



El equipo está diseñado para funcionar sobre el banco hidráulico. La instalación va montada sobre un marco construido con perfiles de aluminio, contando con un sistema de tuberías y válvulas que permite que se puedan acoplar la bomba del banco hidráulico y la del equipo tanto en serie como en paralelo.

El equipo cuenta con un variador de frecuencia para modificar la velocidad de giro de la bomba. Asimismo cuenta con dos vatímetros para la obtención de las potencias consumidas por ambas bombas.

A través del estudio de las características de las bombas centrífugas, se demuestra la operación y funcionamiento de las mismas y los factores que afectan a su eficiencia.

FL 03.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

4.1.2. CONEXIÓN, DESCONEXIÓN DE LOS ENCHUFES RÁPIDOS

Para conectar los enchufes rápidos introducir el enchufe macho en los enchufes hembra.



Para desconectarlos simplemente presionar la pieza metálica que hay en la parte superior del enchufe.



12

FL 03.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

4.2. PROCEDIMIENTO GENERAL

- Colocamos el equipo sobre el banco hidráulico. Conectamos, mediante la manguera de suministro con enlace rápido, el equipo al banco hidráulico. Por ello roscamos los enlaces a ambos lados de la manguera.



- La tubería de aspiración (10) de la bomba de la que la conectamos al depósito de almacenamiento de agua inferior. Para ello la válvula de bola que regula el paso de agua a este depósito debe estar cerrada.



13

FL 03.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

- A continuación, conectamos también la manguera mediante los enlaces rápidos a ambos lados de la misma.



- Ya podemos abrir la válvula del depósito inferior.



14

El manual de usuario muestra claramente y con gran cantidad de imágenes, todo el proceso a seguir para el manejo del equipo.

FL 03.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

5.3 NPSH REQUERIDO EN UNA BOMBA

5.3.1. FUNDAMENTO TEÓRICO

El fenómeno de la cavitación se produce cuando la presión del líquido que estamos bombeando disminuye hasta la de su presión de vapor para la temperatura de funcionamiento. En ese momento el líquido se vaporiza, formándose cavidades o bolsas de vapor que son atraídas hacia zonas con una presión superior donde se vuelven a condensar generando sobrepresiones puntuales muy elevadas.

Las consecuencias más directas del fenómeno anteriormente descrito son fuertes vibraciones en la máquina, oxidación, desprendimiento del material y disminución tanto de la altura manométrica como del rendimiento.

Denominamos NPSH_{requerido} a la energía mínima que tiene que tener el líquido a la entrada del rodete para que no se produzca cavitación. Si queremos obtener su valor, debemos de provocar la cavitación, igualando en ese momento el NPSH_{requerido} con el NPSH_{disponible}.

$$NPSH_{Disponible} = \frac{P_s - P_{vapor}}{\rho \cdot g} - h_{tubería} - h_{pérdidas}$$

$$h_{pérdidas} = - \left(\frac{P_{tubería}}{\rho \cdot g} + h_{tubería} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \right);$$

600, lo que tenemos:

$$NPSH_{Disponible} = \frac{P_s - P_{vapor}}{\rho \cdot g} - h_{tubería} - \left(\frac{P_{tubería}}{\rho \cdot g} + h_{tubería} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \right) = \frac{P_s - P_{vapor}}{\rho \cdot g} - \frac{P_{tubería}}{\rho \cdot g} - \frac{v_2^2}{2 \cdot g}$$

Todos los términos de la última ecuación anterior se pueden medir:

Presión atmosférica (P_s)
 Presión de vapor (P_{vapor})
 Presión a la entrada ($P_{tubería}$)

Velocidad a la entrada (v_2): $v_2 = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$

29

FL 03.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

5.4 REGULACIÓN DE UNA BOMBA VARIANDO SU VELOCIDAD DE GIRO

5.4.1. FUNDAMENTO TEÓRICO

Obtenemos experimentalmente los diferentes puntos de funcionamiento de la bomba conectada al variador de frecuencia cambiando su velocidad de giro. Ajustamos las nubes de puntos obtenidas a curvas características utilizando el método de los mínimos cuadrados u otro. Comprobamos que los resultados experimentales se corresponden con el desarrollo teórico.

