

BOMBAS:

En la antigüedad los chinos y los egipcios, según se ha podido determinar a través de dibujos y otros documentos, emplearon para elevar agua, un sistema sencillo y bastante efectivo. Se trataba de una rueda con varios recipientes adosados, que al girar aquella, penetraban en el agua, se llenaban con ella y después de ascender hasta cierta altura descargaban el líquido en un canal que lo distribuía de manera conveniente

En la actualidad muchos son los dispositivos o aparatos que se emplean para extraer, elevar o inyectar agua u otros fluidos.

De estos mecanismos, generalmente llamados bombas, del latín bombus, que significa ruido o zumbido, son muy conocidos y utilizados los que se denominan bombas hidráulicas, que pueden clasificarse en 2 grandes categorías principales:

- bombas centrífugas
- bombas de desplazamiento positivo.

Existen, además, numerosos dispositivos y aparatos fundados en principios distintos a las bombas hidráulicas, o que pueden considerarse como bombas, que se utilizan para hacer vacío, comprimir gases, aunque en éste caso se denominan con más propiedad compresores.

A pistón 1 pistón

Multipistón

Alternativas Reciprocante

A membrana o diafragma

Bombas

1 etapa

Centrífugas Multietapas

Rotatorias

Rotatorias Engranaje

Roots

Lóbulo

Desplazamiento positivo

Compresores

Un compresor es una máquina destinada a producir un aumento en la presión de un fluido gaseoso.

Los compresores pueden dividirse en dinámicos y volumétricos.

Los primeros actúan en forma continua sobre la corriente gaseosa, a la que ceden energía cinética y comunican presión al mismo tiempo. Los segundos, en cambio, actúan sobre cargas de fluidos individualizadas, cuya presión es aumentada independientemente de la velocidad de rotación de la máquina.

Los compresores dinámicos pueden dividirse, según el recorrido del fluido, en centrífugos y axiales. Los primeros suelen emplearse en instalaciones fijas, mientras que los segundos se emplean preferentemente en las turbinas de gas empleadas en aeronáutica o para otras aplicaciones semejantes.

Los compresores volumétricos se dividen en alternativos(o de émbolo) y rotativos: los primeros se emplean en instalaciones de tipo industrial para el suministro de aire comprimido, mientras que los segundos tienen amplia difusión como sobrealimentadores en los motores de combustión interna.

El compresor permite reducir el volumen y facilitar el transporte de ciertos gases, naturales y artificiales, empleados como combustibles, como primeras materias industriales o como anestésicos.

Tipos de bombas

BOMBAS CENTRÍFUGAS:

En las bombas centrífugas, la elevación del líquido desde el nivel inferior al superior se realiza por movimiento de un rodete que gira a gran velocidad en el interior de la misma; el fluido adquiere, una fuerza centrífuga que lo impulsa.

Tienen un rendimiento menor que las de émbolo, pero son, en general, más convenientes, pues cuesta menos adquirirlas y conservarlas, debido a la ausencia de piezas delicadas. Cuando la bomba se acciona mediante un electromotor o turbina, el empleo de una centrífuga que admite un número de vueltas más elevado, permite el acoplamiento con la consiguiente ventaja de poder prescindir de mecanismos de reducción, que son de mayor costo y reducen el rendimiento. Se les da preferencia cuando el caudal a elevar es grande y la altura de elevación es pequeña, y para trabajos en que la duración del servicio es corta. (Fig. 3 a).

La aspiración se realiza cuando el rodete y la tubería están rellenos de agua, salvo que se disponga de dispositivos especiales para realizar una aspiración seca. Se clasifican en bombas de baja presión (hasta unos 15 mts), de media presión (hasta unos 40 mts) y de alta presión (cuando dicha altura es mayor). Las bombas centrífugas de baja presión se construyen con la aspiración por un solo lado o por los dos, como puede verse en la figura 1 en ella, para un mismo número de vueltas y una misma altura de elevación, varía el caudal a elevar según el tipo de rodete.

En la figura 2 se representa una bomba de media presión con entrada por 2 lados. Para mejorar su rendimiento se utiliza, a la salida de los árboles del rodete móvil, una corona directriz, la cual encauza el líquido, impidiendo choques y remolinos. En este tipo de bombas pueden disponerse también varios rodetes y coronas directrices montadas en paralelo sobre un mismo eje, logrando entonces un número de vueltas elevado.

Las bombas centrífugas de alta presión se caracterizan por presentar una serie de rodetes escalonados. El líquido pasa desde un primer rodete móvil a la directriz y luego a un canal intermedio del cual entra un segundo rodete llegando finalmente a una cámara que comunica con la tubería de impulsión. El número de rodetes, que pueden ascender hasta 10, depende de la altura de elevación que se desee alcanzar.

Las bombas de rodete en hélice y las bombas de hélice axiales se emplean para elevar grandes cantidades de líquido a pequeñas alturas con un número de vueltas elevado.

Las bombas centrífugas se construyen de eje horizontal, reservando las de eje vertical cuando se trata de bombas para perforaciones y agotamiento de pozos (Fig. 3 b).

Bombas centrífugas de etapas múltiples:

En los casos en que se necesita una presión mayor que la que puede suministrar una sola bomba, en principio podría conectarse dos o más bombas iguales, así la descarga sería más o menos igual a la suma de las presiones desarrolladas por cada bomba.

Como esta forma de aumentar la presión resultaría engorrosa, demasiado cara y muy poco rendidora, una solución es hacer una bomba de etapas múltiples.

Cada etapa tiene así su descarga conectada a la aspiración de la siguiente y cada una actúa como una bomba separada; todas están dentro de la misma caja. La presión de descarga de la primera etapa se convierte en la presión de aspiración de la segunda y así sucesivamente. La bomba sin prensaestopa, es un ejemplo de bomba multietapa montada verticalmente. (Fig. 4).

Las bombas centrífugas pueden tener sus ejes horizontales o verticales. Las bombas verticales no tienen cañerías en la aspiración y la voluta y parte del eje van sumergidas en el líquido a bombear.

Una bomba, además de ser un impulsor de líquidos, es también un medio para aplicar presión al circuito.

La presión que una bomba aplica a un circuito líquido se denomina la delta de presión de la bomba. Una bomba puede recibir líquidos a cualquier presión y descargarlos a una presión mayor.

Cuando se bombea un líquido desde un tanque abierto, la altura por encima de la aspiración de la bomba, es la altura de la superficie del líquido en metros por sobre el nivel de dicha aspiración.

Esta altura del líquido, dará lugar a una cierta presión que, comenzando en la superficie del líquido, aumenta cuanto más se desciende hasta que adquiere su valor máximo en la aspiración.

Existe una relación directa entre la altura y la presión producida por la misma, según cuanto pese o cuanto sea el peso específico del líquido. Para el agua, cada metro de altura o profundidad dará lugar a una presión de 0,1 Kg/cm² (para una profundidad de 2 metros la presión es de 0,2 Kg/cm²).

