

# Bombas Dosificadoras De Diafragma Hidráulico PULSAfeeder SERIES PULSAR<sup>®</sup> Y PULSA<sup>®</sup>

## CORRECTO DISEÑO DE UNA INSTALACION

Cuando se diseña un sistema para dosificación de productos químicos con una bomba dosificadora alternativa hidráulicamente equilibrada, hay algunos parámetros a considerar para asegurar el correcto funcionamiento del sistema. Las propiedades del fluido de proceso a considerar son: La presión de vapor, densidad relativa y viscosidad. Otras variables que afectan al comportamiento de las bombas dosificadoras alternativas son la presión de aspiración del sistema en la entrada de la bomba, contrapresión del sistema en la descarga de la bomba, longitud y diámetro de las tuberías del sistema, y ausencia de aire ó partículas extrañas. Cuando se consideran todas estas variables y se siguen los principios básicos de hidráulica, la instalación y funcionamiento de una bomba dosificadora alternativa será excelente. Este Boletín Técnico se ha preparado para dar una breve descripción y algunas reglas básicas en la aplicación de bombas dosificadoras alternativas hidráulicamente equilibradas.

### PUNTOS CONFLICTIVOS

1. Tuberías con excesivo número de accesorios, válvulas y/ó codos.
2. Presión de aspiración inferior a la atmosférica ó columna de líquido en aspiración pequeña.
3. Tubería de aspiración ó descarga insuficientes.
4. Presencia de burbujas de aire en el líquido de proceso. Presión de vapor inusualmente alta.
5. Punto de trabajo cercano al NPSH<sub>R</sub>.
6. Densidad del líquido inusualmente alta.
7. Viscosidad muy alta.
8. Líneas de aspiración ó descarga muy largas.
9. Presión de aspiración mayor que la de descarga.
10. Bombeo a temperaturas inusualmente altas ó bajas
11. Contenido en sólidos ó lodos. (El tamaño de las tuberías es importante para minimizar la colmatación).
12. Instalación exterior en climas frios.
13. Tuberías con tramos a diferentes alturas. (Esto puede provocar problemas de presencia de aire en las mismas por la dificultad en su evacuación).

### CARACTERISTICAS DE LAS BOMBAS DOSIFICADORAS

La mayoría de las bombas centrífugas y rotativas tienen un caudal estable en el tiempo. Bajo condiciones normales de funcionamiento hay muy poca variación en la velocidad del líquido bombeado. Este no es el caso de las bombas dosificadoras alternativas, que provocan que el fluido experimente picos de velocidad y aceleraciones tanto en la línea de aspiración como de descarga. Con estas bombas, el fluido está inicialmente en reposo (leva de rotación del pistón a 0°, ver figura 1) y la velocidad y aceleración del mismo son nulas.

El fluido se acelera durante el ciclo de descarga hasta la velocidad máxima que se produce a los 90° de rotación de la leva de accionamiento del pistón. De igual forma, el ciclo de aspiración comienza con el fluido en reposo (180° de rotación de la leva) y es acelerado hasta alcanzar la velocidad máximo a los 270° de rotación de la leva de accionamiento del pistón. La fuerza de inercia necesaria para empezar el bombeo en ambos ciclos es la de mayor importancia. Debido a estas características del flujo, común a todas las bombas dosificadoras de tipo alternativo, se deberá tener especial consideración con todos aquellos parámetros que afecten al funcionamiento de la bomba .

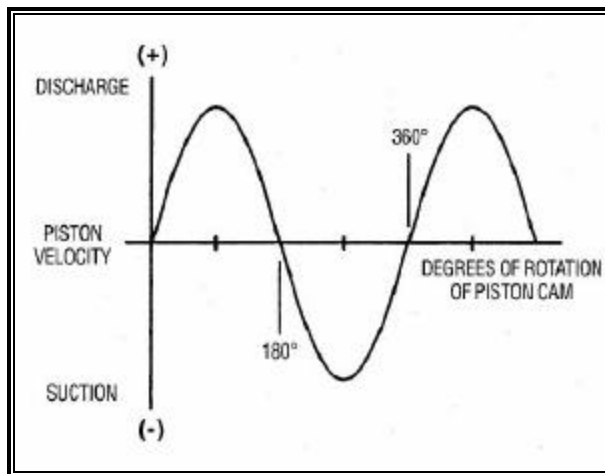


Figura 1 . Perfil de velocidad de pistón en una bomba dosificadora alternativa

## DISEÑO DEL SISTEMA DE TUBERIAS

Todas las tuberías deberán incluir:

1. Válvulas de corte en las líneas de aspiración y descarga con diámetro de paso igual al diámetro interior de las tuberías (de bola preferiblemente). No se recomienda el uso de válvulas de regulación (aguja, diafragma ó compuerta).
2. Uniones ó bridas en las tuberías de descarga y aspiración.
3. Un filtro en aspiración cuando el producto no sea un lodo. Dimensionarlo de forma que para el máximo caudal, la sección de paso no provoque una colmatación rápida.
4. Soportar convenientemente las tuberías.
5. Elegir los materiales de forma que no exista corrosión galvánica ni por ataque químico.

