



Instalaciones de Aire Comprimido (Central compresora)

Enoc Duliep Lescaille
Enero del 2001

Resumen / Abstract

En los últimos cincuenta años, el aire comprimido ha experimentado una incorporación inusitada en la industria y sectores de servicios, debido a su alto poder de adaptación a cualquier sistema de trabajo, ya que sus cualidades lo hacen recomendable para ejecutar labores que difícilmente podrían cubrir otras energías que carecen de la flexibilidad que lleva implícito éste. La instalación de aire comprimido consta de dos partes fundamentales: la central de compresión y su correspondiente tratamiento para su posterior aprovechamiento, y las redes de tuberías hacia los diferentes puntos de trabajo donde están ubicados los consumidores o máquinas neumáticas. Es importante conocer cada uno de los elementos que intervienen en el proceso de compresión, para operar la instalación eficientemente y así garantizar un servicio de calidad con el menor costo posible.

Palabras claves: aire comprimido, compresor de aire.

In the last fifty years, the compressed air experimented an unusual utilisation in the industry and services sectors, due to its high capability of adaptation to any work system, since its qualities make it advisable to execute works that difficulty could cover other energy lacking its flexibility that takes implicit this. The compressed air installation consists of two fundamental parts: The compression power station and their corresponding treatment for their later use, and the network pipes toward to the different work points where the consumers or pneumatic machines are located. It is important to know every participating element of the compression process.

Key words: compressed air, air compressor.

Introducción

La energía es un elemento importante que interviene en todas las industrias y los servicios, y encontrar la más idónea para cada aplicación es un aspecto importante en el ahorro. De entre todas las energías directamente aplicables, el aire comprimido juega un papel imprescindible, pues resulta difícil encontrar un proceso productivo o de servicio donde no se utilice. Ello es debido a sus grandes y múltiples cualidades, ya que dispone de una fuente inagotable; es transportable incluso a grandes distancias; puede almacenarse en depósitos fijos o móviles; la temperatura no le afecta y es antideflagrante; es una energía limpia que no contamina y no requiere de tuberías de retorno.

El hombre ha utilizado la impulsión del aire desde épocas muy remotas para su supervivencia. Tal fue el caso de los cazadores utilizando la cerbatana para lanzar la flecha, la acción de soplar para encender y activar el fuego, etc.

Se puede afirmar, sin lugar a dudas, que el aire comprimido es una energía de grandes aplicaciones. Proporciona velocidades de trabajo elevadas, sobre todo en las de giro, no superadas por casi ninguna otra fuente de energía. Es muy versátil. Adaptable a muchísimos campos de aplicación, y los equipos que lo utiliza ocupan poco espacio. Su utilización es prácticamente universal en todo tipo de industrias y servicios, para hacer funcionar máquinas herramientas (pulidoras, lijadoras, fresadoras, destornilladoras, pistolas limpiadoras y para pintar, etc.), máquinas de empaques, procesos industriales y farmacéuticos, equipos médicos, equipos de medición y control automáticos, trabajos de limpieza, aire respirable, etc.

Una vez que el aire es comprimido, este adquiere un valor. Por lo tanto, conocer los procesos de compresión del aire y su posterior acondicionamiento, las características de los equipos que intervienen en los mismos, así como la red de distribución hasta los equipos neumáticos o usuarios son elementos importantes para el ahorro de esta costosa energía.

La investigación sobre las aplicaciones del aire comprimido comenzó desde el inicio mismo del proceso de la civilización del hombre. Sin embargo, el conocimiento y las aplicaciones empleando aire comprimido tomaron consistencia científica a partir de la segunda mitad del siglo XVII, cuando el estudio de los gases fue el objeto de investigación de varios científicos, y no han terminado todavía. Los robots neumáticos de manipulación manual, los autómatas programables y otras diversas pres-

taciones no han hecho perder ni un ápice el atractivo de la ciencia neumática en la nueva generación tecnológica.

La instalación de compresión de aire consta de dos partes:

- 1- La central compresora, donde éste es preparado convenientemente para su uso.
- 2- El sistema de distribución que lo transporta hasta el punto de consumo.

En este trabajo se analizará solamente la central compresora y en otro se hará la red de distribución.

La central compresora juega un papel importante, pues no es suficiente obtener aire a una determinada presión, sino que además hay que producirlo con unos niveles determinados de limpieza y ausencia de humedad, que exigen un tratamiento de cierta consideración. Esto se debe a que el aire a la salida del compresor contiene unos agentes contaminantes, como pueden ser partículas sólidas, aceite y sobre todo agua, que al alcanzar cualquier sistema neumático tendrá consecuencias negativas.