Es decir, que 10 metros de altura equivalen a aproximadamente 1 Kg/cm² o 1 metro de altura es igual a 0,1 Kg/cm².

Generalmente, la altura o presión originada por la diferencia de nivel de un líquido se denomina altura estática. Estática significa en reposo, quieta o inmóvil y, como es evidente en muchos de los procesos el nivel del líquido está en reposo o inmóvil y produciendo continuamente una cierta presión.

Volviendo a la altura de aspiración tenemos una torre y una bomba. En la torre hay una cierta presión, a la que se encuentran los gases en su interior. Si la misma es de 3,5 Kg/cm² la presión que actúa contra los costados de la torre al nivel del líquido es de 3,5 Kg/cm² (esta es la altura debido a la presión). A 3,5 metros más debajo de la torre, la presión aumenta a 3,85 Kg/cm² ($3,5/10=0,35$); 3,5 metros más abajo aún en la aspiración de la bomba tenemos otro aumento de 0,35 Kg/cm², lo que hace que la presión en el caño de aspiración de la bomba (altura de aspiración) sea de $3,5 + 0,35 + 0,35 = 4,2 \text{ Kg/cm}^2$. (Fig. 5)

Suponiendo que el delta P de la bomba es de 2,8 Kg/cm², la presión del líquido que pasa por la bomba aumentará 2,8 Kg/cm², la presión de descarga será la suma de delta P más la altura de aspiración, es decir, $4,2 + 2,8 = 7 \text{ Kg/cm}^2$.

Al elegir una bomba se tendría en cuenta estos factores.

Efectos que se producen al variar la velocidad de una bomba: si la velocidad se duplica, el caudal también se duplicará, la presión aumentará 4 veces y la potencia que deberá tener el motor que le impulsa será 8 veces la que tendría para su velocidad menor.

- Aros de desgaste: Para separar el lado de alta presión del lado de baja presión del impulsor, su ajuste con la caja de la bomba deberá ser estrecho y tener un cierto juego de funcionamiento.

Las bombas pueden proveerse de aros de desgaste montados en el cuerpo y, también en el impulsor. Cuando estas superficies se desgastan y empiezan a perder, se cambia el aro de desgaste.

- Manguitos: Los ejes de las bombas también pueden estar sujetos a desgastes y

corrosión. Los fluidos bombeados pueden corroerlos y la presión de la empaquetadura en el prensaestopa pueden rayarlos e irlos ranurando. Para evitar que esto suceda, los ejes se proveen de manguitos con chavetero para impedir que giren con respecto al eje. Cuando los manguitos se gastan, se los cambia.

- Aros de cierre hidráulico: Según sea el líquido bombeado, la naturaleza del servicio y el tipo de bomba usada, en el prensaestopa puede necesitarse un aro de cierre hidráulico.
- Este cierre puede tomar líquido desde la descarga de la bomba y hacerlo circular devuelta a la aspiración de la misma. Puede recoger las pérdidas a lo largo del eje que haya penetrado a la empaquetadura llegando hasta el aro, y mandarla devuelta a la bomba. Este mismo líquido también sirve como lubricante entre la empaquetadura y el eje.
- Por medio de un sistema circulador separado, a través del aro de cierre hidráulico puede bombearse otro líquido, el que recogerá cualquier pérdida y también contribuirá tal vez a la lubricación.
- El aro de cierre hidráulico puede servir como punto de aplicación de lubricación al prensaestopa y contribuir a sellar la empaquetadura contra las pérdidas de la bomba.
- Casquillo prensaestopa: Para impedir que el líquido escape por alrededor del eje de la bomba se provee algún tipo de cierre, que pueden clasificarse en:

Prensaestopa convencional: Convencional porque fue el primer método empleado para impedir la pérdida de alrededor del eje y porque sigue siendo el tipo de cierre más usado hoy en día. Cuando un aro de material adecuado se oprime contra el eje de la bomba y se lo mantiene entre éste y la caja de prensaestopa, se necesita una cierta presión para forzar al líquido bombeando al pasar entre el eje y el prensaestopa. Dos aros necesitarían el doble de dicha presión y tres, el triple.

Esta resistencia a la circulación se denomina caída de presión y es lo que buscamos mantener en una empaquetadura en todo momento.

Cuando una empaquetadura empieza a perder y aparentemente a llegado al final de su vida útil, es necesario renovar todos los aros de la misma a fin de volver a obtener la caída de presión necesaria. La empaquetadura debe ajustarse solo lo necesario, de lo contrario se producirá un elevado desgaste y poca duración de la empaquetadura y del manguito del eje.(Fig. 6).

Cierres o sellos mecánicos: Durante muchos años se trató de mejorar el viejo tipo de cierre a prensaestopa para eliminar la necesidad de atención mecánica y mantenimiento propio de los prensaestopa convencionales. El resultado fue el cierre mecánico y sus distintas formas.

Este consta de dos aros con caras finamente maquinadas y enfrentadas.

Uno de los aros va firmemente montado en el prensaestopa de la bomba y el otro, en el eje.

La presión de un resorte y la de bombeo los mantiene oprimidos el uno con el otro. El aro montado en el eje

gira contra el del prensaestopa, mientras que el acabado liso de las caras impide el pasaje de líquidos entre ambas.

El fluido bombeado y el material de los aros pueden o no necesitar lubricación o enfriamiento. Un ejemplo es el caso de un sello mecánico de las bombas de agua empleadas en los automóviles. Duran lo que dura el automóvil, sin necesidad de atención.

En condiciones más extremas de temperatura, presiones más elevadas y líquidos más difíciles de retener o peligrosamente venenosos, se ha llegado a un refinamiento aún mayor: el de la bomba sin prensaestopa.

Bomba sin prensaestopa: La disposición normal (vertical u horizontal) deja un espacio entre el motor y la bomba, quedando el eje de accionamiento entre ambos. Para evitar la pérdida alrededor de este eje al entrar la bomba, hay necesidad de alguna forma de cierre.

En la bomba sin prensaestopa la eliminación de las pérdidas se trata de otra manera. En primer lugar, la carcasa del motor es completamente hermética. En segundo lugar, va unida al cuerpo de la bomba en forma hermética. Entre la bomba y el motor sobre el eje de accionamiento va montado un sello mecánico, diseñado y colocado de manera que impide las fugas desde el motor hacia la bomba. La carcasa del motor se llena con un aceite que se mantiene a una presión mayor que la que hay en el cierre del lado de la bomba o que la que existe en el espacio que le sigue al motor.

Cualquier pérdida que se produzca irá del motor a la bomba lo que no es perjudicial y el sello puede estar a una presión mucho menor que cuando toda la presión de descarga actúa sobre él. En este caso, solo actúa la diferencia de las presiones a uno y otro lado del sello.

Funcionamiento de bombas centrífugas:

Con los juegos pequeños con que deben funcionar las partes activas de las bombas, éstas nunca han de hacerse trabajar en seco, pues se producirá una serie de ralladura y desgaste de las piezas.

