.746)
- Las horas de operación anual del equipo (hrs/año)
- El costo del kWh de su empresa (\$/kWh)
- El porcentaje de tiempo a plena carga o carga parcial
- El por-ciento de potencia (hp) a plena carga o carga parcial

El resultado de este producto divídalo entre la eficiencia ( $\eta$ ) del motor eléctrico:

$$\text{Costo anual} = \frac{(\text{hp})(0.746)\left(\frac{\text{h}}{\text{año}}\right)\left(\frac{\$}{\text{kWh}}\right)(\% t)(\% \text{ hp}_{\text{Plena carga}})}{\eta_{\text{motor eléctrico}}}$$

Calcule el costo del aire comprimido para cada uno de los usos específicos o, cuando menos, para los usos más importantes; esto le permitirá determinar la conveniencia del uso del aire comprimido en algunas aplicaciones, como pueden ser las de ventilación o soplado, pues en la mayoría de los casos

resulta más económico y eficiente el utilizar otro tipo de equipos accionados directamente por motores eléctricos.

Primero, calcule el volumen de aire producido anualmente por el sistema para una operación específica; para esto, multiplique:

- La potencia del compresor (hp)
- Los metros cúbicos de aire por minuto y por caballo ( $\text{m}^3 \text{ min/hp}$ )
- El total de horas de operación anuales (h/año)
- 60 minutos por hora (60 min/h)
- El porcentaje de tiempo a plena carga
- El porcentaje de potencia a plena carga

Volumen de aire producido anualmente:

$$\text{Volumen anual} = (\text{hp}) \left( \frac{\text{m}^3}{\text{min} \times \text{hp}} \right) \left( \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} \right) \left( \frac{\text{h}}{\text{año}} \right) (\% \text{ hp}_{\text{Plena carga}})$$

### 3 Indicador de costo

Conviene tener en su empresa un indicador del costo del aire comprimido; para esto, calcule el costo de  $100 \text{ m}^3$ : divida el costo total anual de la energía utilizada en la operación del compresor entre el volumen de aire producido anualmente y multiplique por 100:

$$\text{Costo}_{100 \text{ m}^3} = \frac{\text{Costo de energía anual (\$)}}{\text{Aire producido anualmente (m}^3\text{)}} \times 100$$

#### 3.1 Ejemplos de cálculo

En una empresa opera un compresor de aire de 100 hp 4160 horas al año. Trabaja a plena carga con una eficiencia de 94.5%, el 85% del tiempo y a carga parcial, al 25 % de plena carga, con una eficiencia de 90% el 15% del tiempo.

El costo de la energía eléctrica es de 0.70 \$/kWh, incluyendo los costos por energía y demanda. El costo anual de la energía para operar el compresor será:

$$\text{Costo anual}_{\text{Plena carga}} = \frac{(100 \text{ hp}) \left( 0.746 \frac{\text{kWh}}{\text{hp}} \right) \left( 4160 \frac{\text{h}}{\text{año}} \right) \left( 0.70 \frac{\$}{\text{kWh}} \right) \left( 0.85 \frac{1}{\text{h}} \right) (1.0)}{0.945} \times \text{año} = \$ 195,396.74$$

$$\text{Costo anual}_{25\% \text{ Plena carga}} = \frac{(100 \text{ hp}) \left( 0.746 \frac{\text{kWh}}{\text{hp}} \right) \left( 4160 \frac{\text{h}}{\text{año}} \right) \left( 0.70 \frac{\$}{\text{kWh}} \right) \left( 0.25 \frac{1}{\text{h}} \right) (0.15)}{0.90} \times \text{año} = \$ 8,146.32$$

El costo anual de energía para operar el compresor es de:

$$\text{Costo total anual} = \$ 195,396.74 + \$ 8,146.32 = \$ 203,543.06$$

### **Cálculo del costo del aire comprimido para un uso específico**

Suponiendo que para un determinado uso específico se consumen 0.1 m<sup>3</sup>/min por hp y que se opera cuando el compresor está trabajando a plena carga.

Volumen de aire anual ( $V_{\text{anual}}$ ):

$$V_{\text{anual}} = (100 \text{ hp}) \left( 0.1 \frac{\text{m}^3}{\text{min} \times \text{hp}} \right) \left( 4160 \frac{\text{h}}{\text{año}} \right) \left( 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} \right) (0.85)(1.0) \times 1 \text{ año} = 2\,121\,600 \text{ m}^3$$

El costo de 100 m<sup>3</sup> de aire comprimido para este servicio es:

$$\text{Costo}_{100 \text{ m}^3} = \frac{\$ 203,546.06}{2\,121\,600 \text{ m}^3} \times 100 = \$9.59$$

Hay que tener en cuenta que en el periodo de vida de un compresor de aire, el costo de la energía eléctrica utilizada es entre 5 y 10 veces el costo de compra del compresor. Por lo anterior, los ahorros de energía pueden hacer que se recupere rápidamente el capital extra necesario para la implementación de medidas de ahorro o el cambio del motor eléctrico por otro de alta eficiencia.

