

Bombas Centrifugas

1.- LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

¿Qué son las bombas centrífugas?

Las bombas centrífugas son las más usadas en las industrias. Se utilizan para desplazar líquidos a través de un sistema de tuberías, accionadas principalmente por motores eléctricos y de combustión interna.

Estas bombas crean un flujo utilizando la energía cinética de un rodete giratorio para generar el movimiento del fluido.

La eficacia de una bomba centrífuga depende del rendimiento de este rodete.

Clasificación de las bombas centrífugas

Debido a la gran variedad de las bombas centrífugas, estas pueden clasificarse como:

- Bomba centrífuga voluta: El impulsor descarga en una caja espiral que se expande progresivamente, proporcionada en tal forma que la velocidad del líquido se reduce en forma gradual. Por este medio, parte de la energía de velocidad del líquido se convierte en presión estática.
- Bomba centrífuga difusor: Los álabes (rueda perfilada) direccionales estacionarios rodean al rotor o impulsor en una bomba del tipo de difusor. Estos pasajes con expansión gradual cambian la dirección del flujo del líquido y convierten la energía de velocidad a columna de presión.
- Bomba centrífuga turbina: En este tipo de bomba se producen remolinos en el líquido por medio de los álabes a velocidades muy altas dentro del canal anular en el que gira el impulsor.

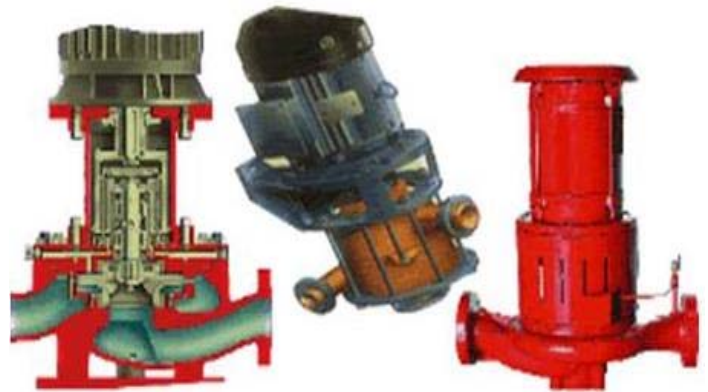
Las bombas centrífugas horizontales

Las bombas centrífugas con el eje de giro horizontal tienen el motor a la misma altura. Éste tipo de bombas se utiliza para el funcionamiento en seco. El líquido llega siempre a la bomba por medio de una tubería de aspiración.



Las bombas centrífugas verticales

Las bombas centrífugas con el eje de giro en posición vertical tienen el motor a un nivel superior al de la bomba y trabajan siempre rodeadas por el líquido a bombear.



Existen otras clasificaciones de las bombas centrífugas, basadas en los tipos de flujo

- Bomba centrífuga de flujo radial: En el caso de flujos bajos y altas presiones, la acción del rotor de la bomba centrífuga es en gran medida radial.
- Bomba centrífuga de flujo axial: Las bombas de flujo axial desarrollan su columna por la acción de impulso o elevación de las paletas sobre el líquido.
- Bomba centrífuga de flujo mixto: Las bombas de flujo mixto desarrollan su columna parcialmente por fuerza centrífuga y parcialmente por el impulsor de los álabes sobre el líquido. El

diámetro de descarga en los impulsores es mayor que el de entrada.

Principales características de la bomba centrífuga

En la gran variedad de las bombas centrífuga encontramos las siguientes características:

- Elemento giratorio: Formados por un eje y uno o varios rodetes.
- Elemento estacionario (carcasa).
- Elementos de cierre.
- Aumenta la energía del fluido por la acción de la fuerza centrífuga.
- Se adapta a trabajos a velocidades altas.
- El líquido sale perpendicular al eje de rotación del álabe o rodete.
- En bombas de alta presión pueden emplearse varios rotores en serie.
- En las bombas de baja presión, el difusor es un canal en espiral.
- En el caso de flujos bajos y altas presiones, la acción del rotor es en gran medida radial.
- En flujos más elevados y presiones de salida menores, la dirección de flujo en el interior de la bomba es más paralela al eje del rotor.
- Flujo mixto es cuando la transición de un tipo de condiciones a otro es gradual, y cuando las condiciones son intermedias.
- Las bombas centrífugas, al contrario que las de desplazamiento positivo, no son auto aspirantes y requieren de cebado previo al funcionamiento.