La mayoría de los fluidos actúan como lubricantes y esto se tiene en cuenta para el diseño de la bomba al establecer los juegos de funcionamiento.

Antes de poner en marcha una bomba, siempre debe estar cebada o llena de líquido. Para el bombeo de agua u otros líquidos, las bombas tienen grifos en la parte superior del cuerpo, para dejar escapar el aire que pueda haber en éste y que pueda impedir su llenado.

Las bombas deben ponerse en marcha con la válvula de descarga cerrada, ya que de lo contrario el cuerpo no puede llegar a llenarse bien. Asegurarse que el casquillo prensaestopa no esté torcido, la empaquetadura debe estar ligeramente suelta como para que se produzca una ligera pérdida. Después, ajustar el casquillo no más que para detener dicha pérdida; se debe aflojar el casquillo hasta la posición que estaba antes.

Los cojinetes de las bombas son por lo común a bujes o bolillas. Los más sencillos son estos y consiste en una pieza dividida instalada en el bastidor de la bomba y sujeto en su lugar por medio de una tapa abulonada. La cavidad interior de la pieza está revestida de un metal blando, tal como babbitt o bronce, está dividida de manera de poder ser montada sobre el eje. En la tapa del cojinete se puede instalar una aceitera a gota visible. Otra forma es colocar un aro que rodee al eje y cuelgue de él. La parte inferior del aro va sumergida en un depósito de aceite y a medida que el eje gira, también lo hace el aro, alzando aceite y distribuyéndolo sobre el eje y cojinete.

Otra forma de llenar la tapa del cojinete con estopa de algodón mojada en aceite y mantenida en contacto con el eje, que se empaca diariamente mediante una aceitera. Algunos cojinetes pueden lubricarse por el líquido

bombeado o con agua.

Los cojinetes a bolillas se lubrican por medio de aro y depósito de aceite.

Cuando el eje es vertical se usa grasa. Una grasera permite la introducción del lubricante a presión y una bolilla de retención evita que la grasa pueda salirse.

Si un cojinete está demasiado engrasado bate continuamente la grasa, por lo que se calienta. El calor puede destruir la película de lubricante, de formar el cojinete y, de esta manera producir más roce y desgaste. La caja de los cojinetes deben llenarse con grasa solo hasta la mitad.

Es preferible que el cojinete y lubricante estén a una temperatura constante, esto evita la dilatación y distorsión de las piezas, originadas por grandes variaciones de temperatura. En los casos en que se bombean fluidos calientes, los cojinetes se enfrían con agua, que se hacen circular por cavidades que rodean al cojinete el bastidor de la bomba.

Cañerías conectadas a bombas: Nunca se debe hacer que de manera alguna la bomba sostenga la cañería. Esto significa que nunca la bomba debe aguantar el peso de la cañería, tener un efecto de sujeción sobre la misma, o ejercer una tracción o un empuje sobre ella.

La cañería solo debe coincidir con la bomba y nada más.

Por acción de una fuerza, el bastidor de una bomba puede deformarse. Cualquier deformación tenderá a desalinear los cojinetes y al eje y ocasionar un mayor desgaste.

BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO:

Pueden ser alternativas, rotatorias o a engranajes.

- Alternativas: El caudal de una bomba de este tipo es el resultado del movimiento alternativo o de vaivén de un pistón dentro de un cilindro.

Estas bombas son de doble efecto y además producen una onda de presión por cada mitad de carrera.

Sus características son que dan un caudal pulsante desparejo. Se pueden resolver mediante el empleo de dos o más cilindros trabajando en paralelo, bombas dúplex o triples, o una cámara amortiguadora de aire. La descarga de estas bombas es difícil de controlar; nunca se las debe estrangular y las bombas deben ser protegidas por medio de una válvula de seguridad colocada en la cañería de descarga. El caudal se regula mediante la variación de la velocidad de accionamiento. Son de elevado rendimiento. Tienen una amplia gama de caudales y de presiones, están adecuadas para presiones extremadamente elevadas y/o caudales muy pequeños. Son apropiadas para trabajar con aspiración negativa, o sea, que son capaces de elevar líquidos. Son adecuadas para mover líquidos viscosos y también para líquidos que tienen solventes. Pueden ser accionadas a vapor o a motor; por medio de engranajes, cuando se usan equipos de gas; se denominan compresores.

Bombas alternativas accionadas a vapor:

En la figura 7 se puede ver que constan de un conjunto de pistón, cilindro y válvula para el movimiento de líquidos, unidos por un vástago de pistón y varillas a un conjunto de pistón, cilindro y válvulas para el movimiento de vapor. Al estar unidos, ambos pistones hacen que cualquier movimiento del pistón para vapor sea transmitido al pistón de la bomba en la parte del vapor, un mecanismo distribuidor permite que el vapor activo penetre por un extremo, fuerce al pistón al avanzar y haga que el pistón usado salga por la lumbrera del escape. Al final de la carrera el mecanismo distribuidor se invierte y el proceso se repite en sentido opuesto.

En la puesta en marcha, grifos ubicados en la parte inferior del cilindro desagotan el exceso de condensado.

En la bomba a cada extremo de la carrera del pistón hay dos juegos de válvula, uno para la aspiración y otro para la descarga. Sostenida por resortes, estas válvulas se abren cuando se ejerce suficiente presión en su parte inferior, para vencerla presión de los resortes; la principal finalidad de los resortes es garantizar el retorno de las válvulas a sus asientos, en cada final de carrera.

En funcionamiento considerando uno solo de los extremos del pistón, éste al retroceder crea una presión menor que la del líquido en la cañería de aspiración. Esta diferencia de presión hace que el líquido levante y abra la válvula de aspiración y penetre al espacio del cilindro dejado por el pistón en movimiento; a medida que el pistón se mueve hacia delante el líquido es desplazado y levanta y abre la válvula de descarga.

Al final de la carrera la presión decae, el líquido y los resortes hacen que las válvulas se cierren. La misma descripción es válida para el extremo opuesto del pistón, de manera que cuando uno de ellos expulsa el líquido hacia fuera, el otro aspira más líquido, que queda lista para ser bombeado al invertirse la carrera.

Manejo de bombas alternativas a vapor:

- **Lubricación:** Estas bombas no tienen cojinete, tienen punto de rozamiento, como pueden ser: de la empaquetadura de los pistones contra las paredes del cilindro, las empaquetaduras en los prensaestopa, y en el conjuntos de válvulas de vapor.

La lubricación en el extremo de la bomba se consigue evitando que el pistón se mueva en seco asegurando la llegada de la misma al prensaestopa y vástagos del pistón, si lo necesita. Algunos fluidos que se bombean poseen por si mismos la lubricación necesaria al prensaestopa y vástago de pistón. Resulta adecuado introducir un aceite apropiado, por la cañería de alimentación o en la caja de vapor. El lubricante es distribuido a las válvulas, al pistón de vapor y en las unidades de menor tamaño aún el prensaestopa y el vástago. Estas piezas deben recibir lubricación, o de lo contrario se producirá su desgaste y rotura.

