



Abril 22 de 2014, Víctor Rincón – Ingeniero de Marketing – Low Voltage Drives

VARIADORES DE VELOCIDAD EN SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA ABB LTDA

AGENDA

- **Cuál es el propósito de un motor AC?**
- **Definición General: Variador de velocidad.**
- **Construcción y funcionamiento básico de un variador de velocidad.**
- **Métodos de arranque en sistemas de bombeo.**
- **Control de Flujo de Agua.**
- **Métodos de control de flujo de agua.**
- **Funciones de control en sistemas de bombeo con VSD.**
- **Costo del Ciclo de vida en sistemas de bombeo.**
- **Resumen.**

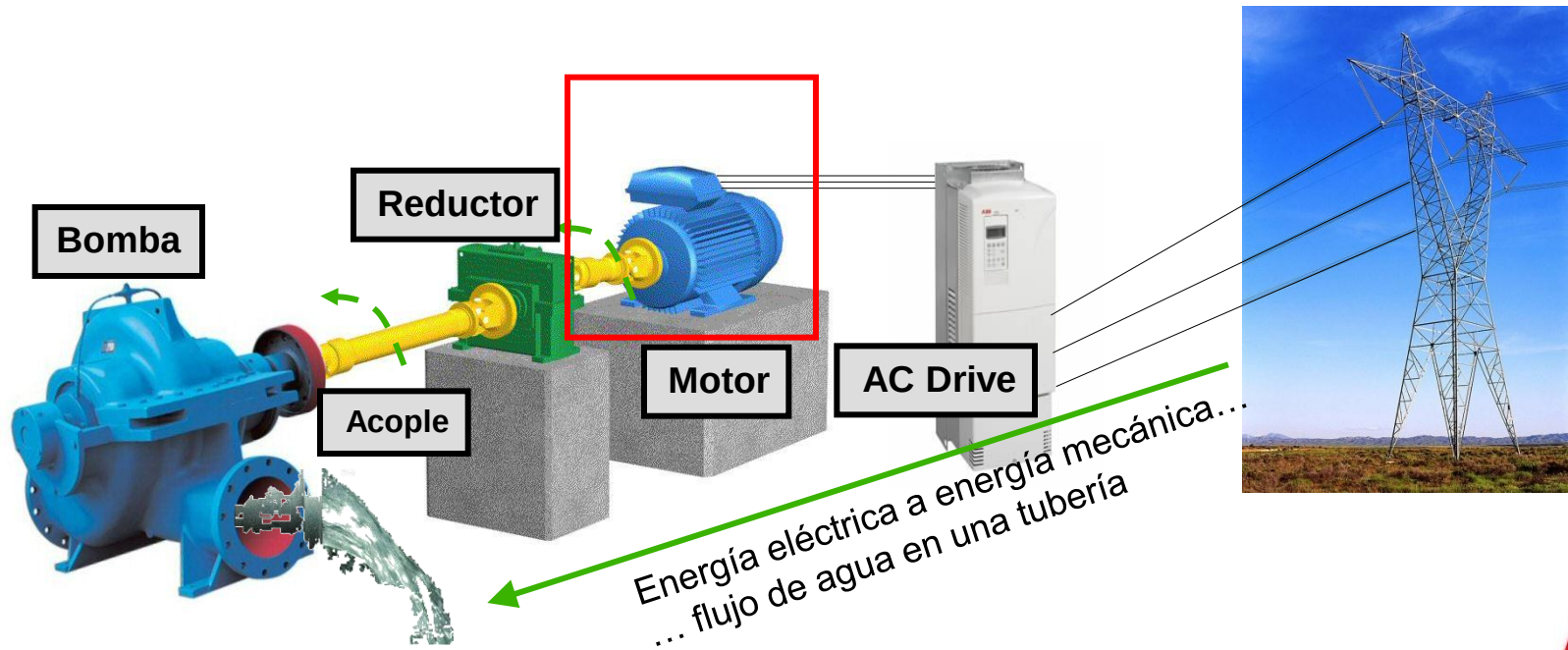
AGENDA

- **Cuál es el propósito de un motor AC?**
- Definición General: Variador de velocidad.
- Construcción y funcionamiento básico de un variador de velocidad.
- Métodos de arranque en sistemas de bombeo.
- Control de Flujo de Agua.
- Métodos de control de flujo de agua.
- Funciones de control en sistemas de bombeo con VSD.
- Costo del Ciclo de vida en sistemas de bombeo.
- Resumen.