Aplicaciones diferentes requieren diferentes calidades de aire comprimido. En cada uno de los niveles básicos de aire comprimido hay diferentes componentes de tratamiento que trabajan en conjunto para obtener el nivel de pureza requeridos. La siguiente tabla [6] muestra la relación entre nivel de calidad de aire, aplicación y tratamiento que éste debe recibir.

Nivel	Aplicación	Componentes de tratamiento de aire
1	Aire para taller	Filtro separador centrífugo
2	Herramienta neumática, limpieza por chorro de arenan, sistemas de control neumático	Secador de aire comprimido tipo refrigerativo, filtro de aire
3	Aire para instrumentos, pintura en aerosol, pintura electrostática, máquina de empaque	Secador de aire comprimido tipo refrigerativo, filtro para remoción de aceite
4	Industria alimentaria, química y farmacéuticas, laboratorios	Secador de aire comprimido tipo refrigerativo, filtro para remoción de vapor de aceite
5	Tuberías exteriores (bajas temperaturas), cervecería, industria láctea, industrias electrónica, química y farmacéutica, laborat., transp. neumático de fármaco	Filtro de aire, filtro para remoción de aceite, secador desecante de bajo punto de rocío, filtro de aire, filtro para remoción de vapor de aceite
6	Aire respirable	Sistema de aire respirable (estacionario, portátil)

Los efectos nocivos del condensado en una instalación pueden resumirse en: corrosión en tuberías metálicas, obstrucción de boquillas de arenado, proyección de gotas en instalaciones de pintura, oxidación de internos en componentes y herramientas, degradación de los lubricantes, desgaste prematuro de componentes y herramientas, atasque de los accionamiento neumáticos y bajo rendimiento de la instalación. En términos económicos, lo anterior equivale a: mermas de producción en calidad y cantidad, elevados gastos en repuestos y reposición de componentes, y altas cargas de mantenimiento.

Componentes de la central compresora

Una central compresora completa [2] está compuesta por: 1. Filtro de aire, 2. Compresor, 3. Enfriador, 4. Separador de aceite, 5. Depósito regulador, 6. Eliminador de impurezas, y 7. Secador.

Filtro de aire

El aire atmosférico contiene una considerable cantidad de impurezas, incluyendo vapor de agua. Entre estas impurezas existen partículas sólidas de diferentes procedencias que afectan el buen funcionamiento del compresor. Por lo tanto, es necesario filtrarlo antes de ser succionado por éste. En la actualidad, existe una amplia gama de filtros de aire. Ellos deben tener facilidades para su lavado y regeneración de forma sencilla.

Compresor

El compresor es la máquina destinada a incrementar la presión del aire o de un gas o mezcla de gases, a partir de la presión atmosférica, con el fin de proporcionarles energía y utilizarlos

en múltiples aplicaciones. Por lo que el ser humano tiene representado en sus pulmones el compresor más antiguo de la historia y el más natural. En estado de salud normal, este compresor humano puede tratar alrededor de 100 litro/min. de aire, equivalente a 6 m³/h, ejerciendo una presión de 0,02 – 0,08 bar [1]. Es el elemento más costoso y de mayor rigor de trabajo de la instalación compresión de aire.

El desarrollo del compresor mecánico comenzó desde época muy remota, con el fuelle manual en el tercer milenio, a.n.e., y el fuelle de pie, mil quinientos años después d.n.e. Estas primeras máquinas soplantes sirvieron para suministrar aire de combustión a los hornos de fundición y en la ventilación de explotaciones mineras.

Los compresores se clasifican en 2 grandes grupos:

- **Compresores volumétricos:** alternativos de pistón (de simple y doble efecto), de paletas, helicoidal o de tornillo, Roots o pistones rotativos, de anillo líquido y de membrana.
- **Compresores dinámicos:** turbocompresores (centrífugos o axiales) y eyectores.

Los compresores volumétricos, llamados también de desplazamiento positivo, basan su principio de funcionamiento en la reducción de un volumen por el desplazamiento de un pitón alternativo o por la acción de un elemento, es decir, cuando aumenta la presión del gas disminuye su volumen, y esta reducción se transmite instantáneamente a todo el fluido situado aguas abajo.

Los turbocompresores o compresores dinámicos están basados en el principio de la cantidad de movimiento, donde gracias a la fuerza recibida de un elemento motriz se aumenta la velocidad del fluido, para posteriormente transformarla en presión.

Existen diferentes criterios para seleccionar el tipo de compresor, pero todos ellos coinciden en que es necesario conocer fundamentalmente el volumen de flujo a trasegar y la presión que éste debe entregar. Para calcular la capacidad y presión de trabajo de una instalación de aire comprimido se puede consultar las bibliografías [1] [2] y [3] indicadas en este documento.