- **Puesta en marcha y manejo:** Es necesario cebar el extremo de la bomba y comenzar la lubricación lo más pronto posible después de la puesta en marcha. Siempre se debe abrir primera la válvula de descarga para evitar presiones que podrían reventar al pistón. La apertura de la válvula de aspiración disminuye la posibilidad de que se filtre aire al cilindro a través del prensaestopa. El vacío que se forma, es sólo el normal debido a la aspiración de la bomba

El funcionamiento en seco y el roce continuado entre la empaquetadura del pistón y la pared del cilindro, puede producir gran cantidad de calor, ralladura de la pared del cilindro y rotura de la empaquetadura del mismo. El cilindro de la bomba ya cebado, ejerce un efecto uniforme y frenado sobre el extremo del pistón de vapor. Cuando la bomba funciona vacía, hay muy poco que impida al pistón para moverse con tanta rapidez como lo haga necesaria la presión del vapor sobre el pistón.

Considerando el extremo de vapor, debemos recordar que durante el arranque es necesaria la lubricación, y que el vapor, al entrar a una cámara fría se condensa rápidamente formando agua.

Es necesario bombear e introducir suficiente aceite en la cañería o en caja e vapor. Si se emplea un lubricador forzado con accionamiento mecánico al dar en al aire varias vueltas rápidas, se proporcionará aceite a todas las otras partes conectadas al mismo.

Los lubricantes para cilindros de vapor tienden a adherirse a las superficies metálica formando una película entre metal y metal, contribuyendo así a formar un cierre entre el cilindro y la empaquetadura del pistón, que lubrica y evita el pasaje de vapor.

A medida que el vapor ingresa a la zona fría del cilindro, se condensa, durante la carrera de escape el pistón debe expulsar una considerable cantidad de agua y también vapor. Las bombas y motores a vapor no se proyectan para que puedan mover esta mezcla por sus sistemas normales de escape. Los grifos en la parte inferior de los cilindros se abren antes de la puesta en marcha para que el condensado sea expulsado tan pronto comienza a formarse. Cuando el extremo vapor se calienta, no se produce condensado y los grifos pueden cerrarse.

Si durante la puesta en marcha los grifos de purga no están abiertos, el pistón se encontrará con el agua que se ha acumulado. Como el agua no se puede comprimir, debe buscar su salida por el escape. Si el pistón se desplaza con mucha velocidad puede incidir con tal fuerza contra esta masa de agua aprisionada, produciría un serio golpe de ariete y podría llegar a rajar la cabeza del cilindro.

Otra regla es: durante la puesta en marcha, abrir la válvula de vapor solo lo suficiente como para hacer que el pistón empiece a moverse. Cuando todo esté funcionando normalmente y la bomba esté adecuadamente cebada, podrá abrirse la válvula una cantidad para que la bomba trabaje a la presión y velocidad requerida.

Algunas bombas de las unidades tienen una purga continua de vapor, con los grifos permanentemente abiertos y descargando condensado. Las mantiene a una temperatura cercana a la de funcionamiento y permite una más rápida puesta en marcha. Que las bombas estén a la intemperie o se produzcan temperaturas de congelación, es necesario mantener una alimentación continua de vapor a cilindro, la congelación de éste podría hacer que se rajen sus partes de fundición.

- **Bombas rotatorias o a engranajes:** Estas bombas no se usan tanto como las bombas centrífugas. Son de desplazamiento positivo y a una velocidad dada, mueven una cantidad definida de caudal. Su salida se regula variando la velocidad o circulando parte de la descarga de vuelta a la aspiración. Pueden ser para baja o para alta presión. No pueden trabajar con líquidos que contengan partículas sólidas o duras. Un buen ejemplo, es la bomba de aceite del automóvil. (Fig. 8).

Bombas de movimiento alternativo:

Hay tres clases, que son las pistón, las de émbolo y las de diafragma. La acción de las piezas de transferencia del líquido es la misma puesto que se hace que avance y que retroceda en una cámara un pistón cilíndrico, un émbolo o un diafragma redondo. El dispositivo va equipado con válvulas para la entrada y la descarga del líquido que se bombea y el funcionamiento de dichas válvulas se relacionan de manera definitiva con los movimientos de pistón.

Bomba de pistón: (Hay dos tipos)

Simplex de acción doble: Puede ser de acción directa (conectadas a un cilindro de vapor) o de impulso de potencia (mediante la leva y el volante acoplados a la cruceta de una máquina de vapor). En la figura 9 se muestra una bomba de acción directa, diseñada para utilizarse con carga de hasta 200 pies.

El pistón consiste en los discos A y B, con los anillos de empaque C entre ellos. En el punto D se muestra un eje de bronce para el cilindro de agua.

Las válvulas de succión E1 y E2. las válvulas de descarga son F1 y F2. en la salida de vapor, la válvula piloto L se activa mediante una varilla, impulsada por el pistón M. Esta válvula piloto hace funcionar la válvula principal N, para cerrar o abrir los orificios de entrada P.

De dúplex de acción doble: Difieren de las del tipo simplex porque tienen dos cilindros de agua cuyo funcionamiento se encuentra coordinado. Pueden ser de acción directa, impulsadas por vapor o mediante la potencia de un vapor, con levas y volantes.

En la figura 10 se muestra una bomba de émbolo dúplex de extremo exterior empacados, con válvulas de vaso del tipo utilizado en las prensas hidráulicas. El émbolo A se conecta directamente a la varilla B mientras que el émbolo C funciona impulsado por la varilla mediante el yugo D del tirante.

Bombas de émbolo:

Tienen uno o más émbolo de diámetro constante con movimiento alternativo a través de casquillos de empaque, para desplazar el líquido de los cilindros en los que hay un franqueo radical considerable. Son siempre de acción simple en el sentido de que sólo se usa uno de los extremos del émbolo para bombear el líquido. (Fig.12)

Existen bombas de émbolo de 1, 2, 3, 4, 5 o más cilindros. Se construyen unidades simplex o dúplex en diseño horizontal. El impulsor puede ser una turbina de vapor, un motor eléctrico, de vapor o de gas. Se trata del tipo común de bomba de potencia. En la figura 11 se da un ejemplo, para impulso por banda transportadora y se puede ver el funcionamiento con facilidad.

Se construyen bombas de émbolo con cilindros y émbolos opuestos conectados mediante yugos y tirantes: esta disposición constituye una unidad de acción doble.

Las bombas simplex montadas solas o en grupos con un impulsor común se utilizan comúnmente como bombas de canteo o de medida. Disponen de un mecanismo de ajuste de carrera para modificar el flujo, según se desee esas bombas se diseñan para medir o controlar el flujo del líquido dentro de una desviación de más o menos 2 %, con capacidad de hasta 50 gal/min y presiones de varios miles de lb/pulg².

