

CÁTEDRA: CENTRALES HIDRÁULICAS

**ALTURA DE ASPIRACIÓN EN BOMBAS Y TURBINAS
EFECTOS DE LA CAVITACIÓN**

Apuntes de Cátedra
Ing. Hugo R. Schmidt
Año 2002

ALTURA DE ASPIRACIÓN EN BOMBAS Y TURBINAS EFECTOS DE LA CAVITACIÓN

Las bombas utilizadas en el bombeo de agua para suministro de agua potable, derivación de efluentes cloacales, drenajes pluviales, etc. son del tipo centrífugas por ser el tipo de bomba que mejor se adapta a las características de caudal y altura manométrica requeridas. Solo presentan particularidades en su construcción que dependen del tipo de líquido a tratar.

En cambio, para el manipuleo (bombeo) de fluidos viscosos, con viscosidades mayores que 145 centistokes el rendimiento de los equipos centrífugos decrece al punto que se tornan antieconómicos. Para ello son de aplicación las bombas volumétricas de desplazamiento positivo, del tipo a pistón, tornillo helicoidal, lobulares, etc.

En las instalaciones con bombas centrífugas, ya sean de eje vertical u horizontal, es de vital importancia asegurar la presión mínima requerida en la sección de entrada del álabe impulsor. O sea disponer de una Altura Neta Positiva de Aspiración (ANPA) igual o superior a la requerida por la bomba, que garantice las condiciones de presión en el seno del fluido por encima de las de vaporización, a los efectos de no producir cavitación.

Determinación del ANPA o NPSH (net pressure suction head).

Tomando como referencia la Figura N° 1 representando las alturas de energías del teorema de Bernoulli referidas a un eje vertical O-O, a fin de evitar superposiciones en la tubería de aspiración.

Considerando que la velocidad en el depósito inferior puede despreciarse, $C_a = 0$ la energía inicial absoluta corresponderá a la posición y a la presión atmosférica. Esta energía debe igualar a la energía en un cierto punto del rotor M, en que la presión absoluta llegue a la correspondiente a la cavitación P_v / γ mas las pérdidas ocurridas en el trayecto.

$$E_i = E_M + \sum J$$

$$H_3 + H_4 + P_a/\gamma = H_3 + H_4 + H_{s \text{ Lím}} + P_v / \gamma + C_1^2/2g + J + \sum J_a$$

O bien

$$H_{s \text{ Lím}} = (P_a - P_v)/\gamma - \{C_1^2/2g + z + J + \sum J_a\}$$

El término entre corchetes puede expresarse en función de la altura manométrica y del número específico resultando, como en las turbinas:

$$H_{s \text{ Lím}} = (P_a - P_v)/\gamma - \sigma H_m = H_b - \sigma H_m$$

Sin embargo, cuando $\sum J_a$ sobrepasa los valores comunes este procedimiento no ofrece seguridad para evitar la cavitación. Se recurre en consecuencia, al valor A.N.P.A. determinado experimentalmente para establecer la altura de aspiración límite, en base, además de la velocidad del agua en la sección de la brida de ingreso y de las pérdidas que se producen en el tramo correspondiente a la conducción en la aspiración.

a) Concepto de la altura neta de aspiración positiva:

Expresando la igualdad de energías entre el centro de la sección de ingreso (3) y el punto de cavitación (4) se tiene:

$$H_3 + H_4 + H_{s \text{ Lím}} + P_v / \gamma + \text{A.N.P.A.} + U_1^2 / 2g + \Sigma J_a =$$

$$H_3 + H_4 + H_{s \text{ Lím}} + z + P_v / \gamma + C_1^2 / 2g + J + \Sigma J_a$$

de donde resulta:

$$\boxed{\text{A.N.P.A.} = z + J + (C_1^2 - U_1^2) / 2g} \quad (1)$$

En consecuencia, la altura neta positiva de aspiración equivale a la **energía de presión disponible en la brida de entrada por encima de la presión de vaporización necesaria para llevar el fluido en la altura z, vencer las resistencias en ese recorrido y acelerar la masa líquida desde la velocidad en la brida hasta la velocidad en el lugar de cavitación.**

b) Determinación de la altura de aspiración límite:

