

# Compresores

Rodríguez Contreras Sergio Fabian, Barreto Rojas Wilton Eduardo, Sánchez Ceballos Ferney

Ingeniería Mecánica  
Universidad ECCI

**Resumen-** Los compresores utilizados en las plantas industriales suelen ser complejos, contruidos con precisión y costosos. Por ello, su selección, operación y mantenimiento deben ser cuidadosos. Por ejemplo, la operación incorrecta puede ocasionar oscilaciones de presión (inestabilidad), condición en la cual se invierte un instante el flujo de gas dentro del compresor. Estas oscilaciones pueden dañar los componentes internos del compresor, producir daños por costos muy elevados en un corto tiempo y aumentar el costo del tiempo perdido para su reparación. Este documento se concentra en el conocimiento de los compresores, sus componentes, tipos o clases más comunes, las claves para la selección adecuada de estos y demás.

**Palabras Clave-** Compresor, presión, potencia, flujo, gas, carga, velocidad, impulsor o rodete.

## I. INTRODUCCIÓN

Los compresores son máquinas que tienen por finalidad aportar una energía a los fluidos compresibles (gases y vapores) sobre los que operan, para hacerlos fluir aumentando al mismo tiempo su presión. En esta última característica precisamente, se distinguen de las soplantes y ventiladores que manejan grandes cantidades de fluidos compresibles (aire por ejemplo) sin modificar sensiblemente su presión, con funciones similares a las bombas de fluidos incompresibles. La tendencia en la industria es construir plantas cada vez más grandes con equipo de un solo componente, más grande y confiable. La confiabilidad del equipo rotatorio siempre se debe definir en términos de la duración esperada de la planta y el tiempo de amortización requerido para producir utilidades al propietario. Muchas plantas de productos químicos tienen una duración esperada de cinco años o menos, pues el proceso ya será anticuado al cabo de ese tiempo, mientras que las refinerías o las plantas petroquímicas tienen un tiempo de amortización de 10 a 15 años o más. Hay algunas preguntas de primordial importancia que parecen no tener relación entre sí, para evaluar, seleccionar e instalar equipo rotatorio. ¿Va a ser la planta de proceso continuo o por cargas a lotes?; ¿Se cuenta con personal idóneo para mantenimiento o se piensa minimizar la mano de obra con un control más automático del proceso? Con esos datos, presentes, se puede tratar de evaluar y utilizar el equipo existente en el mercado. El "corazón" de muchos procesos y el que más problemas puede ocasionar es el compresor. Cuando se selecciona un tipo de compresor, es indispensable contar con todas las condiciones del proceso para su examen. Si hay algún especialista en la planta, debe estar informado de esas condiciones; no hacerlo, ha ocasionado infinidad de problemas.

En la Fig.1 se ilustran los límites de funcionamiento de los compresores de mayor empleo. Se debe tener cuidado al aplicar la Fig.1 porque se pueden utilizar dos o más tipos de compresores y hay que estudiar las opciones. El primer paso es definir los tipos y principios de funcionamiento de los compresores.