Curvas características de una bomba:

LEYES DE SEMEJANZA

$$H(Q) = A - B \cdot Q - C \cdot Q^2$$

$$P_{pot}(Q) = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H(Q)$$

$$\eta(Q) = D \cdot Q - E \cdot Q^2$$

$$P_{mecánica}(Q) = \frac{P_{pot}(Q)}{\eta(Q)}$$

$$\frac{H'}{H} = \frac{N^2}{N'^2} = \alpha^2; \quad \frac{Q'}{Q} = \frac{N'}{N} = \alpha;$$

Con lo que tenemos:

$$H'(Q) = A \alpha^2 - B \alpha Q' - C Q'^2$$

$$P_{pot}'(Q) = \rho \cdot g \cdot Q' \cdot H'(Q)$$

$$\eta'(Q) = D' \cdot Q' - E' \cdot Q'^2$$

$$P_{mecánica}'(Q) = \frac{P_{pot}'(Q)}{\eta'(Q)}$$

5.4.2. MÉTODO

- Ponemos en marcha la bomba (8) conectada al variador de frecuencia, ya que ésta es una bomba de velocidad variable.
- Utilizamos el depósito volumétrico del banco hidráulico para obtener los caudales de circulación.
- Anotamos los diferentes valores de presión y potencia obtenidos para los caudales proporcionados por la bomba.
- Variamos la velocidad de giro de la bomba usando el potenciómetro y anotamos los nuevos valores de presión y potencia para cada nuevo caudal.
- Completamos las tablas siguientes con los datos obtenidos.

33

FL 03.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

5.5 CURVAS CARACTERÍSTICAS DE BOMBAS IGUALES FUNCIONANDO EN SERIE

5.5.1. FUNDAMENTO TEÓRICO

Obtenemos experimentalmente los diferentes puntos de funcionamiento de las dos bombas funcionando en serie. Ajustamos las nubes de puntos obtenidas a curvas características utilizando el método de los mínimos cuadrados. Comprobamos que los resultados experimentales se corresponden con el desarrollo teórico.

Curvas características de una bomba:

INDEPENDIENTE:

$$H(Q) = A - B \cdot Q - C \cdot Q^2$$

$$P_{pot}(Q) = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H(Q)$$

$$\eta(Q) = D \cdot Q - E \cdot Q^2$$

$$P_{mecánica}(Q) = \frac{P_{pot}(Q)}{\eta(Q)}$$

EN SERIE:

$$H'(Q) = 2 \cdot [A - B \cdot Q - C \cdot Q^2] - A' - B' \cdot Q - C' \cdot Q^2$$

$$P_{pot}'(Q) = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H'(Q)$$

$$\eta'(Q) = D \cdot Q - E \cdot Q^2$$

$$P_{mecánica}'(Q) = \frac{P_{pot}'(Q)}{\eta'(Q)}$$

43

El manual de prácticas muestra y explica todos los fundamentos teóricos, así como las fórmulas matemáticas utilizadas para la realización de toda la experimentación.

FL 03.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

3-3-3. LECTURAS Y RESULTADOS

CAUDALES

Tiempo (seg.)	Volumen (l)	Q (l/s)
0	0	0,000
12,36	6	0,478
9,87	10	1,013
7,75	10	1,290
7,19	10	1,391

RESULTADOS

Caudal (m ³ /s)	B1					B2						
	P impulsión (m.c.a.)	P aspiración (m.c.a.)	H B1 (m.c.a.)	Potencia eléctrica (W)	Potencia Hidráulica (W)	Rend.	P impulsión (m.c.a.)	P aspiración (m.c.a.)	H B2 (m.c.a.)	Potencia eléctrica (W)	Potencia Hidráulica (W)	Rend.
0	40	20	20,0	430	0	0%	20	0	20,0	430	0	0%
0,00047	35	16	19,0	520	89	17%	17	0	17,0	520	80	15%
0,00101	28,5	10,7	17,8	680	177	26%	14	0	14,0	610	139	23%
0,00129	22	5,5	16,5	770	209	27%	11	0	11,0	680	139	20%
0,00139	16	0,3	15,7	840	214	26%	8	0	8,0	700	109	16%