## **4 Conocimiento del sistema de aire comprimido**

Antes de aplicar alguna medida o estrategia para reducir el consumo de energía, es conveniente familiarizarse con todos los aspectos del sistema de aire comprimido.

### **4.1 Suministro**

Analice el lado del suministro de su sistema, el tipo de compresor utilizado y vea si los controles y parámetros de operación fijados son los adecuados, así como las demás condiciones de operación. Familiarícese con las capacidades básicas del sistema y sus modos de operación (manual, automática, semi-automática).

Verifique que el compresor no sea muy grande (sobredimensionado) para el servicio que va a cumplir. Por ejemplo, un compresor estará sobredimensionado si el uso final solamente requiere una presión del 50% de la presión que es capaz de producir.

Sólo cuando se tiene una panorámica completa de las condiciones de suministro, éstas pueden ser modificadas, dentro de los límites de la unidad de aire comprimido, para satisfacer la demanda de aire.

## 4.2 Demanda del sistema

Identifique todos los usos de aire comprimido en la empresa. Determine el volumen de aire utilizado por cada aplicación y elabore un perfil de demanda para el compresor con la cantidad de aire utilizado en función del tiempo. Las especificaciones de consumo de aire de los equipos son una buena fuente de datos para obtener los valores del volumen de aire. En el perfil de demanda se destacarán las demandas máxima y mínima del sistema; esto ayudará a identificar los usos inadecuados del aire comprimido.

## 4.3 Diagrama del sistema

Elabore un diagrama del sistema de aire comprimido de su planta que incluya compresores, líneas de suministro con sus dimensiones y los usos finales, para tener una vista general del proceso completo.

## 4.4 Sistema de distribución

Revise cuidadosamente el sistema de distribución en busca de problemas, como pueden ser: diámetros de tubería muy chicos, pérdidas de presión, capacidad de almacenamiento, fugas de aire y mal drenaje de agua condensada. Verifique que todos los drenajes funcionan correctamente, ya que el drenaje inadecuado de los condensados aumenta la presión a través del sistema de distribución.

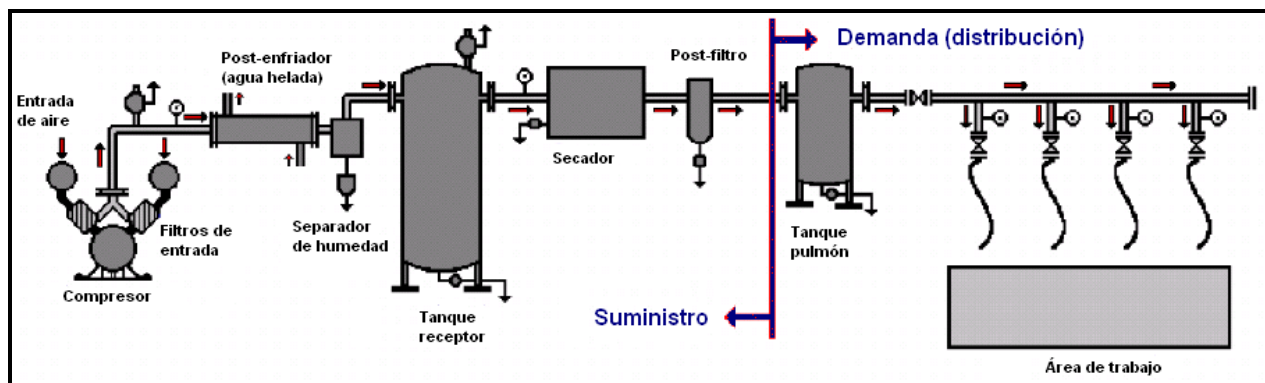


Figura 4.1 Sistema de aire comprimido

## 4.5 Mantenimiento

Revise y evalúe los procedimientos de mantenimiento, los registros que se llevan y la capacitación del personal. Asegúrese de que los procedimientos son adecuados para operar y mantener el sistema de aire comprimido y que el personal se ha capacitado en estos procedimientos.

# 5 Estrategias de ahorro y uso eficiente

Identifique aquellas oportunidades de ahorro y uso eficiente que sean fáciles de implementar en su sistema mediante la realización de recorridos de inspección que abarquen todos los componentes del sistema.

Las medidas de ahorro simples y prácticamente sin costo pueden derivar en ahorros de hasta 25% del costo de la energía utilizada por el sistema de aire comprimido.

### **5.1 Fugas**

Revise periódicamente el sistema en busca de fugas. Un sistema de distribución a  $7 \text{ kg/cm}^2$  de presión, operando 40 horas por semana con una fuga equivalente a un orificio de 6 mm de diámetro, pierde aproximadamente  $2.8 \text{ m}^3$  de aire por minuto y, con los datos calculados anteriormente para el compresor de 100 hp, tendría un costo de unos \$ 33,500 anuales.

