

GUÍA DE LABORATORIO PARA LA PRÁCTICA DE BANCO DE CAVITACIÓN

Resumen: En esta guía de laboratorio se encuentra el procedimiento para establecer la curva del NPSH3 vs Q para una bomba centrífuga. En este ensayo el NPSH (Net Positive Suction Head) disponible del sistema, se reduce progresivamente hasta que la cabeza total (H) disminuye un 3%. Este valor del NPSH corresponde al NPSH3.

1. INTRODUCCIÓN

La presión de vapor o saturación (P_v) se conoce como la presión a la cual, a una temperatura determinada, una sustancia comienza a evaporarse. El valor de esta presión aumenta con la temperatura y varía de acuerdo con las sustancias.

Cuando en una corriente de flujo la presión del fluido disminuye hasta que se hace igual a la presión de vapor de ese fluido a la temperatura a la que se encuentra, comienza la formación de burbujas de vapor. Posteriormente, ante un aumento de presión en el flujo, las burbujas colapsan ocurriendo así el fenómeno de cavitación.

En una bomba centrífuga el fluido experimenta una disminución de la presión al entrar al rodete debido, entre otros factores, al rozamiento, choques en el borde de entrada de los álabes, cambios en la forma y tamaño de las secciones de flujo.

Si la presión disminuye hasta la presión de vapor, se formarán burbujas de vapor de fluido en la entrada de los canales de los álabes, las cuales colapsan al llegar a las zonas de alta presión. Entonces, el líquido alrededor tiende a ocupar el espacio que ocupaba la burbuja, alcanzando grandes velocidades. Estas gotas aceleradas chocan con gran fuerza contra la superficie del rodete, dando origen al deterioro por cavitación, conocido como picadura como resultado de la erosión en la superficie.

El $NPSH_{requerido}$ (Net Positive Suction Head) es un valor característico de cada bomba, obtenido experimentalmente por el fabricante y está asociado a la energía que se pierde en la entrada de la bomba y del rodete. Por lo tanto, representa cuanta energía adicional se requiere en el fluido a la entrada de la bomba para que la presión se mantenga por encima de la presión de vapor y no se produzca la cavitación. Expresado numéricamente:

$$NPSH_{req} = \frac{p_E - p_v}{\gamma} \quad (1)$$

Donde,

p_E : presión de entrada o succión de la bomba, en escala absoluta [kPa]

p_v : presión de vapor, en escala absoluta [kPa]

γ : peso específico del fluido a la temperatura de trabajo [KN/m³]

La cabeza de la bomba se calcula a partir de la ecuación de energía entre la entrada y salida de la bomba, despreciando las pérdidas y los cambios de velocidad y elevación:

$$H_{bba} = \frac{p_S - p_E}{\gamma} \quad (2)$$

Donde,

p_S : Presión de salida o descarga de la bomba [kPa]

p_E : Presión de entrada o succión de la bomba [kPa]

γ : Peso específico del fluido a la temperatura de trabajo [KN/m³]

Para facilitar los cálculos durante la práctica de laboratorio se trabajará con el cambio de presión a través de la bomba, entendido como:

$$\Delta p = p_S - p_E \quad (3)$$

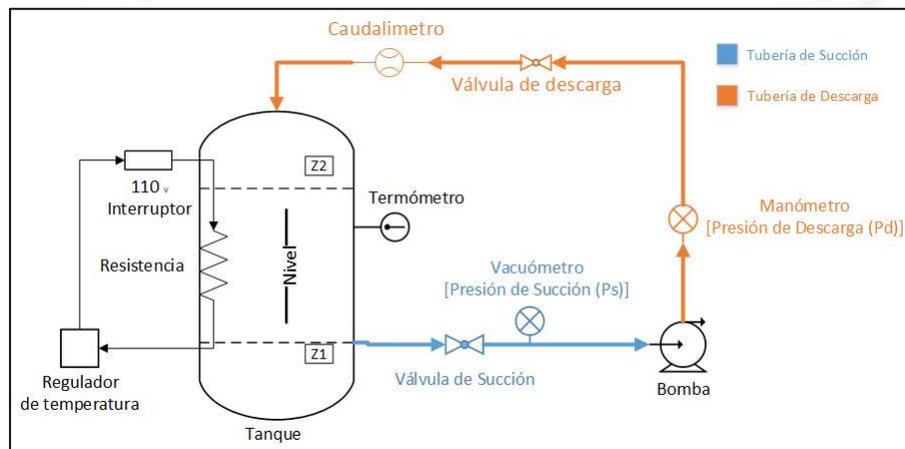


Figura 1. Esquema de funcionamiento



De acuerdo con la norma técnica colombiana NTC 4990, se establece que, al cerrar la válvula de entrada o succión, el punto en el cual aparece el fenómeno de la cavitación para un caudal determinado, será cuando la cabeza (H) de la bomba experimenta una reducción del 3% con relación a la cabeza correspondiente para ese mismo caudal en condiciones normales de operación. Con estos valores de presión se calcula el NPSH3 a partir de la ecuación (1), para obtener la gráfica NPSH3 vs caudal.

2. MATERIALES REQUERIDOS

2.1. Banco de pruebas

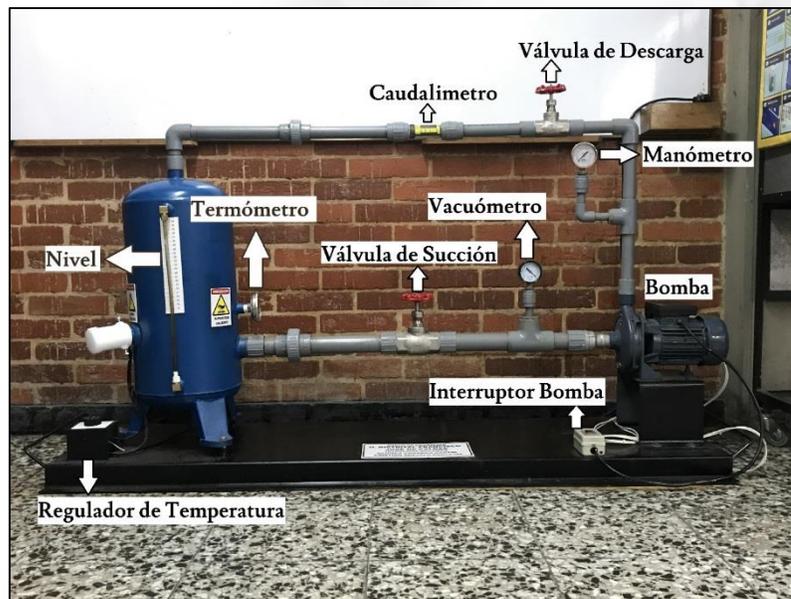


Figura 2. Banco para pruebas de cavitación

2.2. Formatos para registro de datos: Tablas 1 y 2 (Ver anexos).

3. OBJETIVO

Estudiar el comportamiento de una bomba centrífuga e identificar los principios del fenómeno de cavitación, mediante la obtención de la curva de operación de la bomba (H vs Q) y de la curva del NPSH3 vs Q.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Facultad Tecnológica
Laboratorios y Talleres de Mecánica

4. PROCEDIMIENTO

4.1. Reconocimiento del equipo

- 4.1.1. Identifique las partes del banco de acuerdo con la Figura 1 y la Figura 2, sin conectar la corriente eléctrica.
- 4.1.2. Verifique que las válvulas de entrada y salida se encuentren completamente abiertas.

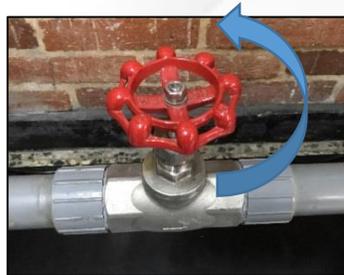


Figura 3. Sentido de giro para abrir las válvulas

- 4.1.3. Verifique que el motor de la bomba tenga buena ventilación y que no se encuentre mojado.
- 4.1.4. Retire el tapón en la parte superior del tanque y deje así durante la prueba. Confirme que el nivel del agua contenida en el tanque sea de 32 cm, de lo contrario agregue agua hasta alcanzar el nivel requerido.