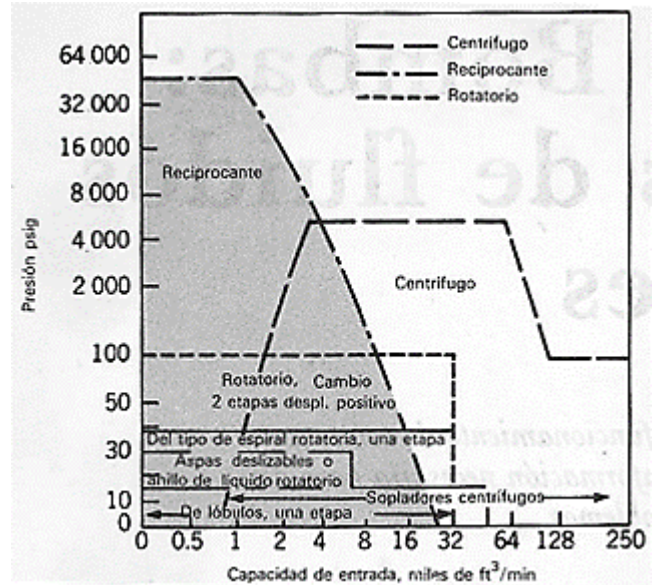


Fig. 1 Los compresores cubren límites amplios para uso en procesos

## II. TIPOS DE COMPRESOR

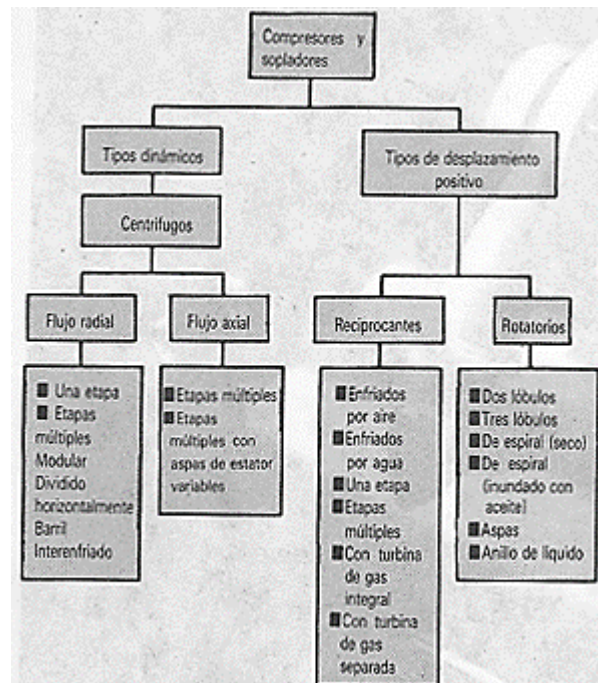


Fig. 2 Tipos de compresores

## COMPRESORES CENTRÍFUGOS

En un compresor centrífugo se produce la presión al aumentar la velocidad del gas que pasa por el impulsor o rodete y, luego, al recuperarla en forma controlada para producir el flujo y

presión deseados. El aire entra por el centro de un rodete dotado de álabes radiales y es impulsado hacia su perímetro por fuerzas centrífugas. Entonces, el movimiento radial del aire genera simultáneamente un aumento de la presión y la energía cinética. Antes de ser dirigido al centro del rodete de la siguiente etapa de compresión, el aire pasa por un difusor y una voluta o carcasa espiral donde la energía cinética se convierte en presión. Primeramente el rodete puede tener un diseño abierto o cerrado. El abierto es el más utilizado para aplicaciones de aire de alta velocidad. El rodete se fabrica normalmente de una aleación especial de acero inoxidable o aluminio. Nótese que la velocidad del eje del rodete es muy alta comparada con la de otros tipos de compresor. Es frecuente encontrar velocidades de entre 15.000 a 100.000 rpm. Esto significa que la sujeción del eje del compresor de alta velocidad se realiza con cojinetes de fricción lisos y películas de aceite en lugar de rodamientos. Están disponibles desde unos 600 PCMS hasta más de 200 000 PCMS, y producen presiones de hasta 8700 psi.

### COMPRESORES DE FLUJO AXIAL

En estos compresores, el flujo del gas es paralelo al eje o árbol del compresor y no cambia de sentido como en los centrífugos de flujo radial. Los compresores de flujo axial están disponibles desde unos 20 000 PCMS hasta más de 400 000 PCMS y producen presiones de hasta 65 psi en un compresor industrial típico de 12 etapas, o de un poco más de 100 psi. También se emplean mucho en aplicaciones que requieren flujos de gas superiores a 75 000 o 100 000 PCMS, en especial porque son más eficientes que los centrífugos de etapas múltiples, de tamaño comparable. El axial suele costar más que el centrífugo y, en tamaños más pequeños, sólo se justifica por su mayor eficiencia.