2.- USOS Y APLICACIONES DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

Son equipos para bombear fluidos corrosivos y no corrosivos a una eficiencia hidráulica máxima.

Ventajas principales de las bombas centrífugas

Son más económicas que las bombas de émbolo equivalente. Las bombas centrífugas son muy versátiles en sus capacidades y presiones.

Algunas de sus ventajas son:

- Caudal constante.
- Presión uniforme.
- Sencillez de construcción.
- Tamaño reducido.
- Bajo mantenimiento.
- Flexibilidad de regulación.
- Vida útil prolongada.
- No tienen movimientos alternativos.

Campos de aplicaciones de las bombas centrífugas

Las bombas centrífugas son las bombas que más se aplican en diversas industrias, en las que destacan:

Industria alimenticia: Saborizantes, aceites, grasas, pasta de tomate, cremas, vegetales trozados, mermeladas, mayonesa, chocolate, levadura, etc.

Industria de cosméticos: Cremas y lociones, tintes y alcoholes, aceites, etc.

Industria farmacéutica: Pastas, jarabes, extractos, emulsiones. Bebidas: leche, cerveza, aguardientes, concentrados de fruta, jugos, etc.

Otros químicos: Solventes, combustibles y lubricantes, jabones, detergentes, pinturas, gases licuados, etc.

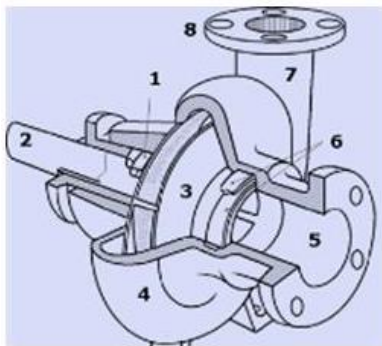
Principio del funcionamiento de las bombas centrífugas

Las bombas centrífugas mueven un cierto volumen de líquido entre dos niveles y transforman un trabajo mecánico en otro de tipo hidráulico.

La energía se comunica al líquido por medio de álabes en movimiento de rotación, a diferencia de las bombas de desplazamiento volumétrico o positivo, de las rotativas (de engranajes, tornillos, lóbulos, levas, etc.) y alternativas de pistón, de vapor de acción directa o mecánicas.

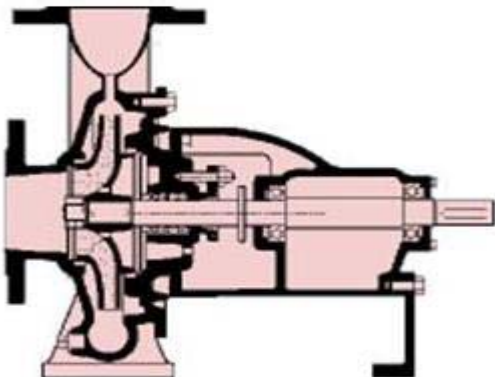
Los elementos que forman una instalación con una bomba centrífuga

- Una tubería de aspiración, que termina en la brida de aspiración.
- Dentro de una cámara hermética dotada de entrada y salida gira una rueda (rodete), el verdadero corazón de la bomba. El rodete es el elemento rodante de la bomba que convierte la energía del motor en energía cinética. El líquido penetra axialmente por la tubería de aspiración hasta la entrada del rodete y este (alimentado por el motor) proyecta el fluido a la zona externa del cuerpo-bomba debido a la fuerza centrífuga producida por la velocidad del rodete. El líquido, de esta manera, almacena una energía (potencial) que se transformará en caudal y altura de elevación (o energía cinética).



1. Empaque.
2. Flecha.
3. Rodete.
4. Voluta.
5. Entrada.
6. Anillo de desgaste.
7. Difusor.
8. Salida.

- La voluta es una parte fija que está dispuesta en forma de caracol alrededor del rodete a su salida.
- Una tubería de descarga conectada con la bomba, el líquido se encañalará fácilmente, llegando fuera de la bomba.



