

La curva de la bomba

Punto de trabajo, BEP, NPSHr y potencia: cómo leer la curva y qué pedir para comparar ofertas

Una bomba no entrega el caudal que dice la placa: entrega el caudal donde su curva corta la curva del sistema. Si ese punto queda lejos del punto de mejor rendimiento, la bomba funciona, pero gasta más energía, vibra más y consume sellos y rodamientos antes de tiempo. Leer bien la curva evita comprar la bomba equivocada.

Ideas clave

- El punto de trabajo lo define el cruce entre la curva de la bomba y la del sistema, no la placa.
- Operar entre 70 y 120 % del caudal del BEP protege rendimiento, sellos y rodamientos.
- Una bomba sobredimensionada trabaja a la izquierda del BEP y lo paga en confiabilidad.

Qué muestra la curva

La curva que entrega el fabricante tiene varias líneas sobre el mismo eje de caudal (Q). Cada una corresponde a una velocidad y a un diámetro de rodete determinados; si cambia alguno de los dos, cambia la curva.

Curva	Qué indica	Para qué la usás
H-Q (altura)	Altura que genera la bomba para cada caudal, en metros de columna de líquido	Ubicar el punto de trabajo
Rendimiento (η)	Relación entre potencia hidráulica y potencia en el eje	Ver dónde está el BEP y cuánto se aleja el punto de trabajo
Potencia (P)	Potencia absorbida en el eje	Dimensionar el motor para todo el rango, no solo para el punto nominal
NPSHr (NPSH3)	NPSH requerido; se define con una caída de 3 % en la altura	Compararlo con el NPSH disponible de la instalación

La altura se expresa en metros de columna del líquido bombeado y, para líquidos de baja viscosidad, no cambia con la densidad. La presión y la potencia sí: con un líquido más denso que el agua, la misma bomba entrega la misma altura pero más presión y absorbe más potencia.

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H / \eta$$

P potencia en el eje, en W

ρ densidad del líquido, en kg/m³

g aceleración de la gravedad, 9,81 m/s²

Q caudal, en m³/s

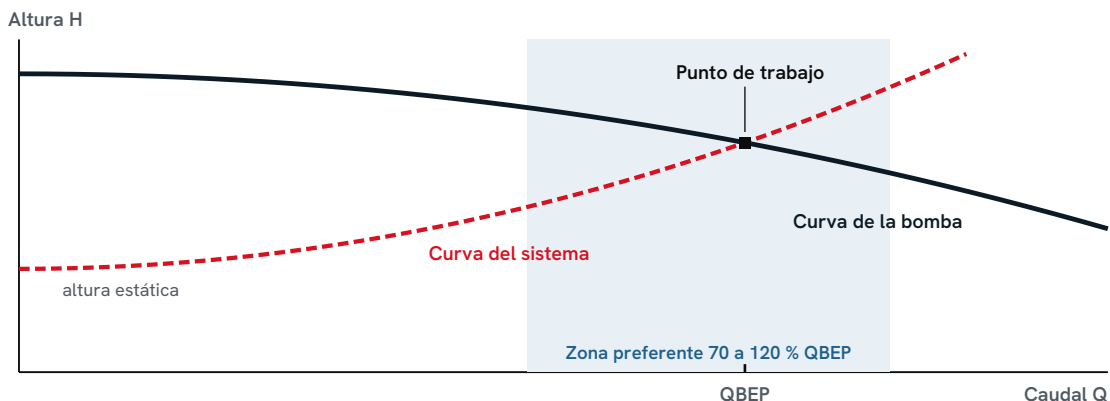
H altura, en m

η rendimiento de la bomba, como fracción

Ejemplo: agua, 100 m³/h (0,0278 m³/s), 50 m y rendimiento de 75 %. $P = 1.000 \cdot 9,81 \cdot 0,0278 \cdot 50 / 0,75 \approx 18,2$ kW en el eje.

Punto de trabajo, BEP y zona preferente

La **curva del sistema** suma la altura estática (diferencia de nivel y de presión entre el punto de aspiración y el de descarga) y las pérdidas por fricción, que crecen aproximadamente con el cuadrado del caudal. Donde esa curva corta la H-Q de la bomba está el punto de trabajo. Si se cierra una válvula o se ensucia un filtro, la curva del sistema se hace más empinada y el punto se corre a la izquierda.



El **BEP** (punto de mejor rendimiento) es el caudal donde la bomba tiene su rendimiento máximo. Ahí las fuerzas hidráulicas sobre el rodete están mejor equilibradas. La norma **ANSI/HI 9.6.3** define una zona de operación preferente (POR), que para la mayoría de las bombas centrífugas va de 70 a 120 % del QBEP, y una zona permitida (AOR), más amplia, que fija el fabricante de cada bomba.

- **A la izquierda del BEP:** aumentan las cargas radiales sobre el eje, aparece recirculación en la entrada y en la salida del rodete, sube la temperatura del líquido y la vibración. Sellos y rodamientos duran menos.
- **A la derecha del BEP:** sube el NPSHr y aumenta el riesgo de cavitación. En bombas radiales la potencia sigue creciendo con el caudal y el motor puede sobrecargarse.
- **Caudal mínimo continuo:** el fabricante lo indica en la hoja de datos. Por debajo de ese valor la bomba no debe operar de forma continua.