Bombas de diafragma:

Su construcción es diferente, el miembro impulsor de movimiento alternativo es un diafragma flexible fabricado de metal, caucho o material plástico. La ventaja principal es la eliminación de todos los selladores y empaques expuestos al líquido bombeado. Esta es una ventaja importante en los equipos que deben manejar líquidos tóxicos y peligrosos.

Un tipo común de bombas de diafragma de baja capacidad, emplea un émbolo que funciona en aceite para impulsar un diafragma metálico o plástico. Construidas para presiones de más de 1000 lb/pulg² con velocidades de flujo de hasta 5 gal/min por cilindro, la ventaja adicional de que es posible montar la carga de bombeo de un lugar remoto, incluso sumergido, totalmente separado del impulsor.

En la figura 13 se muestra una bomba de diafragma de alta capacidad (100 gal/min), que funciona gracias a una transmisión mecánica.

Bombas de diafragma de funcionamiento neumático:

Estas bombas no necesitan otra fuente de potencia que la del aire comprimido de la planta. Deben tener una succión sumergida, la presión se limita a la del aire disponible. Debido a su baja velocidad y a sus grandes válvulas son muy apropiadas para el manejo suave del líquido, cuando se desee evitar la degradación de sólidos suspendidos.

Puede ser que con el tiempo la bomba de diafragma presente fallas. Como consecuencia deben evaluarse las maneras realistas antes de escogerse este tipo de bombas y establecerse los procedimientos de mantenimiento. (Fig.14)

Bombas rotatorias:

El desplazamiento del líquido se produce debido a la rotación uno o más miembros dentro una caja estacionaria. Cuando se construye con los materiales apropiados, estas bombas manejan cualquier líquido que no contenga materiales arenosos o abrasivos.

Bombas rotativas de engranajes:

Cuando se utilizan dos o más impulsores en una caja de bomba rotatoria, dichos impulsores tomarán la forma de ruedas dentadas, como de engranajes helicoidales. Esos impulsores giran con un franqueo extremadamente pequeño entre ellos y la superficie del impulsor y la caja. En la figura 15 se puede ver que las dos hélices dentadas giran como lo indican las flechas. La conexión de succión está en la base.

Cuando los espacios entre los dientes del impulsor pasa por la abertura de succión, recogen líquidos entre ellos, lo llevan a la caja hasta la abertura de descarga y lo obligan a salir de ella. Las flechas indican el flujo del líquido.

Existen dos clases generales, de engranajes internos y externos. El tipo de engranaje interno se utiliza para lubricantes, lubricándose con el líquido que bombea. El tipo externo se utiliza para líquidos no lubricantes, lubricándose por medio de aceites (Fig. 29 y 30 respectivamente).

Bombas de gusano:

Estas bombas son una modificación de engranajes helicoidales en la figura 16 se ilustra una versión de 2 rotores en la que el líquido se alimenta al centro o a los extremos, dependiendo de la dirección de rotación y avanza axialmente en las cavidades formadas por los dientes. Las bombas de gusano están bien adaptadas para producir elevaciones de presión de varios centenares de lb/pulg² sobre todo al manejar líquidos viscosos, como en los aceites pesados. Las bombas totalmente metálica están sujetas a las mismas limitaciones de manejo de sólidos abrasivos que las bombas de engranajes convencionales.

Entre los líquidos que maneja se encuentran los aceites minerales, los vegetales, los animales, las grasas, la glucosa.

Algunas unidades de tipo de gusano se diseñan especialmente para el manejo suave de sólidos grandes suspendidos en un líquido.

Bombas de desplazamiento de fluidos:

Además de las bombas de líquidos que dependen de la acción de pistones, émbolos o impulsores para desplazar los materiales, otros dispositivos usan el desplazamiento mediante un fluido secundario. Este grupo incluye los elevadores de aire y los depósitos ovalados para ácidos (Fig. 18). El elevador de aire es un dispositivo para hacer subir líquido mediante aire comprimido.

Funciona mediante la introducción de aire comprimido en el líquido, cerca del fondo del pozo. Puesto que la mezcla de aire y líquido es más ligera que el líquido solo, se eleva en caja del pozo. Las ventajas de este sistema de bombeo radican en que no hay piezas móviles en el pozo. El equipo de bombeo es un compresor de aire que se puede encontrar en la superficie.

En la figura 17 se muestra un bosquejo simplificado de elevador de aire.

Un depósito ovalado para ácidos consiste en un recipiente en forma ovalada que se puede llenar con una carga de líquido que se vaya bombear. Este recipiente lleva una tubería de entrada para la carga, otra de salida para la descarga y otra para la admisión de aire comprimido o gas. La presión del aire o el gas sobre la superficie del líquido obliga a éste último a salir por la tuberías de descarga. Esas bombas se pueden manejar de forma

manual o instalarse para un funcionamiento automático.

Bombas de chorro:

Estas son dispositivos de manejo de líquidos que utilizan la cantidad de movimiento de un fluido para desplazar otro. Existen dos tipos: los eyectores y los inyectores. El eyector, denominado sifón se diseña para la utilización en operaciones en las que la descarga contra la que se realiza el bombeo es baja y menor que la carga del fluido utilizado para bombear. El inyector funciona por medio de vapor y se utiliza para la alimentación de quemadores y otros servicios similares, en donde el fluido que se bombea se descarga a un espacio que se encuentra a la misma presión que el vapor utilizado para hacer funcionar el inyector.

En la figura 19 se muestra un diseño simple de bomba de chorro de tipo eyector. El fluido es bombeado entre por la tobera situada a la izquierda y pasa por la tobera de Venturi del centro, para salir por la abertura de descarga, a la derecha. Al entrar a la tobera de Venturi desarrolla una succión que hace que se capte parte del fluido de la cámara de succión en la corriente y que salga por la descarga.

La eficacia de este tipo de bombas es baja, a pesar de esto se utilizan para transferir líquidos de un depósito a otro, elevar ácidos, álcalis o líquidos que contengan sólidos de naturaleza abrasiva.

Bombas de tubo flexible o peristáltica:

Es muy usada en los hospitales para transfusiones de sangre. Consta de una carcasa y un eje; dos rulemanes en una planchuela y una manguera.

La ventaja de estas bombas es que el líquido no toca la carcasa ni los rodillos, por lo tanto, no se contamina. Tiene un flujo bastante constante. Se utiliza también para osificar cloro por ejemplo, en una planta potabilizadora de agua. La manguera debe ser de goma para evitar problemas de corrosión, formación de cloruros, etc. (Fig. 20)

Bombas de camisa flexible:

Es parecida a la peristáltica, solo que en este caso el fluido si tiene contacto con la carcasa. Constan de una membrana flexible y de un eje excéntrico que comprime el líquido contra dicha membrana y lo hace salir por encima de la bomba. (Fig. 21)

Bombas de lóbulos: Existen dos tipos:

- Lóbulo simple: Consta de dos lóbulos que giran, toman el fluido por un lado, lo comprimen contra la carcasa y lo hacen salir por el otro lado a una presión mayor.