No es recomendable soldar tubos de empalme ó tubería a los cuerpos de válvula.

### ALTURA REQUERIDA EN ASPIRACION

Todas las bombas dosificadoras alternativas necesitan una presión neta positiva en aspiración (NPSH<sub>r</sub>). Los valores para la serie PULSA y PULSAR se muestran en la Tabla 1. El NPSH<sub>r</sub> se define como la presión requerida por encima de la presión de vapor (absoluta) del fluido a la temperatura de bombeo. Esta presión se requiere en el puerto de aspiración de la bomba en todo el ciclo de la carrera del pistón para evitar la cavitación del fluido de proceso en la cabeza de impulsión de la bomba. El NPSH<sub>r</sub> es imprescindible para asegurar la precisión en la dosificación.

NPSH <sub>r</sub>	Pulsar	Pulsa
bar (a)	0,21	0,35
psi a	3	5

Tabla 1 . Valores de NPSH<sub>r</sub>

La altura neta positiva disponible en aspiración (NPSH<sub>d</sub>) debe ser mayor que el NPSH<sub>r</sub>. El NPSH<sub>d</sub> de un sistema dado se calcula de la siguiente manera:

$$NPSH_d = P_{TA} \pm P_H - P_V - \left( \frac{L_A R G Q}{C_1 d^2} \right)$$

Ec. 1 . NPSH<sub>d</sub> para fluidos con viscosidad < 50 cps

$$NPSH_d = P_{TA} \pm P_H - P_V - \sqrt{\left( \frac{L_A R G Q}{C_1 d^2} \right)^2 + \left( \frac{L_A m Q}{C_2 d^4} \right)^2}$$

Ec. 2 . NPSH<sub>d</sub> para fluidos con viscosidad ≥ 50 cps

Las variables usadas en las ecuaciones 1 a 5, deben estar necesariamente expresadas en las unidades que aparecen en la Tabla 2, de forma que las constantes C<sub>1</sub> y C<sub>2</sub> sean correctas.

Variable	Unidades	
	Metricas	Inglesas
NPSH	bar	psi
P <sub>TA</sub>	bar (a)	psia
P <sub>H</sub>	bar	psi
P <sub>V</sub>	bar (a)	psia
L <sub>A</sub>	m	pies
R	c.p.m.	s.p.m.
G	adimensiona l	adimensiona l
Q	l/h	galon/h
d	mm	pulgada
μ	cps	cps
L <sub>D</sub>	m	pies
P <sub>P</sub>	bar	psi
V <sub>P</sub>	m/s	pies/s
C <sub>1</sub>	640	24600
C <sub>2</sub>	1,84	45700
C <sub>3</sub>	0,91	46,8

Tabla 2 . Unidades y valores de las constantes aplicables en las ecuaciones 1 a 5.

**Nota:** Si el diámetro de la tubería de aspiración varía a lo largo de su recorrido, se pueden añadir sumandos que corresponden a las caídas de presión debidas a los cambios de aceleración del líquido de proceso. Usar el último término de la ecuación 1 y 2 tantas veces como cambios de diámetro haya en la tubería de aspiración. (cada sumando de la ecuación reflejará la longitud y diámetro de cada tramo diferente).

Todas las bombas dosificadoras alternativas también necesitan una presión **absoluta** mínima denominada Columna de Líquido Mínima en Aspiración (MSH), que debe ser mantenida en la entrada de la bomba durante todo el ciclo de la carrera del pistón, a fin de asegurar que el sistema hidráulico sea estable y el funcionamiento de la bomba correcto. La suma del NPSH<sub>d</sub> y de la presión de vapor del líquido de proceso, P<sub>V</sub>, debe ser mayor que los valores mostrados en la Tabla 3.