### VENTAJAS

1. En el intervalo de 2 000 a 200 000 ft<sup>3</sup>/min, y según sea la relación de presión, este compresor es económico porque se puede instalar una sola unidad.
2. Ofrece una variación bastante amplia en el flujo con un cambio pequeño en la carga.
3. La ausencia de piezas rozantes en la corriente de compresión permite trabajar un largo tiempo entre intervalos de mantenimiento, siempre y cuando los sistemas auxiliares de aceite lubricante y aceite de sellos estén correctos.
4. Se pueden obtener grandes volúmenes en un lugar de tamaño pequeño. Esto puede ser una ventaja cuando el terreno es muy costoso.
5. Cuando se genera suficiente vapor en el proceso, un compresor centrífugo será adecuado para moverlo con una turbina de vapor de conexión directa.
6. Su característica es un flujo suave y libre de pulsaciones.

### DESVENTAJAS

1. Los centrífugos son sensibles al peso molecular del gas que se comprime. Los cambios imprevistos en el peso molecular pueden hacer que las presiones de descarga sean muy altas o muy bajas.
2. Se necesitan velocidades muy altas en las puntas para producir la presión. Con la tendencia a reducir el tamaño y a aumentar el flujo, hay que tener mucho más cuidado al balancear los rotores y con los materiales empleados en componentes sometidos a grandes esfuerzos.

3. Un aumento pequeño en la caída de presión en el sistema de proceso puede ocasionar reducciones muy grandes en el volumen del compresor.
4. Se requiere un complicado sistema para aceite lubricante y aceite para sellos.

### COMPRESORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

Estos compresores se pueden dividir en rotatorios y reciprocantes para las aplicaciones más comunes en un proceso. Al contrario de los centrífugos, son de capacidad constante y tienen presiones de descarga variables.

#### ROTATORIOS

Los sopladores, bombas de vacío y compresores rotatorios son todos de desplazamiento positivo, en los cuales un elemento rotatorio desplaza un volumen fijo con cada revolución. Los diferentes estilos se pueden agrupar en cuatro tipos básicos. El más antiguo y conocido es el soplador de lóbulos (Fig.3), en el cual dos o tres rotores en forma de “8” se acoplan entre sí y se impulsan con engranes de sincronización montados en cada eje. Los sopladores de lóbulos van desde los muy pequeños, para compresores producidos en serie, desde unos 2 ft<sup>3</sup>/min, hasta los más grandes, para unos 20 000 PCMS. Se usan principalmente como sopladores de baja presión, que comprimen el aire o gases desde la presión atmosférica hasta 5 a 7 psi y, algunos hasta 25 psi, en tipos especiales. También se utilizan mucho como bombas de vacío, que son en realidad compresores que funcionan con presiones de succión inferiores a la atmosférica y con presiones de descarga iguales a la atmosférica o un poco mayores.

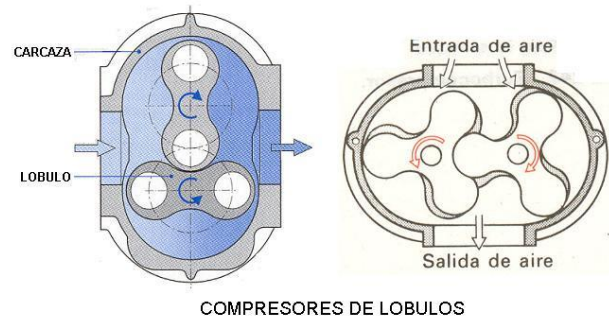


Fig.3 Compresor de lóbulos

El segundo estilo es el de aspas o paletas deslizables, que tiene un rotor con ranuras, dentro de las cuales se deslizan las aspas hacia adentro y afuera en cada revolución. Las aspas atrapan el aire o gas y en forma gradual reducen su volumen y aumentan la presión, hasta que escapa por orificios en la carcasa (Fig.4). Este estilo de compresor puede producir hasta 50 psi por etapa, y también está disponible con dos etapas, para presiones hasta de 125 psi. Sus capacidades son de 1 500 a 2 000 ft<sup>3</sup>/min y también se pueden emplear como bomba de vacío.