(Fig. 22)

- Lóbulo triple: Esta no aumenta la presión en gran escala. A medida que giran los lóbulos, calzan uno con otro y comprimen el fluido. Pueden asimilar tanto líquido como vapor y seguir trabajando sin problemas. Se utiliza para impulsar líquidos viscosos como pulpa o pasta de frutas. (Fig. 23)

Bombas de aspas deslizantes:

Posee cavidades en el rotor. Dentro de ellas hay aspas que forman pequeñas cámaras donde se aloja el líquido. Las cámaras cambian de volumen; si éste se reduce, el líquido se comprime y sale a una presión mayor.

Las aspas giran a una velocidad considerable. Esta bomba es utilizada en la industria láctea. (Fig. 24)

Bomba de aspas externas:

Posee una sola aspa que gira y se enfrenta a un líquido que choca contra la cámara. El aspa sube y baja y evita que el líquido vuelva hacia atrás, para esto necesita un resorte. Estas son bombas de bajo caudal, de bastante presión y se usan para trabajos pesados. (Fig. 25)

Bomba de aspa flexible:

Las aspas son de goma; forman cámaras en donde entra el líquido. Las cámaras van reduciendo su volumen. Al llegar a las chicas el volumen se comprime y sale al exterior. Las aspas se ubican entre el rotor y la carcasa. Son bombas de poco caudal. Tienen la ventaja de trabajar sin ser muy controladas. (Fig. 26)

Bombas a tornillo: Son las más difundidas en la industria juguera.

- A tornillo simple: La carcasa tiene un rotor y stator (fijo). El stator es de caucho sintético, duro o polímero. Tiene una forma ondulada que sigue la forma del tornillo. Comprime la pasta o líquido y lo lleva a la salida de la bomba. La ventaja de esta bomba es que puede llevar sustancias que sean 70 % sólidas. (Fig. 27)
- A tres tornillos: Tiene un tornillo en el centro conectado al eje. El fluido es arrastrado de arriba hacia abajo. Es una bomba que puede mover fluidos altamente viscosos y no muy abrasivos. (Fig. 28).

COMPRESORES

Compresores de desplazamiento positivo o volumétrico:

Admiten aire en una cámara de volumen determinado, lo comprimen por acción positiva del émbolo y lo expelen a presión más elevada. Se dividen en alternativos y rotativos.

COMPRESORES ALTERNATIVOS:

Constan de una cámara y un émbolo. El émbolo, durante su carrera de admisión absorbe aire a través de una válvula de entrada dispuesta en la pared del cilindro. Luego, al volver durante la carrera de compresión, aumenta la presión del aire de la cámara, con lo que cierra la válvula de entrada, y continua avanzando hasta que, cerca ya del punto muerto, eleva la presión hasta provocar la apertura de una válvula de escape, que deja pasar el aire al sistema de descarga. Entonces se inicia un nuevo ciclo de succión y compresión. Se dividen en compresores de pistón y a membrana.

Compresores de pistón:

La compresión se efectúa por el movimiento alternativo de un pistón accionado por un mecanismo biela-manivela. En la carrera descendente se abre la válvula de admisión automáticamente y el cilindro se llena de aire para luego en la carrera ascendente comprimirlo, saliendo así por la válvula de descarga.

Una simple etapa de compresión no permitirá obtener presiones elevadas; será necesario entonces recurrir a dos o más etapas de compresión, en donde el aire comprimido a baja presión en una primer etapa (3–4 bar) llamada de baja, es vuelto a comprimir en otro cilindro en una segunda etapa llamada de alta, hasta la presión final (14 bar). Es necesario refrigerar el aire entre las etapas para obtener una temperatura de compresión más baja y con rendimiento superior la refrigeración se realiza por aire o por agua. El cilindro de alta es de diámetro más reducido que el de baja, puesto que éste toma el aire ya comprimido por la primera y que por lo tanto ocupará menos volumen.

Los compresores de acción simple existen en tamaños hasta 100 hp. Estas unidades se pueden obtener con 1,

2, 3 o 4 etapas, para presiones de hasta 3500 Lb/pulg². tienen una cruceta a la que se conectan la biela y la varilla del pistón y permite que se utilice un embalaje simple. En la figura 1 se muestra una máquina sencilla, de etapa simple, con un pistón de acción doble. Se pueden utilizar pistones de acción simple (Figura 2) o doble (Figura 3), dependiendo del tamaño de la máquina y el número de etapas.

En las máquinas de etapas múltiples, hay enfriadores intermedios entre las etapas, que eliminan el calor de la compresión de gas y reducen su temperatura a la que existe en la entrada del compresor.

Los compresores son cilindros horizontales como en los que aparecen en las figuras del 1 al 4 son los que más se utilizan, por su capacidad de acceso. Se construyen también máquinas con cilindros verticales y otras disposiciones, tales como las de ángulo recto y en ángulo en v.

Los compresores de hasta 100 hp tienen un cigüeñal simple de impulso central (Figura 1). En tamaños superiores, las máquinas suelen ser de construcción en dúplex, con bielas a cada extremo del eje (Figura 5). Algunas unidades, sincrónicas e impulsadas por motor son de construcción en 4 esquinas, o sea, con una construcción dúplex doble que tiene 2 bielas a partir de cada uno de los dos cigüeñales (Fig. 6).

Donde se requiera aire sin vestigios de aceite puede recurrirse al compresor de compresor seco (Figura 7) en donde los aros son de material antifricción de tipo teflón o de grafito.

Compresores a membrana:

Son de construcción sencilla y consisten en una membrana accionada por una biela montada sobre un eje motor excéntrico; de este modo se obtendrá un movimiento de vaivén de la membrana con la consiguiente variación del volumen de la cámara de compresión en donde se encuentra alojadas las válvulas de admisión y descarga accionada directamente por la acción del aire.

Permite la producción de aire comprimido exento de aceite puesto que el mismo no entra en contacto con el mecanismo de accionamiento: el aire comprimido presenta gran pureza. Se utilizan en medicina y en ciertos procesos químicos: no se utilizan en general para uso industrial (Fig. 8).

Existen compresores de diafragma metálicos (Fig. 9), que tienen la ventaja de no utilizar sellos para el gas procesado. El diafragma se impulsa hidráulicamente mediante una bomba de émbolos.

COMPRESORES ROTATIVOS:

Los compresores de tornillos, Roots y de paletas son algunos modelos de compresores alternativos, que constan de una carcasa en cuyo interior uno o varios impulsores giratorios de diversos tipos liberan aire, lo comprimen y lo desplazan hacia el sistema de descarga. Diseñados para trabajar a baja presión, rara vez exceden de los 700 gr/cm².