ERROR COMÚN

Comprar una bomba grande por las dudas. Ejemplo: una bomba con BEP en 100 m³/h que trabaja a 50 m³/h opera al 50 % del QBEP, fuera de la zona preferente, con más vibración y menos vida de sello, aunque el caudal alcance.

Rodete y velocidad: leyes de afinidad

Para cambiar el punto de trabajo sin estrangular con una válvula hay dos caminos: variar la velocidad con un variador o recortar el rodete. Las leyes de afinidad estiman el resultado.

$$Q_2/Q_1 = n_2/n_1 ; H_2/H_1 = (n_2/n_1)^2 ; P_2/P_1 = (n_2/n_1)^3$$

n velocidad de giro, en rpm

Q, H, P caudal, altura y potencia en puntos equivalentes de la curva

Caso	Caudal	Altura	Potencia
Punto original (2.950 rpm, rodete 250 mm)	100 m ³ /h	50 m	18,2 kW
Velocidad al 90 % (2.655 rpm)	90 m ³ /h	40,5 m	13,2 kW
Rodete recortado a 235 mm (94 %)	94 m ³ /h	44,2 m	15,1 kW

Ejemplo calculado con las leyes de afinidad sobre el punto de la fórmula anterior. Suponen rendimiento constante.

- Las leyes de afinidad trasladan un punto de la curva de la bomba, no el punto de trabajo. Si el sistema tiene mucha altura estática, bajar la velocidad reduce el caudal bastante más que en proporción, y por debajo de cierta velocidad la bomba deja de vencer la estática.
- El recorte de rodete aplicado como si fuera velocidad es una aproximación; sirve para recortes chicos. El diámetro mínimo y el resultado real los da el fabricante.
- El recorte es permanente. El variador permite ajustar el caudal según la demanda.

Bombas en paralelo y en serie

- **En paralelo:** a igual altura se suman los caudales. Dos bombas iguales no duplican el caudal real, porque el sistema pide más altura al aumentar el caudal; cuánto se gana depende de la pendiente de la curva del sistema.
- **En serie:** a igual caudal se suman las alturas. Se usa cuando una sola bomba no alcanza la altura o para dar NPSH a una bomba principal con una bomba de refuerzo.
- En paralelo conviene que las bombas tengan curvas parecidas y estables (la altura crece en forma continua al bajar el caudal hasta cero). Con curvas distintas, la bomba más débil puede quedar cerca de caudal cero y recalentarse.
- Revisá que cada bomba quede dentro de su zona preferente tanto con una sola en marcha como con todas en marcha.

Qué pedir en la hoja de datos

Dos ofertas solo se pueden comparar si informan los mismos datos. Pedí la curva de prueba o la certificada y la hoja de datos completa con estos valores:

Dato	Por qué importa
Caudal y altura en el punto nominal	Confirma que la bomba cumple el servicio
Caudal del BEP y % del QBEP en el punto nominal	Muestra si la bomba está bien elegida o sobredimensionada
Rendimiento en el punto nominal	Define el consumo de energía durante toda la vida del equipo
NPSHr en el punto nominal y en el caudal máximo esperado	Se compara con el NPSH disponible con margen
Potencia en el punto nominal y al final de la curva	Evita un motor que se sobrecarga cuando baja la contrapresión
Altura a caudal cero	Sumada a la presión de succión, fija la presión máxima que verán cañerías y válvulas
Diámetro de rodete ofrecido, máximo y mínimo	Indica cuánto margen queda para ampliar o recortar
Caudal mínimo continuo	Límite inferior de operación
Velocidad, materiales y tipo de sello	Condicionan desgaste, repuestos y compatibilidad
Norma y grado de prueba (por ejemplo ISO 9906)	Define las tolerancias aceptadas entre curva y bomba real

REGLA PRÁCTICA

Entre dos bombas que cumplen el punto, elegí la que lo tiene más cerca de su BEP, aunque la otra tenga más margen de altura.

Checklist para planta

- ☐ Medí caudal y presiones reales de cada bomba crítica y ubicá el punto en la curva del fabricante.
- ☐ Calculá a qué % del QBEP trabaja cada equipo.
- ☐ Marcá como prioridad los equipos que operan fuera de 70 a 120 % del QBEP.
- ☐ Revisá si hay válvulas de descarga estranguladas en forma permanente.
- ☐ Verificá que el motor cubra la potencia al final de la curva, no solo en el punto nominal.
- ☐ Compará el NPSHr en el caudal máximo con el NPSH disponible de la instalación.
- ☐ Archivá curva y hoja de datos de cada bomba junto con su diámetro de rodete real.
- ☐ En compras nuevas, exigí la misma hoja de datos a todos los oferentes.

Cómo te ayuda WPM

Te ayudamos a seleccionar la bomba a partir de los datos reales del sistema y a comparar ofertas sobre la misma base. Si ya tenés el equipo instalado, medimos caudal con equipo ultrasónico y presiones en campo para ubicar el punto de trabajo en la curva.

WhatsApp +54 9 299 455-3106 · ventas@wpmweb.com.ar

www.wpmweb.com.ar/productos-y-repuestos

Taller y oficinas: Tita Merello 3200, Neuquén Capital. Más de 25 años en bombas y motores.

Referencias. ANSI/HI 9.6.3 — Rotodynamic Pumps: Guideline for Operating Regions · ISO 9906 — Bombas rotodinámicas: ensayos de aceptación de rendimiento hidráulico

Contenido orientativo. Los valores de referencia no reemplazan las indicaciones del fabricante del equipo ni la evaluación en sitio.