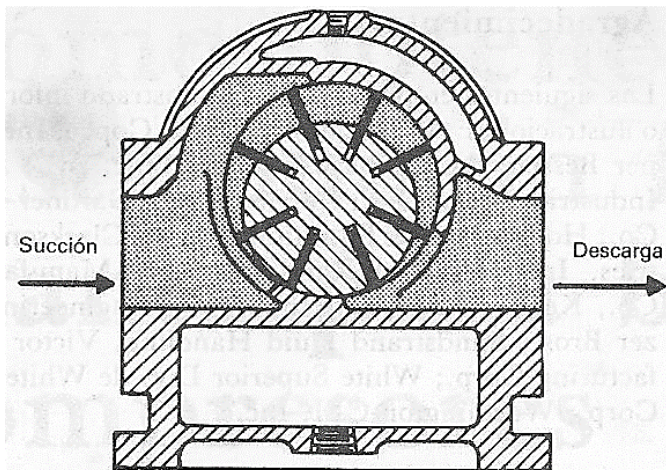


Fig.4 Compressor rotatorio de aspas deslizables

Un tercer tipo es el compresor de espiral rotatorio (Fig.5), que se utiliza para altas presiones y viene en tamaños grandes. Están disponibles en estructuras enfriadas por aceite y secas. Sus capacidades van de unos 50 hasta 3 500 PCMS en el tipo inundado con aceite, y de 1 000 a 20 000 PCMS en los de tipo seco; éstos pueden funcionar a velocidades de 10 000 a 12 000 rpm y con presiones de descarga de 250 a 400 psi; o sea un aumento de 50 psi por carcasa.

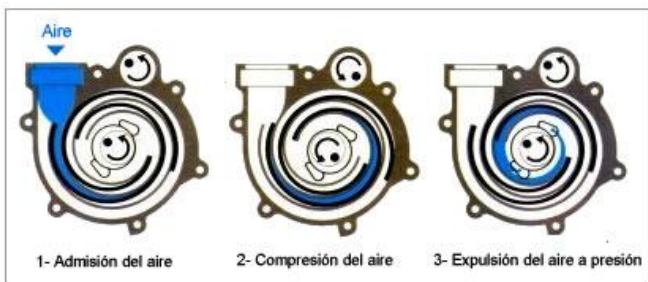


Fig.5 Compressor de espiral

El cuarto estilo es el compresor o bomba de anillo de líquido, que es rotatorio, pero tiene un principio exclusivo de funcionamiento, diferente al de cualquier otro rotatorio. Un