3.- PRINCIPALES TIPOS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

En la gran variedad de las bombas centrífugas encontramos los siguientes principales tipos:

- Radiales, axiales y diagonales.
- De impulsor abierto, semiabierto y cerrado.
- Horizontales y verticales.

Bombas centrífugas radiales, axiales y diagonales

El tipo de una bomba que atiende al diseño hidráulico del rodete impulsor, viene caracterizado por su velocidad específica, calculada en el punto de funcionamiento de diseño, es decir, en el punto de máximo rendimiento de la curva característica.

Bombas centrífugas radiales

La corriente líquida se verifica en planos radiales. La energía se cede al líquido esencialmente mediante la acción de la fuerza centrífuga.

Bombas centrífugas axiales

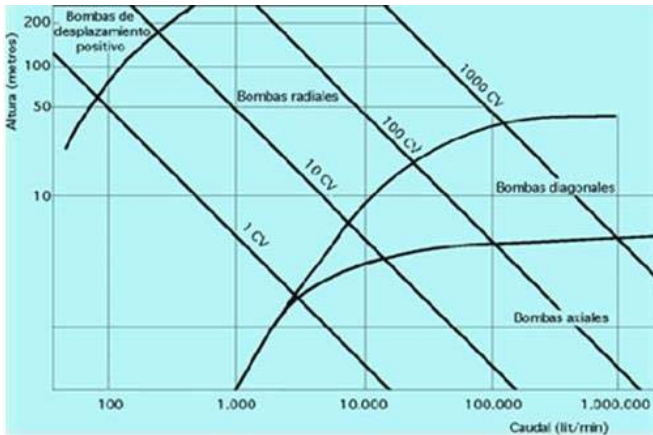
La corriente líquida se verifica en superficies cilíndricas alrededor del eje de rotación. La energía se cede al líquido por la impulsión ejercida por los álabes sobre el mismo.

Bombas centrífugas diagonales

La corriente líquida se verifica radial y axialmente, denominándose también de flujo mixto. La energía se cede al líquido mediante la acción de la fuerza centrífuga y la impulsión ejercida por los álabes sobre el mismo.

Campos de aplicación de los tres tipos de bombas centrífugas

El diagrama muestra una relación entre el caudal en litros/minuto y la altura hidráulica. Subiendo en vertical se encuentran el tipo de bomba y potencia necesaria para una altura hidráulica determinada.



Selección de bombas centrífugas

Para una aplicación específica hay siempre varios tipos de bombas entre los que elegir. Se debe seleccionar una bomba con un muy buen rendimiento para las condiciones operativas dadas.



Los parámetros para la selección de bombas centrífugas a investigar incluyen

- Velocidad específica N_s .
- Diámetro del impulsor.
- Velocidad de operación.
- Usar bombas multi-etapa.
- Colocar bombas en serie.
- Limitar el flujo en el sistema para ahorrar energía.

Objetivo: El objetivo es optimizar los recursos tecnológicos, minimizando el consumo de energía.

Punto de operación: Cambiando la curva de características de la bomba se puede manipular el punto de operación. Esto se logra con la reducción del diámetro del impulsor y colocarlo en la carcasa original, modificando el diámetro de la tubería o estrangular el flujo dentro de la misma.

La curva de la bomba puede modificarse también cambiando la velocidad de trabajo de la misma.

Niveles de operación variables: Una situación compleja se presenta cuando los niveles de los depósitos no son constantes. Con estas

condiciones de trabajo no es posible lograr un alto rendimiento del sistema y se puede utilizar un motor de velocidad variable.

4.- LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS HORIZONTALES Y VERTICALES

El eje de rotación puede ser horizontal o vertical, (rara vez inclinado). De esta disposición se derivan diferentes diseños en la construcción de la bomba.

Bombas centrífugas horizontales

El eje de la bomba y del motor están a la misma altura. La bomba no debe trabajar en seco, ya que necesita el líquido bombeado como lubricante entre anillos rozantes y rodete, y entre empaquetadura y eje.