El aumento de la presión del aire implica también aumento de su temperatura. Esta temperatura no puede sobrepasar determinados límites. Por lo tanto, durante el proceso de compresión hay que enfriar el compresor. Este enfriamiento se puede realizar con aire o con agua. Normalmente, el enfriamiento por aire es satisfactorio para compresores de caudales hasta 1.5 N m³/min y presiones hasta 7 kg/cm² [3]. Puede usarse también en compresores con caudales y presiones mayores cuando el funcionamiento del compresor es intermitente. Los equipos enfriados por aire son aleateados, y generalmente están provistos de un ventilador que incrementa la circulación del aire.

Estos compresores no pueden instalarse en espacios cerrados, pues el aumento de la temperatura del aire ambiente provoca un enfriamiento deficiente.

El método más frecuente de enfriamiento es por agua, y existen diferentes formas de realizarlo.

El calor generado por los compresores de aire puede ser utilizado de forma efectiva dentro de una planta, para calentamiento de espacio y/o calentamiento de agua para procesos industriales [7]. Considerables ahorros de energía resultan en períodos cortos de recuperación de dinero.

Enfriador

La finalidad de una instalación de aire comprimido es suministrar éste a los diferentes puntos de consumo en las mejores condiciones: limpio, seco y con la mínima pérdida de presión posible. Si no se cumple alguna de estas condiciones el resultado será mayor desgaste en las máquinas, bajo rendimiento y costo de producción mayor [4].

El aire atmosférico contiene cierta cantidad de humedad, expresada en kilogramos de agua por miligramos de aire seco. Esta humedad se puede expresar también como "humedad relativa", definida como la relación entre la humedad absoluta del aire y la humedad de saturación. Esta relación se expresa en %.

La temperatura del aire saturado recibe el nombre de **temperatura de rocío**. La humedad de saturación del aire es la máxima cantidad de vapor de agua que puede contener el mismo, y depende de dos factores: la temperatura y la presión. La capacidad del aire para contener agua decrece con la presión y aumenta con la temperatura. Por lo tanto, cuando el aire atmosférico, que contiene cierta cantidad de vapor de agua, entra al compresor, ocurren dos cosas: Primero: Su capacidad de contener agua decrece, debido al aumento de la presión, y segundo, esta capacidad aumenta debido al incremento de la temperatura que lleva consigo la compresión

En condiciones normales, se puede decir, que el aire sale del compresor con la misma humedad relativa con que entró. Sin embargo, cualquier enfriamiento posterior del aire provocará la condensación del exceso de agua, fenómeno que se incrementa al usar enfriadores intermedios y final.

El enfriador intermedio se instala entre dos etapas del compresor multietápico. Su función es enfriar el aire caliente antes de entrar en la etapa siguiente. Este enfriamiento reduce el volumen de aire, lo cual aumenta el rendimiento del compresor, pero al mismo tiempo, provoca la condensación de parte del agua contenida en el aire, que de pasar íntegramente a la etapa siguiente, podría condensarse en el cilindro, con los consiguientes perjuicios por corrosión.

Suponiendo que el agua absorbe el 95% del calor que cede el aire y el 5% restante se disipa en el ambiente circundante, el caudal de agua necesario se puede determinar por la expresión [3]:

$$Q = 0,632 * N * 0,95 / \Delta T,$$

donde:

N- potencia en el eje del compresor, kW

ΔT - diferencia de temperatura de salida y de entrada del agua, ° C. Se puede asumir $\Delta T = 10^\circ C$, aunque en ocasiones esta diferencia puede ser superior.

En un compresor de émbolo de dos etapas, con enfriamiento de los cilindros y enfriadores intermedios y final, el agua se consume de la manera siguiente: 20% para enfriamiento de los cilindros, 40% para enfriamiento entre etapas y 40% para enfriamiento final [3].

Separador de aceite

Se coloca entre las etapas del compresor, detrás de los enfriadores y también antes del tanque recibidor. Tiene la función de eliminar las partículas de aceite, sólidos y agua impregnadas en el aire. Las partículas de aceite vienen de la lubricación del compresor, donde se calienta e incluso se quema, convirtiéndose en vapor, gotas y partículas sólidas. Las partículas sólidas vienen también de las paredes de los con-

ductos, por desprendimientos de esquirlas y cascarillas metálicas y de otros materiales.

Depósito regulador

El depósito regulador, también llamado “tanque de almacenamiento” o “recipiente colector”, tiene la función de amortiguar las pulsaciones de la presión del compresor y también las demandas variables de los consumidores. En caso que no existiera dicho tanque, el compresor tendría que trabajar continuamente, incluso con las máquinas neumáticas paradas, ya que es necesario mantener la presión en la línea para cuando se necesite.

El depósito lleva un presostato que regula el caudal del compresor en función de si la presión del tanque aumenta o disminuye, y esta variación de presión depende del consumo de aire. El tanque lleva también en su parte inferior un purgador para eliminar los condensados que se producen al enfriarse el aire comprimido de forma natural, ya que su temperatura es superior a la del ambiente que le rodea.