Figura 4. Nivel del tanque



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**
Facultad Tecnológica
Laboratorios y Talleres de Mecánica

4.1.5. Confirme que los interruptores de la bomba y el termostato se encuentren en la posición de apagado.

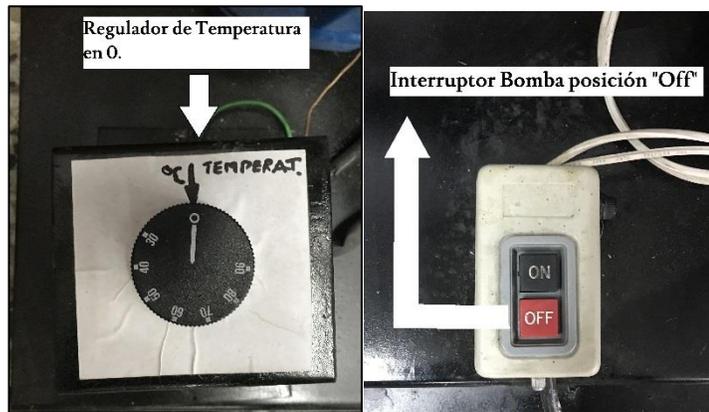


Figura 5. Posiciones apagado

4.2. Determinar la curva de operación de la bomba (HvsQ) a temperatura ambiente

4.2.1. Conecte la bomba a la toma de 110v.

4.2.2. Active el interruptor y ponga en funcionamiento la bomba, espere aproximadamente un minuto, con las dos válvulas totalmente abiertas. Durante este tiempo revise que no se encuentren fugas en la tuberías y accesorios, que no se presenten ruidos extraños y que el ventilador de la bomba funcione, acercando la mano como se indica en la Figura 6 (no deje maletas ni otros elementos cerca de la bomba). Informe al laboratorista si observa alguna condición anormal en el funcionamiento del banco de pruebas.



Figura 6. Revisión ventilador Bomba

4.2.3. Con la válvula de entrada completamente abierta, comience a cerrar la válvula de salida hasta que el caudalímetro, le indique que el flujo es 16 GPM. Luego de esto, registre los datos de presión de entrada y salida en la Tabla 1 para dicho caudal. Tenga en cuenta que



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Facultad Tecnológica
Laboratorios y Talleres de Mecánica

la medida del caudalímetro es la que indica la franja roja que se mueve a través de la escala.



Figura 7. Caudalímetro

- 4.2.4. Calcule el cambio de presión (Δp) de acuerdo con la ecuación (3) y regístrela en la Tabla 1. Luego calcule el valor de Δp reducida al 3%, mediante la ecuación $\Delta p_{3\%} = 0,97 \times \Delta p$.
- 4.2.5. Repita los pasos 4.2.3 y 4.2.4 para los demás caudales indicados en la Tabla 1.

4.3. Determinar la curva del NPSH3 vs caudal a temperatura ambiente.

- 4.3.1. Active el interruptor y ponga en funcionamiento la bomba, espere aproximadamente un minuto, con las dos válvulas totalmente abiertas.
- 4.3.2. Con la **válvula de entrada completamente abierta**, comience a cerrar la **válvula de salida** hasta que el caudalímetro indique un caudal de 16 GPM.
- 4.3.3. Luego de esto, comience a **cerrar la válvula de entrada** hasta que la **presión de salida** haya disminuido en 0,1 bar. En este momento, compruebe que el caudal se mantenga en 16 GPM. De no ser así abra ligeramente la válvula de salida para ajustarlo.
- 4.3.4. Lea las presiones en los manómetros de entrada y salida, calcule el Δp y verifique si se aproxima al valor de $\Delta p_{3\%}$ indicado como referencia en la Tabla 1. De no ser así, repita el paso 4.3.3. hasta que se cumpla esta condición.
- 4.3.5. Registre los datos de presión de entrada y de salida, así como el $\Delta p_{3\%}$ obtenido, en la Tabla 2 para dicho caudal.
- 4.3.6. Vuelva a abrir completamente las válvulas y repita los pasos anteriores para los demás caudales requeridos en la tabla.

4.4. Calentamiento del agua a 70°C

- 4.4.1. Apague la bomba y asegúrese de que el termostato se encuentre en posición de apagado.
- 4.4.2. Conecte el termostato a la toma de 110v y ajuste la temperatura en la perilla a 80°C.