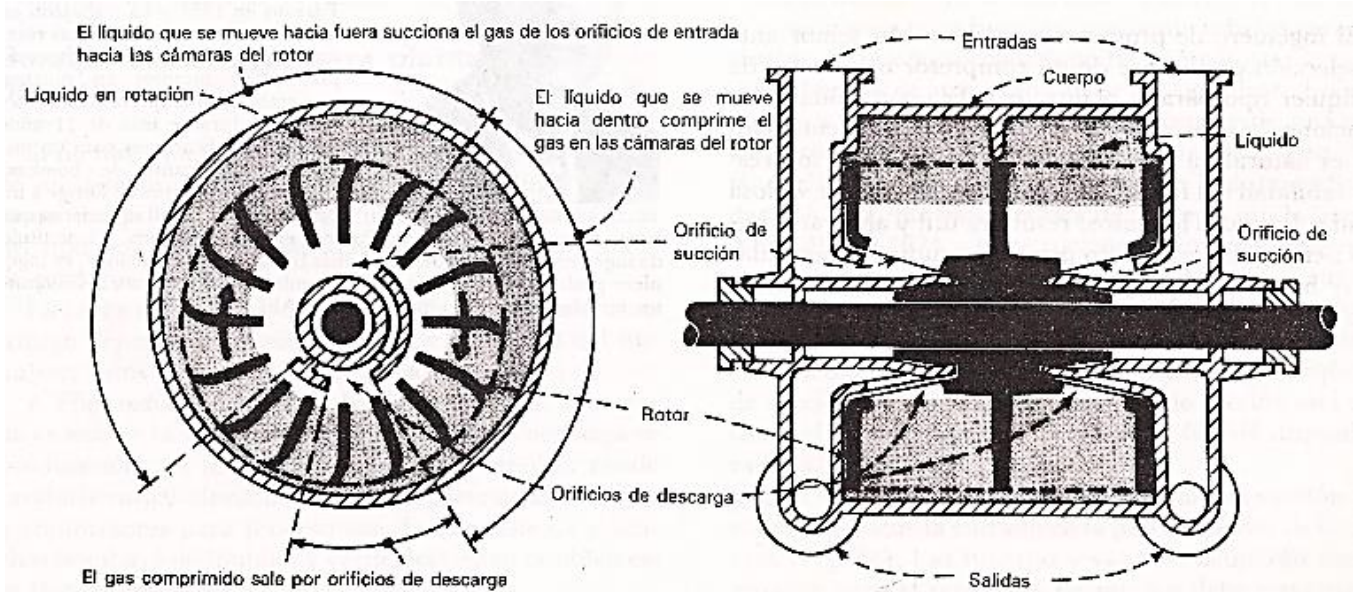


Fig.6 Compressor rotatorio con anillo de líquido

rotor con aspas gira en una cubierta circular u ovalada, dentro de la cual siempre hay agua u otro líquido sellador (Fig.6). La fuerza centrífuga hace que el líquido forme un anillo en la periferia de la carcasa durante el funcionamiento. El aire o gas avanza hacia el centro del rotor y, en forma gradual, se reduce su volumen y aumenta su presión hasta que pasa por los orificios de descarga y sale de la carcasa. El líquido contenido en el aire o gas descargado se separa y se enfría, y se recircula o se desecha en un sistema de una sola pasada. El tipo de anillo de líquido es el que más se utiliza como bomba de vacío hasta 3 o 4 in de Hg absolutas. También se puede utilizar como soplador abaja presión hasta unas 25 psi o como compresor de aire a presiones intermedias, hasta de unas 100 psi, para instrumentos.

Sus tamaños van desde los pequeños, para unos 10 ft<sup>3</sup>/min, hasta los más grandes, de carcasa sencilla, para 10 000 ft<sup>3</sup>/min. Estos compresores se emplean mucho con gases difíciles como cloro, gas ácido, gases cargados con sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono y otros. En general, los compresores rotatorios sólo son para necesidades especiales, con poco aumento de presión y baja capacidad.

## RECIPROCANTES

Es un compresor de desplazamiento positivo, en el que la compresión se obtiene por desplazamiento de un pistón moviéndose lineal y secuencialmente de atrás hacia adelante dentro de un cilindro; reduciendo de esta forma, el volumen de la cámara (cilindro) donde se deposita el gas; este efecto, origina el incremento en la presión hasta alcanzar la presión de descarga, desplazando el fluido a través de la válvula de salida del cilindro (Fig.7). Los compresores reciprocantes funcionan con el principio adiabático mediante el cual se introduce el gas en el cilindro por las válvulas de entrada, se retiene y comprime en el cilindro y sale por las válvulas de descarga, en contra de la presión de descarga. Los compresores reciprocantes pueden ser del tipo lubricado o sin lubricar. Si el proceso lo permite, es preferible tener un compresor lubricado, porque las piezas durarán más. Los compresores reciprocantes abarcan desde

una capacidad muy pequeña hasta unos 3 000 PCMS. Para equipo de procesos, por lo general, no se utilizan mucho los tamaños grandes y se prefieren los centrífugos. Si hay alta

presión y un gasto más bien bajo, se necesitan los reciprocantes. Están disponibles desde unos 9 PCMS hasta más de 5000 PCMS, y producen presiones de hasta 50000 psi.

### VENTAJAS

1. El uso de lubricantes. 2. Las piezas durarán más.

### DESVENTAJAS

Los problemas más grandes en los compresores con cilindros lubricados son la suciedad y la humedad, pues destruyen la película de aceite dentro del cilindro.