Para evitar que el flujo de aire arrastre el agua condensada, el conducto de entrada se coloca por la parte inferior del tanque y el de salida por la parte superior.

El volumen del depósito recibidor depende de tres factores: 1° del caudal proporcionado por el compresor, 2° por la duración de cada fase del ciclo de funcionamiento del compresor, y 3° de la presión diferencial del presostato.

La diferencia de presiones entre los niveles superior e inferior (presiones en que el presostato ordena disminuir y aumentar nuevamente la capacidad del compresor), condiciona de manera importante el volumen del depósito, pero también influye en las características del compresor. Si se adopta una presión diferencial alta, el volumen del depósito disminuirá, pero obligará al compresor a proporcionar una presión superior, y viceversa.

La presión mínima en el depósito ha de ser igual a la presión de trabajo en los equipos neumáticos, más las pérdidas de carga en los elementos situados entre ambas, es decir: secador, tratamiento final del aire y red de distribución. El valor de estas pérdidas de presión oscila entre 0,2 y 0,6 bar [1], [3]. El valor de 0,2 bar corresponde a grandes instalaciones y 0,6 bar para las de menores tamaños.

La presión mínima, más la presión diferencial, debe ser igual a la presión máxima que debe proporcionar el compresor y para la cual debe ser seleccionado el mismo. Es usual aceptar una presión diferencial entre 0,4 y 0,8 kg/cm² [3], es decir: $\Delta P = 0,4-0,8 \text{ kg/cm}^2$

El depósito es siempre cilíndrico, con fondo y tapa esférico, colocado en forma vertical. El tanque recibidor más económico es el que tiene una altura igual al diámetro, es decir: $H = D$. A veces, con el objetivo de ocupar menor espacio en el terreno se escoge: $H = (2 - 3) D$ [3].

Eliminador de impurezas

Al igual que el separador de aceite, ellos tienen la función de captar las pequeñas gotas de agua y otras impurezas que el aire lleva en suspensión. Además, sirve como excelente punto de drenaje de una tubería.

Secador

En aplicaciones especiales en los que es fundamental disponer de aire muy limpio y muy seco, se usan filtros y dispositivos especiales de secado, que pueden ser de dos tipos:

- **Químicos:** consiste en un cartucho lleno de una sustancia química higroscópica a través de la cual pasa el aire y capta la humedad que éste pueda contener.
- **Mecánicos:** es el uso de sistema refrigerativo, que permite disminuir el aire a temperaturas inferiores a 10 °C.

Conclusiones

- Seleccione el compresor de acuerdo con los parámetros exigidos por la instalación.
- Los compresores deben ser instalados en áreas secas, limpias, frías (de 4 °C a 38 °C) y bien ventiladas.
- Elimine las impurezas del aire comprimido (aceite, polvo, vapor de agua, etc.). A la larga esto implicará producciones de mayor calidad y cantidad, y disminución de la carga de mantenimiento de la planta.
- Aplicaciones diferentes requieren diferentes niveles de calidad de aire.
- El costo de producir aire comprimido incrementa con cada nivel. Cubra, pero no exceda los niveles requeridos de calidad.
- Las diferentes partes de la planta pueden requerir diferentes niveles de calidad de aire comprimido. Es más económico tratar cantidades menores para una aplicación particular en vez de tratar el suministro total de aire.
- Enfríe el compresor y aproveche el calor generado por éste. Esto producirá ahorro de energía.

1. Carnicer Royo, E.: Aire Comprimido, Teoría y Cálculo de las Instalaciones, Editorial Paraninfo, (seg. edición), Madrid, España, 1994.
2. Duliep Lescaille, E.: Instalaciones de Aire Comprimido, ISPJAE, 2000.
3. Enciclopedia Práctica: Los Compresores, Ediciones EUHA, S.A., España, 1991.
4. Catálogo de la Kaeser Compresores Guía de Tratamiento de Aire Comprimido, Colombia.
5. Catálogo de la Kaeser Compresoresm Guía de Sistemas de Aire Comprimido, Colombia.
6. Catálogo de la Kaeser Compresores Guía del Compresor de Aire, Colombia.
7. Catálogo de la Kaeser Compresores Ahorro de Energía en Sistemas de Aire Comprimido, Colombia.

AUTOR

Dr. Enoc Duliep Lescaille

Profesor Titular, Facultad de Ingeniería Mecánica
Instituto Superior Politécnico "José Antonio
Echeverría"

Calle 127 s/n. Apartado 6028, Habana 6, Marianao,
Ciudad de La Habana, Cuba.

E-Mail: eduliep@mecanica.ispjae.edu.cu
eduliep@yahoo.com