

Los variadores de frecuencia (VFD, por sus siglas en inglés) reducen el consumo de energía y los costos de mantenimiento de las bombas, a la vez que mejoran la sostenibilidad.



En el ámbito industrial, las bombas desempeñan una tarea en varios lugares de una planta, y se estima que las diversas variantes de bombas contribuyen al consumo del 10 % de la energía a nivel global. Esto convierte a este sector en un punto focal fundamental para abordar el desafío principal de la conservación energética.

Bombas: el 85 % del costo total de operación proviene de la energía que éstas consumen



Las bombas centrífugas, que operan con un rotor o impulsor, destacan por su amplia utilización y su asequibilidad relativa. Su aplicación es común en la industria de alimentos y bebidas, especialmente en el manejo de fluidos de baja viscosidad. En esta área, abarcan tareas como la recepción de la leche, la pasteurización, el tratamiento aséptico/UHT, la manipulación de jugos, la limpieza CIP y la filtración. A pesar de esta familiaridad, es posible que le sorprenda saber que el 85 % del costo total de propiedad (TCO) de una bomba centrífuga económica proviene del consumo de energía! Estamos aquí para ilustrarle cómo transformar esta realidad en su beneficio.

Ahorro significativo de energía gracias al VFD

En numerosas líneas de la industria alimentaria y de bebidas, es necesario que las bombas sean capaces de funcionar a diversos caudales con el fin de adecuarse a los requisitos de procesamiento y a las fórmulas o ingredientes específicos. Si se dispone de un sistema de regulación, para limitar el flujo simplemente es necesario cerrar una válvula.

No obstante, este escenario conlleva dos consecuencias desfavorables. En primer término, se eleva la contrapresión dentro de la bomba, generando adicionalmente calor y potencialmente provocando la degradación del producto o el desgaste de componentes como los sellos mecánicos. En segundo lugar, el funcionamiento se torna ineficaz y podría incluso acarrear daños a la propia bomba.

La buena noticia radica en que existe una opción que puede generar un ahorro energético considerable. Esta consiste en la simple combinación de la bomba con un Variador de Frecuencia (VFD, por sus siglas en inglés), o convertidor de frecuencia. Al variar la frecuencia eléctrica de entrada, se ajusta simultáneamente la velocidad de operación de la bomba. Este enfoque permite que la bomba se utilice de manera óptima para manejar distintos líquidos con variadas viscosidades, presiones hidrostáticas y caudales.

Comparemos estos dos métodos de control de procesos en la tabla que sigue. Partiendo de un caudal de 70 m³/hora a la capacidad máxima de la bomba, la cual consume 26 kW de energía, los dos sistemas parecen idénticos. Sin embargo, si se deseara reducir el caudal al 60 % de su capacidad, el sistema regulador continuaría demandando 21 kW de energía. En contraste, el sistema VFD solo consumiría 9 kW. Así, el VFD se convierte en una inversión modesta que genera ahorros sustanciales en términos económicos.

Caudal (m ³ /hr)	% de caudal	Sistemas regulados	Sistemas VFD
70	100 %	26 kW	26 kW
56	80 %	23 kW	16 kW
42	60 %	21 kW	9 kW
35	50 %	20 kW	6 kW

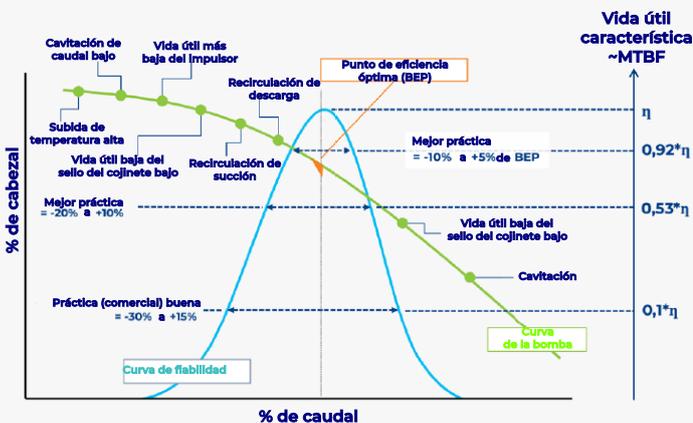
Un VFD mantiene a su bomba "en forma": mejora el rendimiento, la vida útil del equipo y la sostenibilidad

Elegir la bomba correcta desde el principio significa seleccionar aquella que le otorgue el rango de rendimiento que se ajuste a sus aplicaciones, lo cual es un buen comienzo. Sin embargo, la mayoría de las bombas tendrán que variar su rendimiento, dependiendo de las demandas de una aplicación dada, los cambios del producto, la calidad de las materias primas o los ingredientes especiales. Cada bomba tiene un perfil de rendimiento que se puede trazar contra una curva de fiabilidad, como se muestra en la curva que se encuentra a continuación.