Antes de su puesta en marcha deben quedar cebadas por no ser auto-transpirantes. Este proceso puede ser bastante complejo si la bomba no trabaja en carga y colocada por encima del nivel del líquido. Este caso se presenta muy frecuente con bombas centrífugas horizontales, se debe colocar una válvula en la parte de la aspiración de la bomba algún sistema de cebado.

Ventajas de las bombas centrífugas horizontales

En la gran variedad de las bombas centrífugas horizontales encontramos las siguientes ventajas.

- Son de construcción más barata que las verticales.
- Su mantenimiento y conservación es mucho más sencillo y económico.
- El desmontaje de la bomba se puede hacer sin necesidad de mover el motor.
- No hay que tocar las conexiones de aspiración e impulsión.
- Fácil de instalar.

Bombas centrífugas verticales

En este tipo de bomba tiene un eje vertical y el motor generalmente está encima de la bomba. Esto permite que la bomba trabaje siempre rodeada por el líquido a bombear. Estas bombas no deben quedar cebadas antes de la puesta en marcha.



Bombas centrífugas verticales no sumergidas

En las bombas verticales no sumergidas, el motor generalmente está directamente encima de la bomba. También puede estar muy por encima de la bomba para protegerlo de una posible inundación o para hacerlo más accesible.

El eje de la bomba puede ser rígido o flexible por medio de juntas universales. Esto soluciona el problema del alineamiento.

Se puede usar las mismas bombas horizontales, solamente hay que modificar los cojinetes.

La ventaja de las bombas verticales es que necesitan muy poco espacio horizontal, son ideales para trabajar en barcos, pozos, etc. Se debe prever suficiente espacio vertical para su montaje y desmontaje.

Para bombas de gran capacidad, la construcción vertical generalmente es menos cara que la horizontal.

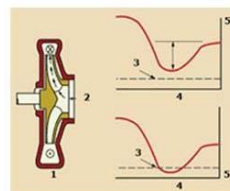
Las bombas centrífugas verticales no sumergidas tienen su campo en:

- Aplicaciones marinas.
- Aguas sucias.
- Drenajes.
- Irrigación.
- Circulación de condensadores, etc.

5.- LA CAVITACIÓN EN LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

¿Qué es la cavitación en las bombas centrífugas?

Cuando el líquido a bombear se mueve en una parte donde la presión es menor que su presión de vapor, vaporiza en forma de burbujas. Estas son arrastradas junto con el líquido hasta una parte donde se alcanza una presión más elevada y desaparecen. Este fenómeno se conoce como cavitación.

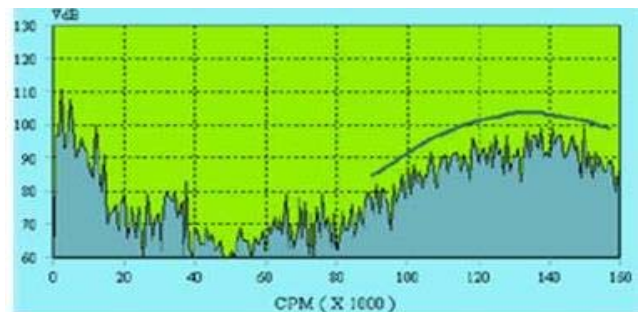


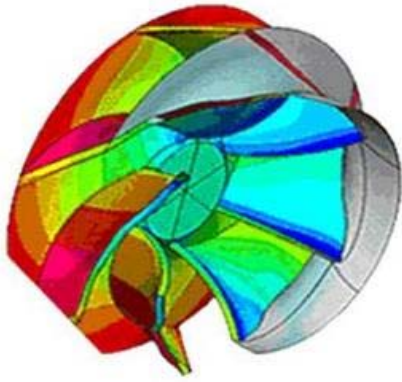
1. Salida de la bomba.
2. Entrada de la bomba.
3. Presión de vapor.
4. Diferencial de presión entre la entrada y la salida.
5. Presión.