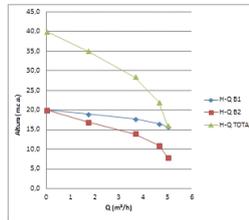
45

FL 03.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS

BOMBAS TRABAJANDO EN GRUPO

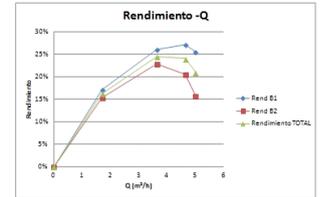
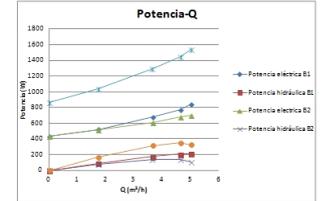
BOMBAS TRABAJANDO EN CONJUNTO	Pot. eléctrica TOTAL	Pot. hidráulica TOTAL	Rend. TOTAL
B1	0	0	0%
B2	1040	168,70	16%
B1+B2	1290	316,06	25%
B1+B2	1420	348,09	24%
B1+B2	1540	323,36	21%

GRÁFICAS DE RESULTADOS



46

FL 03.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS



47

PRÁCTICAS REALIZABLES

- Puesta en marcha de una bomba, análisis y estudio de los aspectos a tener en cuenta.
- Cebado de la bomba.
- Comprobación del sentido de giro.
- Sobreintensidad producida en el motor.
- Estudio y obtención de las curvas características de una bomba.
 - Altura-caudal (H-Q).
 - Potencia-caudal (P-Q)
 - Rendimiento-caudal (η -Q).
- Estudio de la cavitación, así como la obtención de la curva N.P.S.H.requerido-caudal.
- Estudio de las diferentes formas de regulación de una turbobomba.
- Variación de su velocidad de giro. Obtención de las nuevas curvas características.
- Modificación del punto de funcionamiento mediante la variación de la instalación de bombeo.
- Maniobrado de la válvula de impulsión.
- Análisis de bombas iguales funcionando en grupo.
 - Curvas características de funcionamiento en serie.
 - Altura-caudal (H-Q).
 - Potencia-caudal (P-Q).
 - Rendimiento-caudal (η -Q).
 - Curvas características de funcionamiento en paralelo.
 - Altura-caudal (H-Q).
 - Potencia-caudal (P-Q).
 - Rendimiento-caudal (η -Q).
- Análisis de bombas diferentes funcionando en grupo.
 - Curvas características de funcionamiento en serie.
 - Altura-caudal (H-Q).
 - Potencia-caudal (P-Q).
 - Rendimiento-caudal (η -Q).
 - Curvas características de funcionamiento en paralelo.
 - Altura-caudal (H-Q).
 - Potencia-caudal (P-Q).
 - Rendimiento-caudal (η -Q).

DATOS TÉCNICOSDiámetros interiores:

- Tubería aspiración:
 - \varnothing interior = 27,2 mm.
 - \varnothing exterior = 32 mm.
- Tubería impulsión:
 - \varnothing interior = 34 mm.
 - \varnothing exterior = 40 mm.

Manómetros:

- Tipo Bourdon con glicerina de -10,33+35 m.c.a (x3).
- Tipo Bourdon con glicerina de -10,33+70 m.c.a.

Características de la bomba:

- Altura manométrica máxima 24 m.c.a.
- Caudal: 20 / 120 l/min.
- Altura manométrica: 23 / 12 m.c.a.
- Potencia 0,55 kW (0,75 HP).
- Velocidad de giro 2.900 r.p.m. (50 Hz).

Indicadores de potencia:

- Vatímetros de escala 0-1200 W.

REQUERIMIENTOS

- Banco Hidráulico FL 01.4
- Alimentación eléctrica: 230V/50Hz.