

## El NPSH de bombas e instalaciones

NPSH es la sigla de la expresión inglesa “Net-Positive-Suction-Head”, también llamada “altura de aspiración neta positiva” o “altura total de presión de retención”. El NPSH está relacionado con el fenómeno de la cavitación. Al igual que la altura de elevación, el caudal de impulsión y la potencia absorbida, representa una de las características más importantes para una bomba. Se distingue entre el NPSH de la instalación ( $NPSH_A$  o  $NPSH_{disponible}$ ) y el NPSH de la bomba ( $NPSH_p$  o  $NPSH_{requerido}$ ). Mediante una simple comparación de los dos valores  $NPSH_{disp.}$  y  $NPSH_{req.}$ , es posible determinar, si la bomba seleccionada es apta para trabajar con seguridad en la planta contemplada o no. Para que una bomba funcione sin cavitación, debe cumplirse la siguiente expresión:

$$NPSH_{disp.} > NPSH_{req.} \quad (1)$$

Esta condición debe cumplirse en la totalidad del margen de funcionamiento admisible de una instalación de bombeo. Es el caso, si el valor  $NPSH_{disp.}$  [m] es superior en un margen de seguridad – normalmente 0,5 m – al valor  $NPSH_{req.}$  [m].

### Ejemplo:

Supongamos que el valor  $NPSH_{disp.}$  de una instalación sea de 3 m. La bomba seleccionada en función del caudal y de la altura de elevación dispone de un valor  $NPSH_{req.}$  de 4 m. Si comprobamos la condición (1), se hace evidente que la instalación de bombeo no puede funcionar.

Si la condición (1) no se cumple, es decir, si el valor  $NPSH_{disp.}$  es inferior al valor  $NPSH_{req.}$ , la bomba funciona en cavitación, es decir, el líquido se evapora en el interior de la bomba. Las consecuencias son las siguientes:

- a) caída del caudal y de la presión de impulsión,
- b) fuerte formación de ruidos y vibraciones, aparición de efectos de abrasión en los impulsores y posiblemente destrucción de los mismos.

En una bomba HERMETIC sucedería, además, lo siguiente:

- c) caída del caudal parcial derivado a través del motor, con una disminución de la lubricación de los cojinetes,
- d) insuficiente evacuación del calor generado por el motor, así como una perturbación del equilibrio hidráulico del empuje axial.

Una cavitación persistente resulta inevitablemente en la destrucción de la bomba HERMETIC.

### El NPSH de la bomba

El valor  $NPSH_{req.}$  solamente depende de las características de la bomba y no de las de la instalación. Es variable para cada bomba en función del caudal y del número de revoluciones y es siempre positivo. El valor  $NPSH_{req.}$  es independiente de la naturaleza del fluido trasegado. Los valores  $NPSH_{req.}$  indicados en las curvas características de cada bomba son resultado de mediciones efectuadas con agua fría como fluido trasegado. Se obtienen en bancos de pruebas especialmente diseñados para mediciones de los valores NPSH y pueden ser verificados en cualquier momento. El valor  $NPSH_{req.}$  da una indicación acerca de la capacidad de aspiración de una bomba en un punto determinado de la curva característica:

cuanto menor es el valor  $NPSH_{req.}$ , tanto mayor es su capacidad de aspiración.

Unos valores reducidos de  $NPSH_{req.}$  pueden ser conseguidos gracias a adecuadas medidas constructivas. Son de una gran importancia, especialmente en el caso del trasiego de líquidos cerca del punto de ebullición (gases licuados).

### El NPSH de la instalación

El valor  $NPSH_{disp.}$  equivale a la reserva total de presión, por encima de la tensión de vapor del fluido, disponible en la brida de aspiración de la bomba. Este valor resume en un sólo término todas las características de la instalación que influyen en la altura de aspiración de una bomba. Cuando debe seleccionar una bomba, es suficiente para el fabricante conocer el valor  $NPSH_{disp.}$  con el fin poder garantizar el perfecto funcionamiento de una instalación de bombeo.