El factor de vibración en la cavitación de las bombas centrífugas

Bombas centrífugas siempre tienen un componente de vibración importante en la frecuencia de paso de álabes, que es igual al número de álabes de la impulsora por las RPM.

La impulsora de la bomba produce un impulso de presión en el fluido bombeado, cuando cada álabe pasa el punto de salida. Este excita la frecuencia de vibración del paso de álabes en la tubería, por lo tanto se transmite a través de la máquina.





En esta imagen (generada por un simulador) se puede observar la generación de la presión sobre el impulsor. El líquido entra por el centro (color azul). Los álabes generan la fuerza centrífuga (marcado en rojo) necesaria para bombear el producto. El área rojo es la parte crítica donde puede presentarse cavitación.

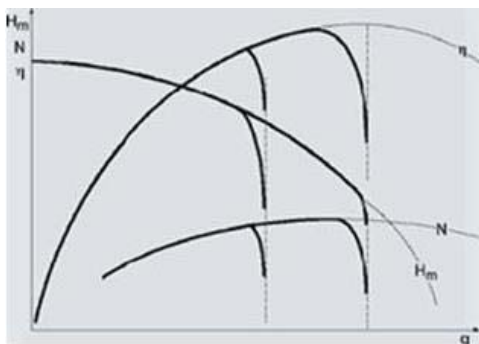
El factor de presión en la cavitación de las bombas centrífugas

Las bombas centrífugas operan con normalidad si la presión absoluta a la entrada del rodete no está por debajo de un determinado valor.

Si a la entrada del rodete la presión es inferior a la presión parcial del vapor, se forman las burbujas de vapor. Estas disminuyen el espacio utilizable para el paso del líquido.

Un funcionamiento prolongado con estas condiciones daña a la bomba. La intensidad del golpeteo a medida que disminuye la presión absoluta a la entrada del rodete, se aprecia claramente en las curvas características de la bomba de la siguiente figura.

Disminución brusca de las curvas características por el efecto de la cavitación en bombas centrífugas



H_m : Altura de bombeo en metros

N : Potencia

η : Rendimiento de la instalación de bombeo

q : Caudal

Uno de los efectos más negativos de la cavitación es la pérdida de rendimiento en el sistema de bombeo. Como resultado cae la curva característica de una bomba en la que aparece cavitación bruscamente.

En la circunferencia externa del rodete se puede observar cómo se genera la cavitación.



Etapas de la cavitación en bombas centrífugas

- Formación de Burbujas dentro del Líquido.
- Crecimiento de las Burbujas
- Colapso de las Burbujas
- Cavitación

6.- CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E HIDRÁULICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

Altura hidráulica desarrollada por una bomba centrífuga

La altura (h) desarrollada por una bomba se determina midiendo la presión en la aspiración y en la salida de la bomba, calculando las velocidades mediante la división del caudal de salida entre las respectivas áreas de las secciones transversales y teniendo en cuenta la diferencia de altura entre la aspiración y la descarga. La altura neta h suministrada por la bomba al fluido es donde los subíndices refieren a la descarga y aspiración de la bomba. Si las tuberías de descarga y aspiración son del mismo tamaño, las componentes de la altura correspondiente a la velocidad se cancelan,

sin embargo en general la tubería de entrada es mayor que la de salida.

La normativa de ensayo indica que la altura desarrollada por una bomba es la diferencia entre la carga en la entrada y en la salida. Sin embargo, las condiciones del flujo en la brida de salida son normalmente demasiado irregulares para tomar medidas de presión precisas, y es más seguro medir la presión alejándose de la bomba diez o más veces el diámetro del tubo y añadir una estimación de la pérdida por fricción para esa longitud del tubo. En la entrada algunas veces existe prerrotación en la zona del tubo cercana a la bomba y esto puede hacer que las lecturas de presión obtenidas con un instrumento de medida sean diferentes a la presión media real en dicha sección.