Expresando la igualdad de energías entre el nivel superficial inferior (2) y la brida (3) se tiene:

$$H_3 + H_4 + P_a / \gamma = H_3 + H_4 + H_{s \text{ Lím}} + P_v / \gamma + \text{A.N.P.A.} + U_1^2 / 2g + \Sigma J_a$$

Por lo tanto:

$$\boxed{H_{s \text{ Lím}} = (P_a - P_v) / \gamma - \text{A.N.P.A.} + U_1^2 / 2g + \Sigma J_a} \quad (2)$$

Considerando que A.N.P.A. según (1) resulta para determinada bomba función de sus características geométricas y del gasto que escurre y que $U_1^2 / 2g$ y ΣJ_a también resultan función del gasto se podrá graficar la función (2) en la forma que se indica en la Figura N°2.

c) Determinación experimental de la altura neta de aspiración positiva:

La expresión (2) puede escribirse:

$$\text{A.N.P.A.} = (P_a - P_v) / \gamma - U_1^2 / 2g + \Sigma J_a + H_{s \text{ Lím}} \quad (3)$$

También se tiene en el diagrama, que la presión absoluta que debe reinar en la brida debe valer:

$$P_b / \gamma = P_v / \gamma + \text{A.N.P.A.}$$

Reemplazando A.N.P.A. por su valor (3)

$$P_b / \gamma = P_a / \gamma - U_1^2 / 2g + \Sigma J_a + H_{s \text{ Lím}}$$

resulta que la presión relativa en la brida medida por el vacuómetro vale:

$$P_b / \gamma = U_1^2 / 2g + \Sigma J_a + H_{s \text{ Lím}}$$

Finalmente la expresión (3) podrá escribirse:

$$\boxed{A.N.P.A. = ((P_a - P_v) / \gamma) - (P_b / \gamma)}$$

En la que P_b/γ representa la depresión que mide el vacuómetro en la brida en el momento de producirse la cavitación.

Colocando un vacuómetro de precisión en la brida, y aforando el caudal que eleva la bomba se podrá determinar la curva de A.N.P.A. representada en la Figura N°2, cuyos valores se incrementarán por las alturas de la energía cinética y de la energía perdida en la aspiración para definir, en función del gasto máximo de la bomba, el monto y el signo de la altura geométrica de aspiración.

Las plantas de bombeo para el saneamiento urbano, indicadas para el bombeo de agua para drenaje de zonas anegables, requieren bombear grandes caudales a relativamente baja altura. Se encuentran ubicadas con frecuencia en zonas pobladas, con espacios restringidos para su instalación.

La relación altura caudal indica la conveniencia de instalar equipos generalmente de eje vertical, con motor de accionamiento exterior o motor sumergido.

Este último tipo es de aplicación corriente en la actualidad por la simplicidad de la obra y la facilidad de manipuleo en caso de reemplazo o traslado hacia otro lugar de operación. En razón de encontrarse éste sumergido en la corriente fluida, requiere mayor eficiencia en los sellos que separan la bomba del motor, destinados a impedir el ingreso de humedad al circuito eléctrico del motor.

La sumergencia exigida por la cavitación asegura que en la puesta en marcha, la bomba aspire el fluido necesario para entablar el movimiento de la corriente fluida, que al circular por la cámara anular refrigera la parte externa del motor, permitiendo su funcionamiento en condiciones de régimen térmico.

Durante el servicio intermitente, para limitar la temperatura del arrollamiento y asegurar la inercia térmica en la masa metálica, se limita el número de arranques a cuatro por hora.

La configuración del grupo del tipo bomba con motor sumergido representa en la actualidad uno de los tipos más utilizados en instalaciones de bombeo para el saneamiento urbano.

Siguen en orden de importancia bombas de eje vertical con motor exterior eléctrico o a combustión interna.

Existen otras soluciones, basadas en el accionamiento de la bomba mediante motor hidráulico, utilizando aceite proveniente de una bomba hidráulica auxiliar que provee el fluido a presión.

Mediante ésta configuración, en instalaciones de drenaje urbano es posible el acceso a lugares difíciles, utilizando equipos transportables.

En nuestro país no se utiliza todavía con frecuencia, debido a razones de costo y disponibilidad en el mercado.