Las características de la instalación contenidas en el valor  $NPSH_{disp.}$  son las siguientes:

- **la altura geodésica de aspiración  $e_s$  [m]**  
es la distancia vertical comprendida entre el nivel de aspiración del líquido y el eje de la bomba. \*)
- **la altura geodésica de acometida  $e_z$  [m]**  
es la distancia vertical comprendida entre el nivel del líquido en el recipiente de acometida y el eje de la bomba.
- **la tensión de vapor  $p_t$  [bar abs.] del líquido a trasegar**  
La tensión de vapor de un líquido a una temperatura determinada (t) equivale a la presión bajo la cual el líquido empieza a hervir, si esta presión es ejercida sobre la superficie del líquido. (Ejemplo: agua hierve a 20 °C en un vacío de 0,023 bar abs.)
- **la presión del gas  $p'$  [bar abs.] ejercida sobre el nivel del líquido en la aspiración**  
El conocimiento de esta presión es particularmente importante. Si el recipiente de aspiración o de acometida es atmosférico, la presión del gas equivale a la presión atmosférica ( $p' = 1$  bar abs.). En las instalaciones de la industria química, en la mayoría de los casos, se utilizan recipientes cerrados, en los que la presión existente difiere de la presión atmosférica (instalaciones bajo vacío o bajo presión). Si el líquido a trasegar se encuentra en el interior del recipiente en estado de ebullición, la presión del gas encima del nivel del líquido equivale a la tensión de vapor ( $p_v$ ) de este líquido a la temperatura (t) del mismo.
- **densidad  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] del líquido a trasegar**
- **aceleración de la gravedad  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>**
- **pérdida de carga  $Z$  [m] en la línea de aspiración**  
Es la pérdida de carga resultante de la fricción en tuberías y válvulas. A menudo se utilizan valores estimados. En casos críticos puede realizarse un cálculo de pérdida de carga basado en pérdidas de carga individuales de tuberías, codos, válvulas etc.. El cálculo debería ser realizado con el caudal máximo previsible.

\*) Un trabajo en aspiración sólo es posible si se utilizan bombas autoaspirantes. Si se utilizan bombas no-autoaspirantes, debe asegurarse de que bomba y línea de aspiración no se queden nunca vacías, mediante la utilización de dispositivos adecuados, por ej., una válvula de retención.

Los valores mencionados permiten realizar el cálculo del valor  $NPSH_{disp.}$  de acuerdo con las siguientes fórmulas:

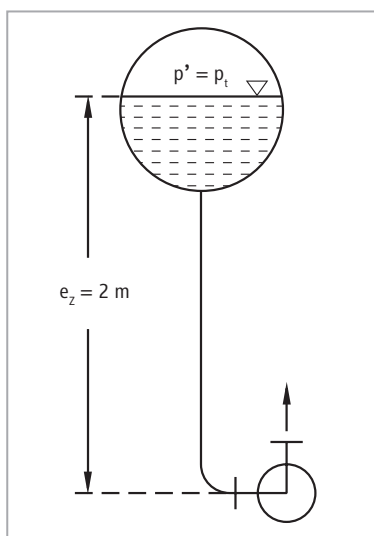
Para funcionamiento en acometida (carga)

$$NPSH_{disp.} = 10^5 \frac{(p' - p_t)}{\rho \cdot g} + e_z - Z$$

(2)