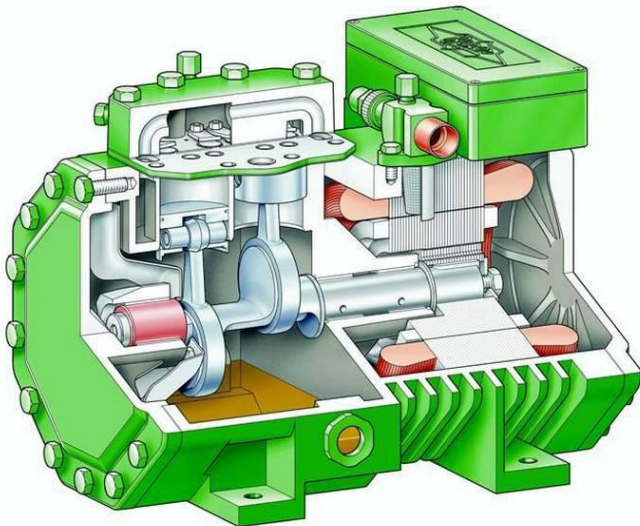


Fig.7 Compresor recíprocante

### III. SELECCIÓN DE COMPRESORES

En las industrias se utilizan compresores de todos los tipos y tamaños para aire y gases. Para lograr una selección satisfactoria del compresor, debe considerarse una gran variedad de tipos, cada uno tiene ventajas específicas para alguna aplicación. Entre los principales factores que se deben tomar en consideración, se encuentran: la velocidad de flujo, la carga o presión, limitaciones de temperatura, el consumo de potencia, posibilidades de mantenimiento y costo. No obstante, existen otros aspectos a considerar referentes al servicio de compresión para la selección acertada del tipo de compresor:

- a. Nivel de Potencia, disponibilidad Comercial del Compresor y costo de instalación.
- b. Flujo volumétrico – Presión de Descarga
- c. Requerimientos de tiempo de operación entre períodos de mantenimiento
- d. Características del Gas y del proceso.
- e. Inyección de aceite lubricante en las corrientes de proceso – Los compresores que requieren lubricación interna (reciprocantes lubricado) son insatisfactorios para servicios de oxígeno
- f. Arrastre de líquido en gas de proceso y sólidos en gas de proceso – Los compresores más sensibles son el de aletas deslizante, los reciprocantes lubricados, y los centrífugos de alta velocidad.
- g. Oscilaciones en peso molecular – Los compresores de desplazamiento positivo son relativamente insensibles; los compresores dinámicos tienen que ser

diseñados anticipadamente para el rango de variación completo, y no son adecuados para variaciones amplias en operación normal

- h. Temperatura de descarga del gas – Todos los tipos pueden ser diseñados con etapas múltiples para limitar la elevación de temperatura.
- i. Tendencia de ensuciamiento del gas – Los compresores axiales y de alta velocidad, y los centrífugos de etapa sencilla, no son adecuados para servicios sucios. Un sistema de lavado permite a los compresores de tornillo helicoidal y a los centrífugos ser usados en servicios sucios.
- j. Relación de Presión – Los compresores recíprocantes de etapas múltiples tienden a ser más económicos para altas relaciones de presión.
- k. Tipo de Elemento Motriz – Las turbinas a gas o a vapor tienden a utilizarse en los compresores dinámicos que en los reciprocantes, ya que el sistema de transmisión es simplificado.
- l. Servicios adicionales de la instalación, energía eléctrica, lubricación, agua deservicio y enfriamiento, aire de arranque, sistemas de alivio, etc.
- m. La cantidad y recursos especializados del personal de mantenimiento de la planta. Así como también, la disponibilidad de las herramientas adecuadas para el mantenimiento y los servicios disponibles.

### IV. CONCLUSIONES

En diversos campos de la industria actual, los compresores son herramientas muy necesarias para llevar a cabo muchas labores; la selección adecuada le permite a las empresas adquirir equipos con una inversión necesaria sin la necesidad de un gasto excesivo o deficiente que conlleva a muchos problemas a la hora de cumplir una labor. Muchas veces el no elegir correctamente el tipo de compresor ha llevado a ocasionar grandes pérdidas económicas, evidenciadas en el mantenimiento y compra de repuestos para estos equipos los cuales no llegan a cumplir su ciclo de trabajo normal y presentan complicaciones por un uso indebido. Pero si se eligen los equipos correctamente, la producción o la realización de una actividad dentro de la empresa puede presentar mejoras tanto para la empresa como la facilitación de la labor del operario.

### V. REFERENCIAS

R. GREENE, *COMPRESORES, SELECCIÓN, USO Y MANTENIMIENTO*, U.S.A, MCGRAW HILL, 1992.