MSH	Pulsar	Pulsar *	Pulsa
Bar (a)	0,35	0,53	0,66
Psi a	5	7,5	9,5

\* Pulsar con sistema detección rotura diafragma PULSAlarm

**Tabla 3 . Valores mínimos de la suma de  $NPSH_d$  y  $P_v$  . MSH**

## CONTRAPRESION DEL SISTEMA

La presión aguas arriba de la bomba debe ser al menos 0,35 bar mayor que la presión de aspiración para evitar retroceso del líquido de proceso. En cualquier caso la presión en la descarga no será superior a la nominal de la bomba. El retroceso se puede definir como la circulación del líquido de proceso desde una zona de mayor presión a otra de menor (bombeo en contracorriente), y provoca fallos en el bombeo y caudal en retroceso en la parada de la bomba. Si la contrapresión en el sistema es menor que la presión de aspiración más 0,35 bar, se deberá instalar una válvula de contrapresión en la tubería de descarga. Para calcular la contrapresión total en el sistema usar las ecuaciones 3 ó 4 en función de la viscosidad del fluido de proceso.

$$P_T = \left( \frac{L_D R G Q}{C_1 d^2} \right) + P_p \pm P_H$$

**Ec. 3 . Contrapresión para fluidos con viscosidad < 50 cps**

$$P_T = \sqrt{\left( \frac{L_D R G Q}{C_1 d^2} \right)^2 + \left( \frac{L_D \rho Q}{C_2 d^4} \right)^2} + P_p \pm P_H$$

**Ec. 4 . Contrapresión para fluidos con viscosidad  $\geq$  50 cps**

## VELOCIDAD DEL LIQUIDO DE PROCESO

A menudo la velocidad del líquido de proceso se utiliza para determinar el tamaño adecuado de las tuberías. Como la velocidad del líquido de proceso en una bomba alternativa varía en cada carrera del pistón de la bomba, el dimensionamiento de las tuberías debe basarse en la velocidad máxima del

$$V_p = \frac{Q}{C_3 d^2}$$

fluido en lugar de la velocidad media. La velocidad máxima (de pico) generada por una bomba dosificadora de desplazamiento positivo puede calcularse usando la siguiente fórmula.

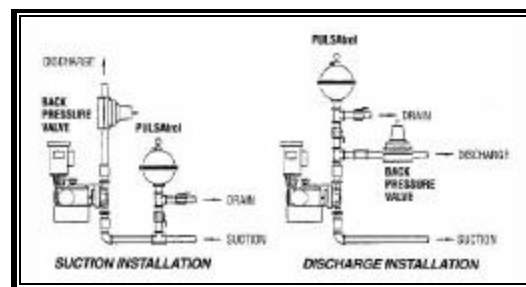
**Ec. 5 . Velocidad de pico ó máxima en una bomba dosificadora alternativa. El valor de la constante  $C_3$  es el que figura en la Tabla 2.**

## AMORTIGUADORES DE PULSOS PULSArol

Un amortiguador de pulsaciones es un recipiente en el que se monta un separador elástico (diafragma), y que se utiliza para acumular energía. En el caso de las bombas dosificadoras alternativas la energía que se acumula es la que se produce por la aceleración del líquido de proceso. Cuando se usa un PULSArol en el lado de aspiración de una bomba dosificadora, mejoran las condiciones de aspiración al reducir las pérdidas de carga asociadas con la aceleración del líquido de proceso. En el lado de descarga de la bomba, el amortiguador protege de picos de presión a equipos sensibles instalados aguas arriba de la bomba, y transforman el caudal pulsante a un caudal casi lineal al reducir los picos de caudal y presión generados por este tipo de bombas. Con independencia de si el PULSArol se instala en el lado de aspiración ó descarga, se instalará siempre lo más cerca posible de la bomba para reducir la longitud de tubería con flujo pulsante.

En muchas instalaciones se puede reducir el diámetro de las tuberías instalando un PULSArol en las líneas de descarga y aspiración. El uso del amortiguador de pulsaciones permite también utilizar bombas más pequeñas con una mayor frecuencia de embolada, lógicamente con menor coste que una bomba de mayor capacidad con menor frecuencia de embolada.

Cuando se instala un amortiguador PULSArol, las longitudes de tubería,  $L_A$  y  $L_D$ , que figuran en las ecuaciones 1 a 4, serán las distancias entre la bomba y el amortiguador de pulsaciones en aspiración y descarga respectivamente. Para la tubería restante, desde el amortiguador hasta el final de línea, se deberá usar la pérdida de carga de sistemas con caudal constante. (El valor de estas pérdidas puede obtenerse en cualquier tabla de pérdidas de carga que se base en la fórmula de Darcy). La pérdida de carga con caudal constante debe además restarse de los cálculos de  $NPSH_d$  y contrapresión del sistema (ecuaciones 1 a 4).