Para funcionamiento en aspiración

$$NPSH_{disp.} = 10^5 \frac{(p' - p_t)}{\rho \cdot g} - e_s - Z$$

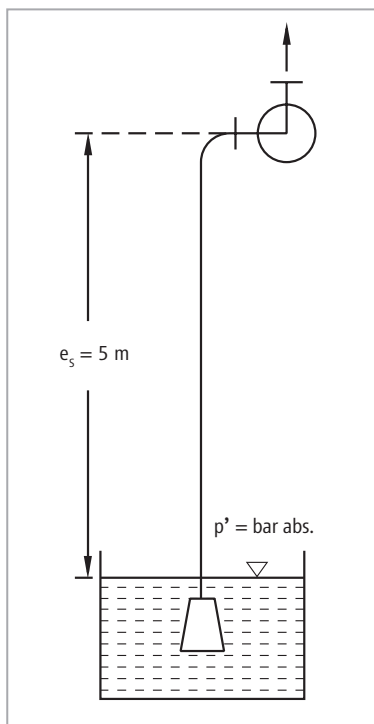


### 1er ejemplo

Se debe trasegar amoníaco líquido a una temperatura de 5 °C contenido en un recipiente cerrado. El amoníaco se encuentra en estado de ebullición, por lo que la presión del gas dentro del recipiente equivale a la tensión de vapor del líquido ( $p' = p_t$ ). Por lo tanto, la expresión en paréntesis de la fórmula (2) es igual a cero. Si la altura de acometida  $e_z$  es igual a 2 m y la pérdida de carga en la línea de aspiración  $Z$  es igual a 0,5 m, la fórmula (2), en el caso de funcionamiento en acometida (carga), resulta en:

$$NPSH_{disp.} = e_z - Z = 2,0 - 0,5 = 1,5 \text{ m}$$

Por lo tanto, para esta instalación y para cumplir con la condición (1), debe seleccionarse una bomba con un valor  $NPSH_{req.}$  inferior o igual a 1 m (con un margen de seguridad de 0,5 m).



### 2º ejemplo

Se debe trasegar octano líquido a una temperatura de 20 °C contenido en un recipiente de aspiración atmosférico. La altura geodésica de aspiración  $e_s$  es de 5 m y la presión atmosférica ejercida sobre la superficie del líquido es  $p' = 1 \text{ bar abs.}$  A 20 °C, la tensión de vapor del octano es  $p_t = 0,013 \text{ bar abs.}$  y su densidad  $\rho = 700 \text{ kg/m}^3$ . La pérdida de carga en la línea de aspiración con válvula de retención se estima en  $Z = 1 \text{ m}$ . Con estos valores, la fórmula (2) para funcionamiento en aspiración resulta en:

$$NPSH_{disp.} = 10^5 \frac{(1,0 - 0,013)}{700 \cdot 9,81} - 5,0 - 1,0 = 8,4 \text{ m.}$$

Por lo tanto, cualquier bomba autoaspirante o no-autoaspirante, con un valor  $NPSH_{req.} < 7,9 \text{ m}$ , puede ser utilizada en esta instalación.

**El trasiego de líquidos cerca del punto de ebullición**

La fórmula (2) permite constatar que la diferencia entre la presión del gas  $p'$  dentro del recipiente y la tensión de vapor ( $p_t$ ) del líquido incide de forma determinante en el valor  $NPSH_{disp.}$ . Las condiciones de instalación son siempre críticas cuando  $p' \approx p_t$ . En estos casos sólo es posible un trabajo en acometida (carga). El valor  $NPSH_{disp.}$  equivale aproximadamente a la diferencia entre la altura de acometida existente y la pérdida de carga en la acometida. Si la altura de acometida no fuera suficiente, existe en muchos casos la posibilidad de aumentar el valor  $NPSH_{disp.}$  aumentando la presión ( $p'$ ) en el recipiente (presurización con nitrógeno o similar), con el fin de cumplir de esta manera con la condición  $NPSH_{disp.} > NPSH_{req.}$  para un trabajo sin cavitación.

A menudo no es posible el aumento de la presión  $p'$ , por ejemplo, en el caso de líquidos que para su refrigeración deben ser mantenidos a una temperatura constante (amoníaco, nitrógeno líquido, etc.). Por lo tanto, en estos casos, se deberá tratar de reducir al máximo las pérdidas de carga  $Z$  – mediante un adecuado dimensionado de las tuberías – y de aumentar al máximo la altura de acometida  $e_z$ .

En aquellos casos con gases licuados, en los que la temperatura es sometida a grandes variaciones, es aconsejable ser especialmente precavido. En caso de necesidad, consulte con el fabricante de la bomba.