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Facultad Tecnológica
Laboratorios y Talleres de Mecánica

GL-B10

- 4.4.3. Cuando el termómetro indique 80°C , devuelva la perilla del termostato a 0°C y desconecte del tomacorriente.
- 4.4.4. Conecte la bomba para recircular el fluido por 2 minutos, después de lo cual verifique la temperatura del agua en el tanque. Dicha temperatura descenderá cuando el agua del tanque se mezcle con el fluido contenido en las tuberías.
- 4.4.5. Apague y desconecte la bomba, repita el paso 4.4.2. hasta el 4.4.4. hasta que se garantice que toda el agua del sistema está a la misma temperatura de 70°C .



Figura 8. Selección de temperatura

4.5. Determinar la curva de operación de la bomba (HvsQ) a 70°C

- 4.5.1. Asegurarse que el termómetro indique 70°C mientras la bomba se encuentra en funcionamiento. De lo contrario, realizar los pasos del procedimiento de calentamiento.
- 4.5.2. Repetir los pasos del numeral 4.2 para determinar la curva de operación de la bomba.

4.6. Determinar la curva del NPSH3 vs caudal a 70°C

- 4.6.1. Asegurarse que el termómetro indique 70°C mientras la bomba se encuentra en funcionamiento. De lo contrario, realizar los pasos del procedimiento de calentamiento.
- 4.6.2. Repetir los pasos del numeral 4.3 para determinar la curva del NPSH3 vs caudal a temperatura ambiente.

4.7. Análisis y resultados

- 4.7.1. Con los datos de la Tabla 1 y la ecuación 2, calcule la cabeza de la bomba (H) y construya la gráfica H vs Q.
- 4.7.2. Con los datos de la Tabla 2 y haciendo uso de la ecuación 1, determine para cada caudal el NPSH3 con el valor de P_e medido y P_v a la temperatura del fluido. Recuerde que ambas presiones deben estar en escala absoluta.



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**
Facultad Tecnológica
Laboratorios y Talleres de Mecánica

4.7.3. Trazar la curva de NPSH3% vs Q con los puntos obtenidos en cada caudal, estos serán los puntos que identifican el comienzo de la cavitación de la bomba.

4.7.4. Analice, describa y compare los resultados obtenidos.

5. RECOMENDACIONES

- 5.1. Verificar el estado de los elementos antes de usarlos
- 5.2. Dejar los elementos usados durante la práctica en completo orden.
- 5.3. Por seguridad, conecte tanto la bomba como el termostato cuando estén en posición de apagado.
- 5.4. Procure no tener contacto con el tanque cuando use temperaturas mayores a 40°C.
- 5.5. Solo se debe mantener un equipo conectado a la línea de corriente.

Proyectó	Daniela Camargo, Cristian Arévalo	Monitores Académicos 2016-1
Actualizó	Oscar Pachón Carlos Romero	Monitor Académico 2017-1 Auxiliar de laboratorio
Revisó	Yisselle Acuña	Docente
Aprobó	Luini Hurtado	Coordinador de Laboratorios y Talleres de Mecánica
Fecha	11/09/2017	Versión 02

ANEXO 1

Tabla 1. Datos para determinar la curva de operación de la bomba, H vs Q

	Agua a temperatura ambiente						Agua a 70°C					
	p _E		p _S		$\Delta P=(p_S-p_E)$	$\Delta P_{3\%}=\Delta P*0,97$	p _E		p _S		$\Delta P=(p_S-p_E)$	$\Delta P_{3\%}=\Delta P*0,97$
(GPM)	(bar)	(kPa)	(bar)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(bar)	(kPa)	(bar)	(kPa)	(kPa)	(kPa)
16												
14												
12												
10												
8												
6												



UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Facultad Tecnológica
Laboratorios y Talleres de Mecánica

GL-B10

ANEXO 2

Tabla 2. Datos para determinar la curva NPSH3 vs Q

	Agua a temperatura ambiente						Agua a 70°C					
	p _E		p _s		$\Delta P_{3\%} = (p_s - p_E)$ obtenido	$H_{3\%} = \gamma \cdot \Delta P_{3\%}$	p _E		p _s		$\Delta P_{3\%} = (p_s - p_E)$ obtenido	$H_{3\%} = \gamma \cdot \Delta P_{3\%}$
(GPM)	(bar)	(kPa)	(bar)	(kPa)	(kPa)	(m)	(bar)	(kPa)	(bar)	(kPa)	(kPa)	(m)
16												
14												
12												
10												
8												
6												