Compresores a tornillo o helicoidales

La compresión es efectuada por dos rotores helicoidales (macho y hembra), que son dos tornillos engranados entre sí y contenidos en una carcasa. El macho es de 4 entradas y cumple la misma función que el pistón en el compresor alternativo; la hembra es de 6 entradas y cumple igual función que el cilindro. En su rotación, los lóbulos del macho se introducen en los huecos de la hembra desplazando el aire axialmente, disminuyendo su volumen y, por consiguiente, aumentando la presión. Los lóbulos se llenan de aire por un lado, descargan por el otro en sentido axial y despuntan diagonalmente. (Fig.12)

Como los rotores no están en contacto, el desgaste y la lubricación resultan mínimos. El campo de aplicación de éstos va desde 600 a 40000 m³/h y se logran presiones de hasta 25 bar. El compresor del tipo de gusano,

que se muestra en la figura 13, puede manejar capacidades de hasta 25000 pies³/min. a razones presión de 4 a 1 y superiores.

Compresores Roots:

Están formados por 2 engranajes alveolares, y solo transportan del lado de aspiración al de compresión el volumen de aire aspirado, sin comprimirlo en ese recorrido. No hay reducción de volumen y, por lo tanto, aumento de presión. Resultan apropiados cuando se requiere aire comprimido a bajas presiones, completamente libre de rastros de lubricante. (Fig. 14)

Compresores a paleta:

Constan de una carcasa cilíndrica en cuyo interior va un motor montado excéntricamente de modo de rozas casi por un lado la pared de la carcasa formando así una cámara de trabajo en forma de medialuna. Esta cámara queda dividida en secciones a través de paletas deslizantes alojadas en ranuras radiales del rotor. Al girar éste último, el volumen de las secciones varía desde un máximo aun mínimo, produciéndose a aspiración, compresión y expulsión del aire sin necesidad de válvula alguna. Este tipo de compresor es muy adecuado para los casos en que no es problema la presencia de vestigios de aceites en el aire comprimido. De requerir aire exento de aceite, las paletas deben ser hechas de materiales autolubricantes, tipo teflón o de carbono artificial. (Fig. 10)

Un ejemplo es el tipo de aletas deslizantes (Fig. 11) estas unidades se ofrecen para presiones de funcionamiento de hasta 125 lb/pulg² y capacidades de hasta 2000 pies³/min.

Compresores de desplazamiento variable o dinámicos:

Turbocompresores (ventiladores)

Se utilizan para bajas presiones. Funcionan bajo el principio de la dinámica de los fluidos, en donde el aumento de presión no se obtiene a través del desplazamiento y reducción del volumen, sino por efectos dinámicos del aire. Se clasifican como de tipo radial o centrífugos y de flujo axial.

TURBOCOMPRESORES RADIALES:

Funcionan de forma similar a las bombas centrífugas. Utilizan un volante impulsor que gira en el interior de una cámara. El impulsor aspira aire por su centro y lo centrifuga a gran velocidad contra la cámara: el aire pierde velocidad y transforma en presión su energía cinética. Se utilizan para el manejo de grandes volúmenes de gases y para una gran variedad de servicios, incluyendo enfriamiento y desecación; suministro de aire de combustión a hornos y calderas; sopladores de altos hornos, cúpulas y convertidores; trasportes de materiales sólidos; como eliminadores y para comprimir gases o vapor. Estos compresores se construyen de tres tipo generales:

De paletas rectas: (Fig. 15)

Tienen rotores de diámetro relativamente grandes con unas cuantas paletas radiales (5 a 12) que se parecen a ruedas de paletas y funcionan a velocidades relativamente bajas. Se utilizan en trabajos de eliminación, sobre todo cuando los desechos van en la corriente de aire.

De hojas curvas hacia delante: (Fig. 16)

Por lo común son del tipo Sirocco de aletas múltiples (20 a 64). Los rotores son de diámetro pequeño y funcionan a velocidades más altas que las unidades de paletas rectas.

De hojas curvas hacia atrás: (Fig.17)

Son del tipo de aletas múltiples; estos turbocompresores son sumamente útiles.

TURBO COMPRESORES AXIALES:

Consiste en una cámara provista de un eje giratorio sobre el que va montado una serie de hileras de pequeños álabes. El aire, aspirado por el extremo abierto de la cámara, es comprimido en etapas por cada hilera de álabes a medida que avanza por el interior de la carcasa hacia el extremo de descarga. El tamaño de la cámara y la longitud de las paletas, al disminuir hacia el extremos de salida, permiten la compresión del aire. El compresor axial se desarrolló para utilizarse con turbinas de gas y posee diversas ventajas para servicios en motores de reacción de la aviación. La alta eficiencia y la capacidad más elevada son las únicas ventajas que tienen los compresores de flujo axial sobre los radiales, para las instalaciones estacionarias. Las desventajas incluyen una gama operacional limitada, mayor vulnerabilidad a la corrosión y la erosión, y propensión a las deposiciones.

En la figura 18 se muestra una figura típica de flujo axial. El elemento giratorio consiste en un tambor al que van fijadas varias hileras de hojas de altura decreciente, con secciones de corte transversal en forma aerodinámica. Entre cada hilera hay una fila estacionaria que reencauza el flujo y logra cierta cantidad de conversión de velocidad de carga a presión. Los compresores de flujo axial son de dos tipos generales: de disco y de propela.

De disco:

Estos tienen paletas rectas o curvas, similares a las de un ventilador doméstico ordinario. Se utilizan para la circulación general o para trabajos de eliminación sin ductos.

De propela: (Fig. 19)

Estos tienen aletas similares al del diseño aeronáutico, y pueden ser de dos etapas.

Eyectores:

Un eyector es un tipo simplificado de compresor que no tiene pistones, válvulas, rotores ni otras piezas móviles. En la figura 20 se ilustra un eyector de chorro de vapor. Consiste en una tobera de vapor que descarga un chorro a alta velocidad a través de una cámara de succión conectada al equipo que se debe evacuar. El vapor recoge al gas y lo lleva a un difusor en forma de Venturi con convierte la energía de velocidad del vapor en energía de presión. En la figura 21 se muestra un eyector de tamaño grande, que se denomina a veces eyector reforzador, con toberas múltiples.

Se pueden conectar en serie o por etapas dos o más eyectores, o en paralelo para manejar mayores cantidades de gas o vapor.

MÉTODO DE REGULACIÓN DE COMPRESORES:

Sistema de marcha y parada:

El compresor se detiene cuando en el depósito se alcanza la presión máxima; en ese instante el consumo es satisfecho por la acumulación del depósito hasta que en el mismo la presión alcanzada sea el vapor mínimo admisible de regulación (presión de arranque), momento en que vuelve a arrancar. La señal de arranque y parada se obtiene a través de un presostato regulador entre las presiones máximas y mínimas que envía una señal eléctrica al contacto del motor y ordena su marcha o parada.