Propósito del motor

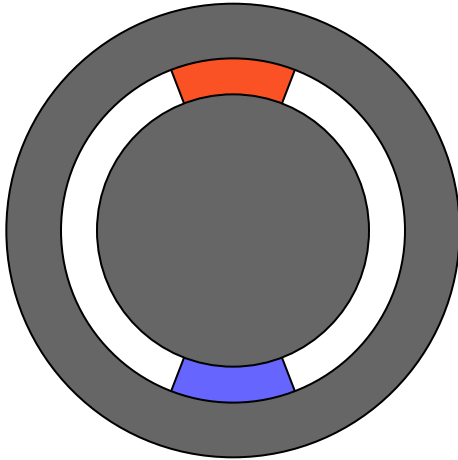
- **¿Cuál es el propósito de un motor AC?**

- El propósito es convertir la energía eléctrica en energía mecánica y generar un movimiento de rotación utilizando los siguientes componentes:
- Suministro de energía eléctrica.
- Reductores.
- Acoples.
- Máquina accionada, ej. Una bomba, o banda transportadora



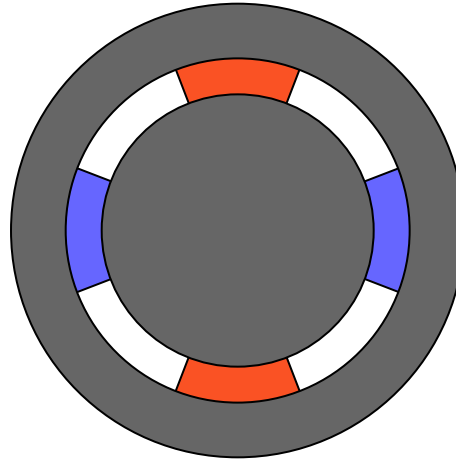
Polos, Pares de Polos y Velocidad de Rotación

2-polos (1 par)



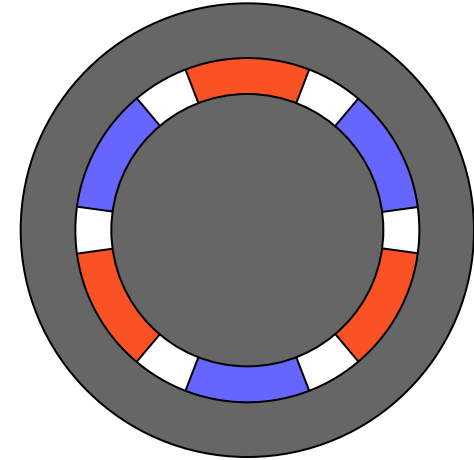
3600 rpm

4-polos (2 pares)

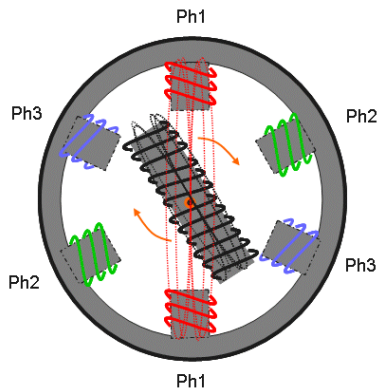


1800 rpm

6-polos (3 pares)



1200 rpm



$$n_{\text{sin.}} = \frac{60 \times \text{frecuencia_de_entrada}}{\text{numero_de_pares_polos}} = \text{rpm}$$

¿Qué ocurre con la velocidad del motor si disminuimos la frecuencia de entrada?

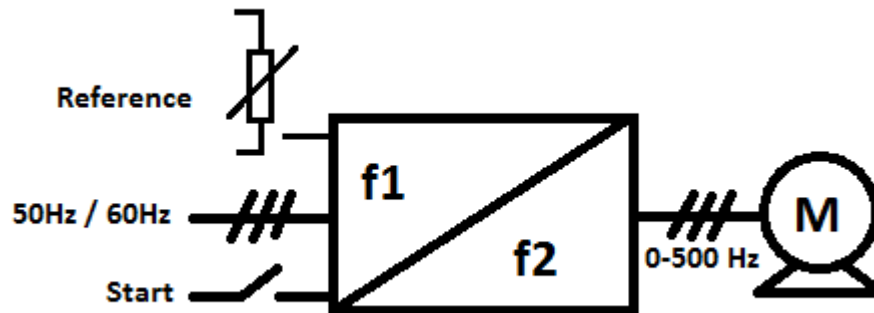
¿Cuál es el dispositivo que nos permite variar la frecuencia de entrada del motor?