SECCIÓN SOMETIDA A CAVITACIÓN

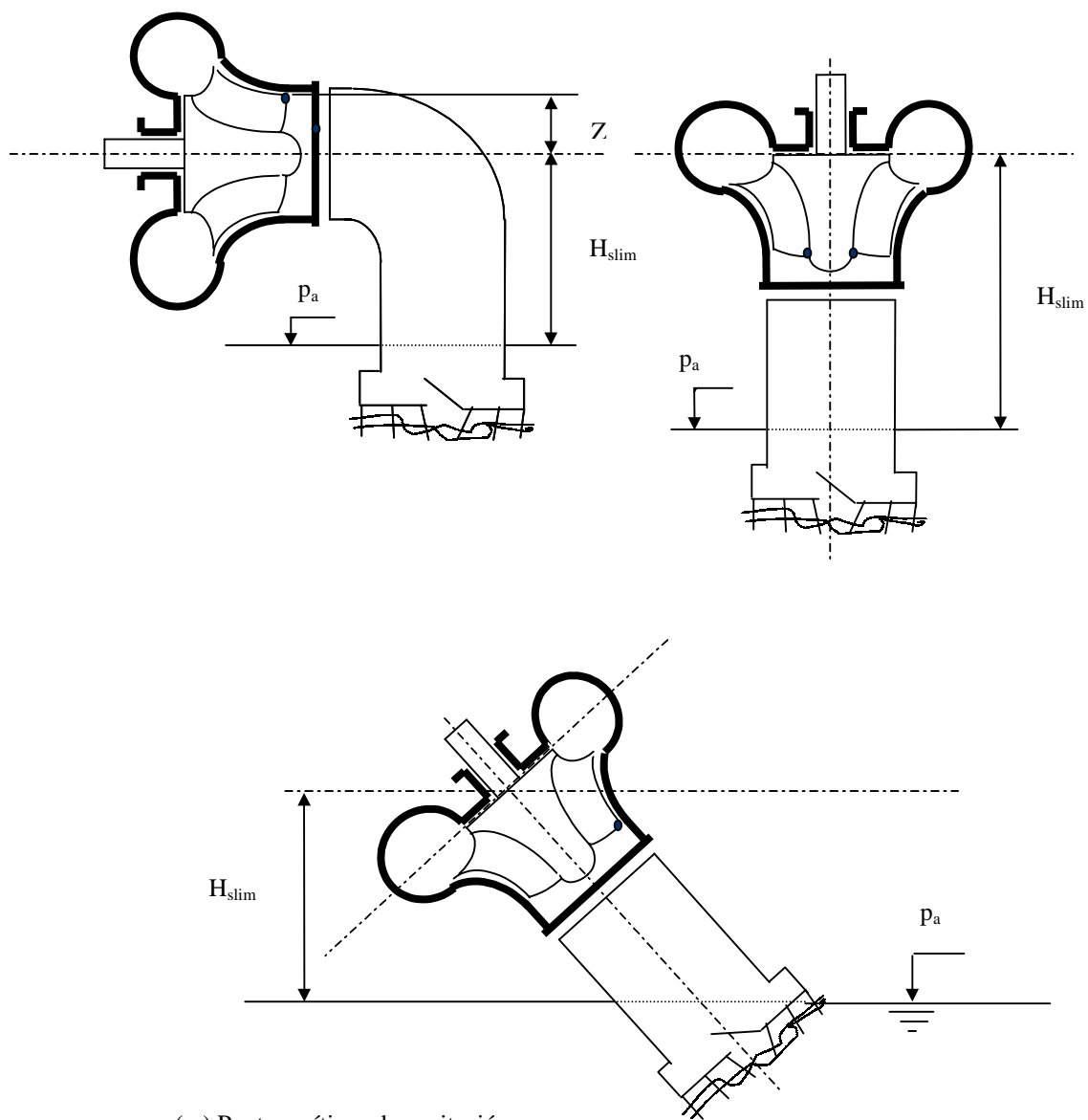


FIGURA N°2

Bibliografía:

1. Clases de Aprovechamientos Hidráulicos. Universidad Nacional de La Plata. Ing. Roberto Diego Cotta.
2. Centrales Hidroeléctricas. Zopetti
3. Normas IEC.