En general y aunque los valores teóricos lo permitan, en todo lo referente a la altura de aspiración aconsejamos actuar siempre con un cierto margen de seguridad,

NPSH (Net Positive Suction Head)

Habitualmente se llama **NPSH (Altura neta positiva en la aspiración)** a la diferencia entre la presión del líquido a bombear referida al eje del impulsor y la tensión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo, Debemos por tanto conocer y combinar en cada caso el NPSH disponible en la instalación y el NPSH requerido por la bomba,

NPSH disponible, Es función de la instalación e independientemente del tipo de bomba, se determina por la fórmula:

$$NPSHdisponible = \frac{10Pa}{\gamma} - Ha - \Delta Ha - \frac{10Tv}{\gamma}$$

$Pa =$ Presión atmosférica o presión en el depósito de aspiración, en Kg/cm^2,
$Ha =$ Altura geométrica de aspiración, en m,
$\Delta Ha =$ Pérdidas de carga en la aspiración, en m,
$Tv =$ Tensión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo, en Kg/cm^2,
$\gamma =$ Peso específico del líquido, en Kg/dm^3,

NPSH requerido, Dato básico y característico de cada tipo de bomba, variable según modelo, tamaño y condiciones de servicio, por tanto *es un dato a facilitar por el fabricante*,

$$NPSHrequerido = Hz + \frac{V_a^2}{2g}$$

$Hz =$ Presión absoluta mínima necesaria en la zona inmediatamente anterior a los álabes del impulsor, en

$\frac{V_a^2}{2g} =$ Carga cinética correspondiente a la velocidad de entrada del líquido en la boca del impulsor, en m,c,l, para $Va =$ en m/s,

RECOMEDACIONES PARA AUMENTAR EL NPSH DISPONIBLE EN UNA INSTALACIÓN,

- ✓ Disminuir la altura geométrica de la instalación,
- ✓ Disminuir la temperatura del líquido bombeado,
- ✓ Disminuir la velocidad de aspiración, aumentando el diámetro de la tubería de aspiración,
- ✓ Utilizar válvulas en general de bajo coeficiente de fricción,
- ✓ Utilizar tubería en la aspiración de bajo coeficiente de fricción,

CAVITACIÓN

Para un correcto funcionamiento de la bomba, es necesario disponer de una presión mínima en la entrada del impulsor, por tanto debe cumplirse:

NPSH disponible=>NPSH requerido

Cuando la bomba opera con una aspiración excesiva, se desarrolla una presión de succión baja en la entrada de la misma, la presión disminuye hasta que puede crearse un vacío y el líquido se convierte en vapor, si la presión en la tubería es más baja que la tensión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo, El flujo de líquido en la bomba desaparece (punto de corte) debido a que se ha alcanzado el límite de la capacidad de aspiración con esta presión de entrada, Cuando la presión de entrada está a punto de alcanzar el punto de vaporización, las bolsas de vapor forman burbujas en el lado posterior del álabe impulsor, cerca de su base, Conforme una burbuja se desplaza del área de baja presión cerca del extremo del álabe la burbuja desaparece, Se deshace tan rápidamente que el líquido golpea el álabe fuertemente, a veces con la suficiente intensidad como para provocar el desprendimiento de pequeñas partículas del impulsor, El ruido que se oye en el exterior de la bomba durante la cavitación es causado por la explosión de las burbujas de vapor,
Los males comunes derivados de la cavitación son picaduras, vibración y ruidos,

Una cavitación severa viene generalmente acompañada por ruido excesivo y daños a la bomba, una cavitación moderada puede no producir más que una pequeña reducción de caudal, altura, rendimiento y desgaste prematuro de la bomba,