Rendimiento hidráulico de las bombas centrífugas

Cuando un líquido fluye a través de una bomba, sólo parte de la energía comunicada por el eje del impulsor es transferida por el fluido. Existe fricción en los cojinetes y juntas, no todo el líquido que atraviesa la bomba recibe de forma efectiva la acción del impulsor, y existe una pérdida de energía importante debido a la fricción del fluido. Ésta pérdida tiene varias componentes, incluyendo las pérdidas por choque a la entrada del impulsor, la fricción por el paso del fluido a través del espacio existente entre las palas o álabes y las pérdidas de altura al salir el fluido del impulsor. El rendimiento de una bomba es bastante sensible a las condiciones bajo las cuales esté operando.

Características del funcionamiento de las bombas centrífugas a velocidad constante

El rendimiento de una bomba varía considerablemente dependiendo de las condiciones bajo las cuales esté operando. Por tanto, cuando se selecciona una bomba para una situación dada, es importante que la persona encargada de realizar dicha selección tenga información relativa al funcionamiento de las distintas bombas entre las que vaya a realizarse la elección. El fabricante de bombas suele tener información de este tipo, basada en ensayos de laboratorio, sobre su catálogo de bombas estándar. Sin embargo, algunas veces las bombas de gran capacidad se fabrican a medida. A menudo se fabrica y se ensaya un modelo de tal bomba antes de realizar el diseño final del prototipo de la bomba. Aun cuando

algunas bombas centrífugas son accionadas por motores de velocidad variable, la forma más frecuente de operación de las bombas es a velocidad constante.

La forma de los impulsores y de los álabes y su relación con la envolvente de la bomba dan lugar a variaciones en la intensidad de las pérdidas por choque, la fricción del fluido y la turbulencia. Dichos parámetros varían con la altura y el caudal, siendo responsables de las grandes modificaciones en las características de las bombas. La altura en vacío es la que desarrolla la bomba cuando no hay flujo. En el caso de las bombas centrífugas de flujo mixto, la altura en vacío es alrededor de un 10 por 100 mayor que la altura normal, que es la que corresponde al punto de máximo rendimiento, mientras que en el caso de las bombas de flujo axial la altura en vacío puede ser hasta tres veces la altura normal.

La elección de una bomba para condiciones determinadas dependerá de la velocidad de giro del motor que la acciona. Si la curva característica de una bomba para una velocidad de giro dada es conocida, la relación entre la altura y el caudal para velocidades de giro distintas puede deducirse a partir de ecuaciones.

El efecto de la viscosidad en bombas centrífugas

Las bombas centrífugas también se utilizan para bombear líquidos con viscosidades diferentes a las del agua. Al aumentar la viscosidad, la curva altura caudal se hace más vertical y que la potencia requerida aumenta. La línea discontinua indica los puntos de máximo rendimiento para cada curva. Se observa que tanto la altura como el caudal disminuyen en el punto de máximo rendimiento.

Dos de las principales pérdidas en una bomba centrífuga son por fricción con el fluido y fricción con el disco. Estas pérdidas varían con la viscosidad del líquido de manera que la carga – capacidad de salida, así como de la toma mecánica difiere de los valores que se obtienen cuando se maneja agua.

Es necesario, sin embargo, conocer las tres unidades diferentes que pueden encontrarse para describir la viscosidad de un líquido especial:

- Segundos Saybolt Universal, o SSU.
- Centistokes – que define la viscosidad cinemática.
- Centipoises – que definen la viscosidad absoluta.

Se han hecho muchas pruebas experimentales para determinar el efecto de la viscosidad del líquido en

el funcionamiento de diversas bombas centrífugas. Aun con datos muy extensos sobre el efecto de la viscosidad.

Es difícil predecir con precisión el funcionamiento de una bomba cuando maneje un fluido viscoso de su comportamiento cuando emplea agua fría.

Cuando se aplican bombas ordinarias de agua fría para usarse en el bombeo de líquidos viscosos, se debe tener cuidado para asegurarse de que el diseño de la flecha es lo bastante fuerte para la potencia necesaria, que puede ser un considerable esfuerzo en los caballos de fuerza al freno para agua fría, aunque pueda ser el peso específico del líquido menor que el del agua.

Bibliografía:

QuimiNet.com Información y Negocios

J. GARY RUIZ GUZMÁN

LOGISTICA S.A.