### **5.2 Presión del compresor**

El compresor debe producir aire a una presión suficientemente alta para vencer las pérdidas de presión del sistema de distribución y llegar a los equipos (uso final) con la presión requerida por éstos. Las pérdidas de presión en un sistema diseñado correctamente deben ser menores al 10% de la presión de descarga del compresor, determinada por un manómetro a la salida de éste. Si la pérdida de presión es mayor al 10%, revise su sistema de distribución e identifique las áreas que pueden causar una caída de presión excesiva.

Por cada  $0.15 \text{ kg/cm}^2$  que se reduzca la presión de suministro del compresor, el costo de operación del sistema de aire comprimido se reducirá aproximadamente en 1.5%.

### **5.3 Encuentre demandas “extras”**

Una demanda extra se crea cuando a un equipo de uso final se le suministra aire a una presión mayor que la requerida. Si un equipo o servicio requiere una presión de  $3.5 \text{ kg/cm}^2$ , pero se le suministran  $6.3 \text{ kg/cm}^2$ , se está usando aire comprimido en exceso. Utilice reguladores de presión en los puntos de uso final para minimizar las demandas extras.

### **5.4 Usos inapropiados**

Localice los usos inapropiados que se dan al aire comprimido en su empresa. En vez de utilizar aire comprimido, instale utilice ventiladores o aire acondicionado para mantener frescos los gabinetes eléctricos. Use sopladores para agitar, aspirar, enfriar, mezclar o inflar, o bien aire a baja presión para pistolas de pintura o lanzas de aire. Evite emplear aire comprimido para limpiar maquinaria, pues es muy costoso y, además, las partículas de suciedad penetran en lugares donde ocasionan un desgaste prematuro de la maquinaria o mal funcionamiento. Desconecte de la fuente de aire comprimido los equipos que no se utilizarán por largo tiempo.



## **5.5 Recuperación de calor**

En un compresor típico, entre 80 y 90% de la energía utilizada se convierte en calor; por esto, una unidad de recuperación de calor bien seleccionada podrá aprovechar gran parte de este calor y utilizarlo, por ejemplo, para calentamiento de agua o aire. Se estima que de un compresor con una capacidad de 2.8 m<sup>3</sup>/min, operando a plena carga, se pueden recuperar aproximadamente 14.7 kWh en forma de calor.

## **5.6 Filtros de aire**

Básicamente, el trabajo de un compresor consiste en elevar la presión del aire ambiente a la presión de trabajo que se le fija en el sistema de control. Los filtros sucios o “tapados” ocasionan que la presión de succión baje considerablemente y que el compresor tenga que utilizar más energía para alcanzar su presión de trabajo. Por esto, mantenga libres de polvo y suciedad los filtros de aire de admisión para evitar la caída de presión que se produce al restringir la entrada de aire al compresor. Equipe al compresor con filtros de mayor superficie para reducir la caída de presión y límpielos o cámbielos periódicamente.

## **5.7 Tamaño del compresor**

Si su compresor está sobredimensionado, agregue al sistema un compresor de menor caballaje con un controlador de secuencia para hacer la operación más eficiente cuando se trabaja a carga parcial. Este dispositivo puede programar la entrada o salida de operación de varios compresores, dependiendo de la variación de la necesidad de aire comprimido durante el día.

## **5.8 Tanque de almacenamiento**

Normalmente, los compresores de aire se suministran con un tanque de almacenamiento de acuerdo con la capacidad del compresor; si su sistema de aire comprimido tiene un tanque de almacenamiento reducido o no cuenta con él, agregue uno para amortiguar los cambios de demanda y reducir los ciclos arranque/paro del compresor. El tanque se dimensiona de acuerdo con la potencia del compresor; por ejemplo, un compresor de aire de 50 hp necesitará aproximadamente un tanque de almacenamiento de 190 litros.

## **5.9 Aire de admisión**

Cuando los compresores succionan aire más frío, el cual es más denso, utilizan menos energía para elevarlo a la presión de trabajo requerida. Por ejemplo, si se enfría el aire de entrada a un compresor de 32°C, mezclándolo con otra corriente más fría o succionándolo de otra parte, hasta una temperatura de 21°C, la reducción de 11°C bajará el consumo de energía en 3.5%.

### 5.10 Bandas “V”

Periódicamente revise que la tensión de las bandas “V” sea la adecuada; las bandas flojas se deslizan más y reducen la eficiencia de la transmisión del motor al compresor. Prefiera las bandas “V” del tipo ranurado, pues estas tienen un mejor efecto.

## 6 Bibliografía

1. *University of Minnesota (MnTAP)*
2. *Guía para el ahorro de energía en aire acondicionado.- Conuee*