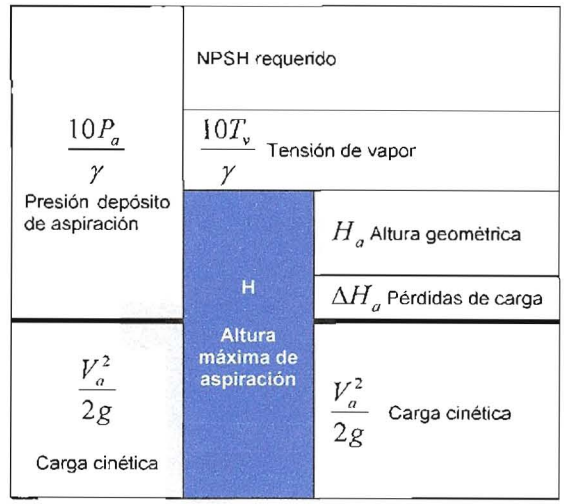
EJEMPLO DE CÁCULO DE LA ALTURA MÁXIMA DE ASPIRACIÓN DE UNA BOMBA, PARTIENDO DEL NPSH REQUERIDO,

La altura máxima de aspiración H viene dada por la siguiente expresión:

$$H = H_a + \Delta H_a + \frac{V_a^2}{2g} = \frac{10P_a}{\gamma} - H_z - \frac{10T_v}{\gamma} =$$

$$\frac{10P_a}{\gamma} - NPSH_r + \frac{V_a^2}{2g} - \frac{10T_v}{\gamma}$$

Según se deduce de la figura, la altura máxima de aspiración se compone de los siguientes términos, Altura geométrica de aspiración, pérdida de carga en la tubería y carga cinética correspondiente a la velocidad de entrada en la aspiración de la bomba,
Por tanto, dado que la carga cinética es un valor que depende de la construcción de la bomba, **la altura real de aspiración a tener en cuenta será la geométrica más las pérdidas de carga,**



Ejemplo práctico, Una bomba eleva agua caliente a 90ºC ($\gamma = 0{,}9653$ Kg/dm^3 y $T_v = 0{,}7149$ Kg/cm^2), a la altitud de 1,000 m ($P_a = 9{,}11$ m), La velocidad en la sección de aspiración es $V_a = 1{,}5$ m/s y el NPSH requerido por a bomba es $NPSH_r$ = 3 m,

$$\frac{10P_a}{\gamma} = \frac{9{,}11}{0{,}9653} = 9{,}437 \qquad \frac{V_a^2}{2g} = \frac{1{,}5^2}{2\times 9{,}81} = 0{,}115$$

$$\frac{10T_v}{\gamma} = \frac{10\times 0{,}7149}{0{,}9653} = 7{,}406$$

La altura máxima o capacidad de aspiración H

$$H = \frac{10P_a}{\gamma} + \frac{V_a^2}{2g} - NPSH_r - \frac{T_v}{\gamma} =$$
$$= 9{,}437 + 0{,}115 - 3 - 7{,}406 = -0{,}854$$

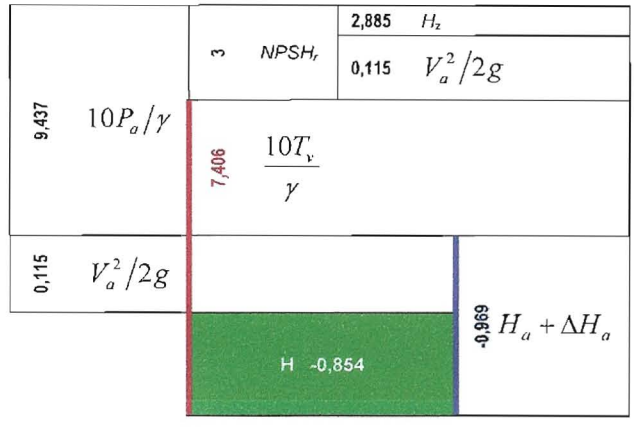
Por otro lado se cumple

$$H = H_a + \Delta H_a + \frac{V_a^2}{2g}$$

$$-0{,}854 = H_a + \Delta H_a + 0{,}115 \qquad H + \Delta H_a = -0{,}969m$$

Luego la bomba debe trabajar en carga, con una altura geométrica más pérdidas de carga de 0,969 m por encima de la línea de referencia de la bomba,
Por otro lado, la presión mínima necesaria en la zona inmediatamente anterior a los álabes del impulsor,