En este diagrama, una bomba tiene un punto de eficiencia óptima (BEP, por sus siglas en inglés), y la mejor práctica es mantenerla dentro del -10 % y +5 % de ese punto.

Curva de fiabilidad de la bomba, BEP = BOP

Curva de sensibilidad de la bomba para su fiabilidad



La bomba trabajará dentro de la curva de fiabilidad pero, cuanto más se aleje del BEP, operará de manera menos confiable y las fallas se volverán más frecuentes (ver MTBF en el eje derecho). Esto ilustra otra diferencia. Si utiliza el método de estrangulamiento mecánico para reducir el caudal, no solo perderá energía al no lograr el punto de eficiencia óptima sino que la bomba podría experimentar vibración y mayor contrapresión, lo cual, en consecuencia, desgastaría los impulsores, los cojinetes y los sellos. Toda la energía ahorrada se transforma en calor, lo cual produce una posible degradación del producto alimenticio.

Un sistema VFD simplemente reduce la frecuencia de la bomba —y, por lo tanto, la velocidad— sin riesgos potenciales de impacto de corte y de temperatura en productos sensibles. Esto significa que los costos de mantenimiento disminuyen por la alta fiabilidad y durabilidad, y se logra una mejor sostenibilidad, gracias a la disminución de pérdidas de producto y emisiones. Además, como muestra el diagrama, al utilizar un VFD para regular el caudal, la bomba se mantiene operando "dentro de la zona" donde la eficiencia es más alta, por lo que se ahorran costos energéticos generales.



La cuenta es sencilla: si no está utilizando su bomba al 100 %, realmente puede sacar beneficio de un VFD porque la cantidad de energía que puede ahorrar al controlar el caudal de esa manera es increíble. "En cambio, si utiliza el método de estrangulamiento mecánico para regular sus bombas, inmediatamente comienza a alejarse del punto de eficiencia óptima. Entonces empezará a ver vibraciones y contrapresión adicionales, y es posible que disminuya la vida útil del sello mecánico, lo cual lleva a fallas costosas y mayor inactividad."



Angelo Mennecillo,

Jefe de Producto de Componentes de Planta de Tetra Pak®

Estudio de caso

Una importante empresa láctea en Dinamarca utilizaba cinco bombas distintas para la filtración del suero lácteo, y una auditoría breve descubrió que dos bombas de otro fabricante trabajaban las 24 horas del día, los siete días de la semana, pero solamente a una eficiencia del 50 %. La mitad de su energía se gastaba en mover líquido y la otra mitad causaba vibraciones dañinas en toda la línea de proceso.

Luego, cuando estas dos bombas se averiaron por culpa de la fatiga y la vibración, se las reemplazó con dos bombas LKH combinadas con VFD. Al bajar el consumo de energía de 186 kW/h a 142 kW/h, se produjo un 20 % de ahorro en los costos energéticos anuales, o €37 000. En vez de necesitar cuatro visitas técnicas por año, las nuevas bombas están funcionando hace más de un año sin mantenimiento, lo cual resultó en 192 horas adicionales de disponibilidad y €24 000 ahorrados por el mantenimiento reducido.

Las reducciones en las emisiones fueron igual de impactantes con una reducción anual de 212 toneladas métricas de CO₂. El tiempo de recuperación de la inversión en las bombas y los convertidores de frecuencia fue de tan solo 16 meses.

La cuenta es más fácil de lo que piensa

Ya que la mayoría de las bombas centrífugas se impulsan mediante un motor eléctrico, la velocidad de la bomba equivale, con frecuencia, a la velocidad del motor, y la velocidad y el diámetro del impulsor determinan el cabezal o la presión de la bomba. Sin embargo, cambiar la velocidad cambia los requerimientos del cabezal, el caudal y la energía de la bomba según las siguientes Leyes de afinidad:

1. El caudal (volumen/hora) varía **proporcionalmente** con el cambio de velocidad. El doble de velocidad implica el doble de caudal. Un tercio de velocidad produce un tercio de caudal.
2. El cabezal de la bomba (presión) varía con el **cuadrado** del cambio de velocidad. El doble de velocidad genera el cuádruple (2²) de cabezal. El ochenta por ciento de velocidad genera el 64 por ciento (.802) del cabezal generado por la velocidad completa.
3. El requerimiento de energía (kW) varía por el **cubo** del cambio de la velocidad. El doble de velocidad utiliza ocho veces (2³) la cantidad de energía. La mitad de la velocidad requiere solamente un octavo (.503) de energía para impulsar la bomba.