Estudio del tiempo de marcha y parada de un compresor:

VD= volumen del depósito (m³)

P2 =presión de parada (barias) $VND=Vd(P2+1)$

P1 = presión de arranque (barias) $VNA =Vd(P1 + 1)$

Ap = P2 – P1 salto de presión admisible. $Vc =[VD(P2+1)]-[VD(P1+1)]$

Qn = consumo de aire libre promedio. $Vc=VD[P2+1-P1-1]=VD(P2-P1)=VD.Ap$

Qc = capacidad de aire por minuto. $\frac{N.m^3}{Tp}=\frac{Vc}{VD.Ap}=\frac{m^3.Bar}{min}$

Min Qn Qn (N.m³):min

VND = volumen normal de aire cuando está parado. $Tp= \frac{VD.Ap}{Qn} C= Qn:Qc$

VNA = volumen normal de aire cuando arranca. $Qn C$

VC = volumen consumido (VND – VNA) $Tm= \frac{Ap.VD}{Qc} . \frac{1}{C} To=Tp+Tm$

Tm = tiempo de marcha. $Qc 1-C$

TP = tiempo de parada. $To=(\frac{Ap.VD}{Qc}) + (\frac{Ap.VD}{Qc})$

TO = tiempo total (Tm + Tp) $Qn Qc-Qn$

Sistema de marcha en vacío:

El compresor con este sistema está en marcha continuamente, pero alterna períodos en que comprime con períodos en que el aire es aspirado y expulsado. Esto se consigue abriendo las válvulas de admisión.

El aire aspirado al hallar la válvula abierta es descargado en la atmósfera. La apertura de las válvulas se obtiene a través de un mecanismo accionado por un pequeño pistón o membrana ubicados en la cabeza de cilindros que recibe una señal neumática a través de una electroválvula actuado por un presostato en función de la presión del depósito. La frecuencia del cambio carga-vacío puede ser elevada sin causar daños al compresor ni al motor eléctrico.

RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO DE UN COMPRESOR:

Es el cociente entre el volumen de aire realmente aspirado por el compresor y el volumen de cilindrada (generado por la carrera del pistón). El rendimiento no es del 100 % debido a que el aire que entra en el cilindro se calienta y aumenta su volumen, porque la presión de aspiración debe ser inferior a la atmosférica para permitir al aire entrar en el cilindro, que el cierre de las válvulas no es instantáneo permitiendo fugas de aire, que pueden verificarse fugas a través de los aros de pistón y válvulas aún cerradas, la presencia de un espacio nocivo al final de la carrera de compresión.

El aire comprimido en este espacio nocivo se expande dentro del cilindro en la carrera de aspiración, disminuyendo el volumen de aire realmente aspirado.

Cálculo: $v = 1 - m.(P2 - 1)$

ACONDICIONAMIENTO DE AIRE COMPRIMIDO DELANTE DE LA UNIDAD CONSUMIDORA:

Filtro de aire:

Tiene la función de segregar las impurezas y el condensado restante que pasa a través de él. En un filtro normal (filtro fino), el aire pasa por unas rendijas al entrar en la capa del filtro. Se aumenta la velocidad del aire y éste se enfría adicionalmente. El efecto centrífugo y el enfriamiento hacen que se separe el condensado en calidad de niebla. El condensado se deposita en la parte inferior de la copa y será evacuado a más tardar cuando alcance el valor máximo. En caso contrario, el aire que pasa arrastraría el condensado y éste llegaría los elementos consumidores. Para evitarlo, se puede montar un sistema de elevación automático, que regula el nivel de condensado mediante una válvula de aguja y flotador. Las partículas sólidas contenidas en el aire que no fueron evacuadas con el condensado y que son más grandes que los poros del filtro, son retenidas e el mismo. Con el tiempo, el filtro se ensucia, por lo que hay que limpiarlo o sustituirlo. (Fig. 22)

Válvula reguladora de presión:

Tiene la función de mantener la presión de trabajo (secundaria) a un nivel constante, independientemente de las oscilaciones que la presión de la red (primaria). La válvula consta de una membrana para regular la presión secundaria en función del ajuste de la válvula. La presión secundaria actúa sobre un lado de la membrana, y del otro lado actúa un muelle cuya fuerza se regula por un tornillo. Al girar el tornillo cambia la fuerza del muelle y la presión secundaria, ya que la membrana tiene que estar en equilibrio de fuerzas: se bloquea el paso de la válvula.

El muelle vuelve a abrir el paso por acción del movimiento de la membrana en función de la cantidad de aire que fluye y en función de la disminución de la presión secundaria. Así puede entrar más aire. La regulación de la presión secundaria implica un constante abrir y cerrar del asiento de la válvula. Para evitar una oscilación descontrolada, la válvula tiene un elemento amortiguador. Hay varios diseños de válvulas. Con y sin evacuación de aire. Si se desea disminuir la presión secundaria ajustando el tornillo, tiene que haber un consumo de presión secundaria (si es una válvula que no tenga sistema de evacuación), sino habría reducción de la presión deseada. Si se trata de una válvula con sistema de evacuación, es posible reducir la presión mediante un escape de aire, y no es necesario un consumo de la presión secundaria. (Fig. 23)

Lubricador:

Suministra aceite lubricante a los elementos neumáticos que lo necesiten. La unidad de lubricación se encarga de una difusión muy fina de aceite en el aire, por lo que la niebla de aceite llega hasta el elemento consumidor, transportada por el aire a presión. Esta niebla tiene que ser fina como para que el aceite no se precipite en el primer estrechamiento. El aire a presión que pasa a través del lubricador genera una diferencia de presión por la variación de los grosores de los conductos. El aceite es aspirado del depósito y al entrar en contacto con el aire a presión se reduce la difusión. La unidad de lubricación solo empieza a funcionar a partir del momento en que el flujo de aire es suficientemente fuerte. Si el consumo es pequeño, la velocidad del flujo no alcanza para aspirar aceite.

El aire comprimido saturado de humedad entra al secador frigorífico, atraviesa el intercambiador 9 preenfriándose en contra corriente con el flujo de aire frío que está a 2°C que viene del intercambiador 10; a continuación ingresa a éste último donde su temperatura baja a 2°C pues cede su calor al sistema frigorífico. Mientras el aire se va enfriando, el vapor de agua que tiene se condensa y como el líquido es el separador del aire en 11 y expulsado al exterior por el drenador automático 12. Después del separador 11 el aire comprimido frío y deshumidificado ingresa nuevamente al intercambiador 10 donde recupera calor disminuyendo su humedad relativa. Esta ganancia de calor se logra extrayéndola del aire que ingresa al secador, por lo que éste

se preenfria sin gasto, disminuyendo en alto grado la potencia energética en el compresor frigorífico. Saliendo del intercambiador 9 el aire comprimido ya es seco y puede ser enviado al consumo. (Fig. 24)

Aplicaciones de los compresores:

Suministran aire comprimido tanto a las herramientas neumáticas de las obras, fábricas y canteras como a aerógrafos y pulverizadores de los pintores y artistas; proporcionan aire comprimido en las operaciones del buceo y construcción de túneles en los trabajos subacuáticos, cooperan a la licuefacción del aire y, por tanto, a la obtención de oxígeno y nitrógeno líquidos y envían aire a los altos hornos y otros hornos metalúrgicos.

Los sistemas de refrigeración emplean estas máquinas para comprimir el elemento refrigerante.