**Figura 2 . Instalación de amortiguadores de pulsaciones PULSArol en aspiración y descarga.**

## NOMENCLATURA

$NPSH_R$	Altura neta positiva en aspiración requerida	bar
$NPSH_d$	Altura neta positiva en aspiración disponible	bar
$P_{TA}$	Presión en la superficie del líquido de proceso (atmosférica ó a la que se encuentre el tanque de sumin.)	bar (a)
$P_H$	Columna de líquido por encima (+) ó debajo (-) del eje de la bomba	bar
$P_V$	Presión de vapor absoluta del líquido de proceso a la temperatura de bombeo	bar (a)
$L_A$	Longitud de la tubería de aspiración (real no equivalente)	m
$R$	Frecuencia de embolada	spm
$G$	Densidad relativa del líquido de proceso	adim
$Q$	Caudal de bombeo	l/h
$D$	Diámetro interior de la tubería	mm
$\mu$	Viscosidad del líquido de proceso a la temperatura de bombeo	cps
$L_D$	Longitud de la tubería de descarga (real no equivalente)	m
$P_p$	Presión de descarga	bar m
$V_p$	Velocidad máxima (de pico) generada por la bomba (aspiración y descarga)	m/s
$C_1, C_2, C_3$	Constantes numéricas usadas en las ecuaciones 1 a 5	adim

### EJEMPLO

Acido sulfúrico al 93% con una densidad relativa de 1,83 y una viscosidad a la temperatura de bombeo de 25 cps. La Presión de vapor a T.B. es de 0,007 bar a. Queremos dosificar este fluido con un caudal de 908,4 l/h. Se debe vencer una presión en el sistema de 6.9 bar. La instalación está a nivel del mar y el tanque donde descargamos está a presión atmosférica. El trazado de instalación propuesto tiene tubería en aspiración con diam. interior de 40,9 mm y una longitud total de 6,1 m. Se elige para esta aplicación una bomba PULSAR con una frecuencia de embolada de 58 cpm.

**Se debe determinar si con una columna en aspiración de 1,22 m la bomba funcionará adecuadamente en las condiciones expuestas anteriormente.**

### Solución

El  $NPSH_R$  se deduce de la tabla 1 y es 0,21 bar (a) para la serie PULSAR. Para calcular el  $NPSH_d$  de la instalación se calcula con la ec. 1 por ser un fluido de menos de 50 cps.

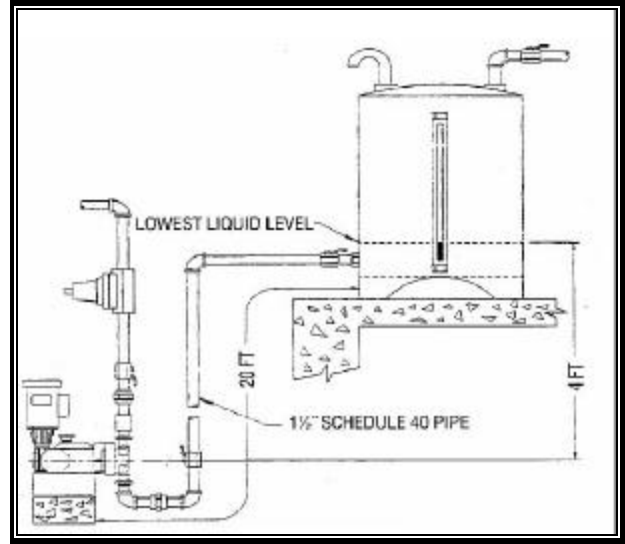


Figura 3. Esquema de instalación de la aplicación del ejemplo

$$P_H [\text{bar}] = m_{\text{FLUIDO}} \times \frac{1 \text{ bar}}{10,2 \text{ m.c.a.}} \times G = 1,22 \times 0,098 \times 1,83 = 0,22$$

Usar  $C_1$  de la tabla 2, y considerar que la presión atmosférica a nivel del mar es 1,013 bar, de forma que:

$$NPSH_d = P_{TA} \pm P_H - P_V - \left( \frac{L_A R G Q}{C_1 d^2} \right)$$

$$NPSH_d = 1,013 + 0,22 - 0 - \left( \frac{6,1 \times 58 \times 1,83 \times 908,4}{640 \times 40,9^2} \right)$$

$$NPSH_d = 0,7 \text{ bar}$$

Como el  $NPSH_d$  es mayor que el  $NPSH_R$ , el sistema tendrá condiciones de aspiración adecuadas para evitar la cavitación del líquido de proceso.

Como el  $NPSH_d + V_p = 0,7 + 0,007 = 0,707$  bar es mayor que 0,35 bar de MSH requerido para la serie PULSAR, el sistema hidráulico de la bomba funcionará en condiciones de estabilidad.