$$H_z = NPSH_r - \frac{V_a^2}{2g} = 3 - 0{,}115 = 2{,}885m$$



Un buen cálculo y diseño en la aspiración es fundamental para la vida de la bomba, Es aconsejable dar un margen de seguridad lo más amplio posible, para evitar que la bomba pueda entrar en cavitación y tener previstas las mermas, que por uso pueden derivarse,

TENSIÓN DEL VAPOR Y PESO ESPECÍFICO DEL AGUA SEGÚN TEMPERATURAS

t °C	T_v Kg/cm^2	γ Kg/dm^3	t °C	T_v Kg/cm^2	γ Kg/dm^3	t °C	T_v Kg/cm^2	γ Kg/dm^3
0	0,0062	*0.9998*	84	0.5667	*0.9693*	135	3.192	*0.9305*
5	0,0089	*1.0000*	86	0.6129	*0.9680*	140	3.685	*0.9260*
10	0,0125	*0.9996*	88	0.6623	*0.9667*	145	4.237	*0.9216*
15	0.0174	*0.9990*	90	0.7149	*0.9653*	150	4.854	*0.9169*
20	0.1238	*0.9982*	92	0.7710	*0.9640*	155	5.540	*0.9121*
25	0.0323	*0.9970*	94	0.8307	*0.9625*	160	6.302	*0.9073*
30	0.0432	*0.9955*	96	0.8942	*0.9611*	165	7.146	*0.9023*
35	0.0573	*0.9939*	98	0.9616	*0.9596*	170	8.076	*0.8973*
40	0.0752	*0.9921*	100	1.0332	*0.9583*	175	9.101	*0.8920*
45	0.0977	*0.9900*	102	1.1092	*0.9568*	180	10.225	*0.8867*
50	0.1258	*0.9880*	104	1.1898	*0.9554*	185	11.456	*0.8814*
55	0.1605	*0.9857*	106	1.2751	*0.9540*	190	12.800	*0.8760*
60	0.2031	*0.9831*	108	1.3654	*0.9525*	195	14.265	*0.8703*
62	0.2207	*0.9821*	110	1.4609	*0.9510*	200	15.857	*0.8646*
64	0.2438	*0.9810*	112	1.5618	*0.9495*	205	17.585	*0.8587*
66	0.2666	*0.9800*	114	1.6684	*0.9479*	210	19.465	*0.8528*
68	0.2912	*0.9788*	116	1.7809	*0.9464*	215	21.477	*0.8465*
70	0.3177	*0.9777*	118	1.8995	*0.9448*	220	23.659	*0.8403*
72	0.3463	*0.9765*	120	2.0245	*0.9431*	225	26.007	*0.8339*
74	0.3769	*0.9754*	122	2.1561	*0.9414*	230	28.531	*0.8272*
76	0.4098	*0.9742*	124	2.2947	*0.9398*	235	31.239	*0.8206*
78	0.4451	*0.9730*	126	2.4404	*0.9381*	240	34.140	*0.8136*
80	0.4829	*0.9718*	128	2.5935	*0.9365*	245	37.244	*0.8264*
82	0.5234	*0.9705*	130	2.7544	*0.9348*	250	40.560	*0.7992*

PRESIÓN ATMOSFÉRICA EN FUNCIÓN DE LA ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR

ALTIDUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR	PRESIÓN ATMOSFÉRICA EN m.
0	10,33
200	10,080
400	9,830
600	9,580
800	9,340
1.000	9,110
1.200	8,890
1.400	8,670
1.600	8,450
1.800	8,240
2.000	8,040
2.500	7,560
3.000	7,100
3.500	6,680
4.000	6,270