AGENDA

- Cuál es el propósito de un motor AC?
- **Definición General: Variador de velocidad.**
- Construcción y funcionamiento básico de un variador de velocidad.
- Métodos de arranque en sistemas de bombeo.
- Control de Flujo de Agua.
- Métodos de control de flujo de agua.
- Funciones de control en sistemas de bombeo con VSD.
- Costo del Ciclo de vida en sistemas de bombeo.
- Resumen.

Definición General

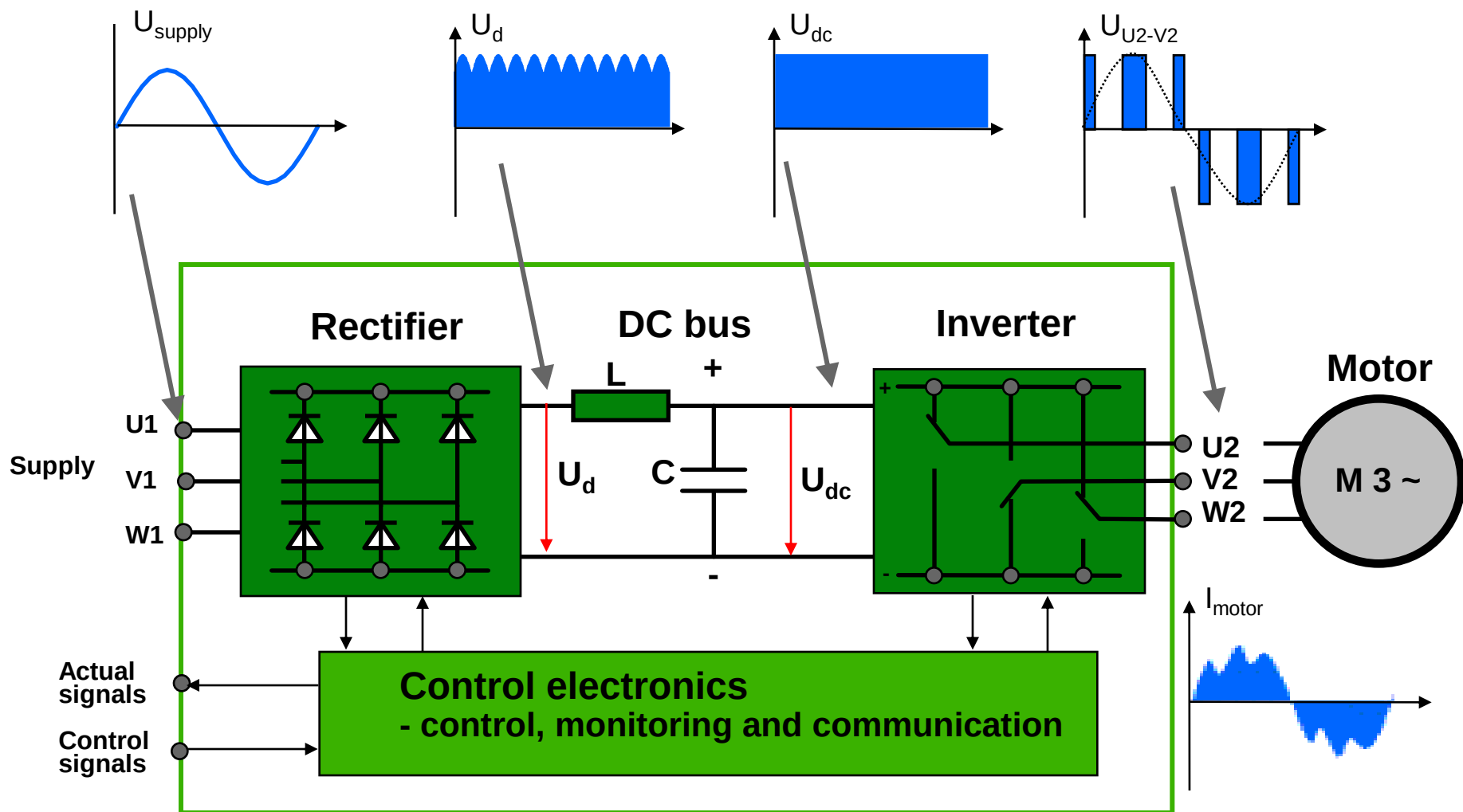
- AC Drive, Frequency converter, Addjustable Frequency Drive (AFD), Variable Speed Drive (VSD), Variable Frequency Drive (VFD)
- Es un dispositivo con:
 - ☞ Tres fases de entrada, tres fases de salida hacia el motor
 - ☞ Entrada para un comando de start - stop
 - ☞ Señal de referencia para controlar la salida de frecuencia



AGENDA

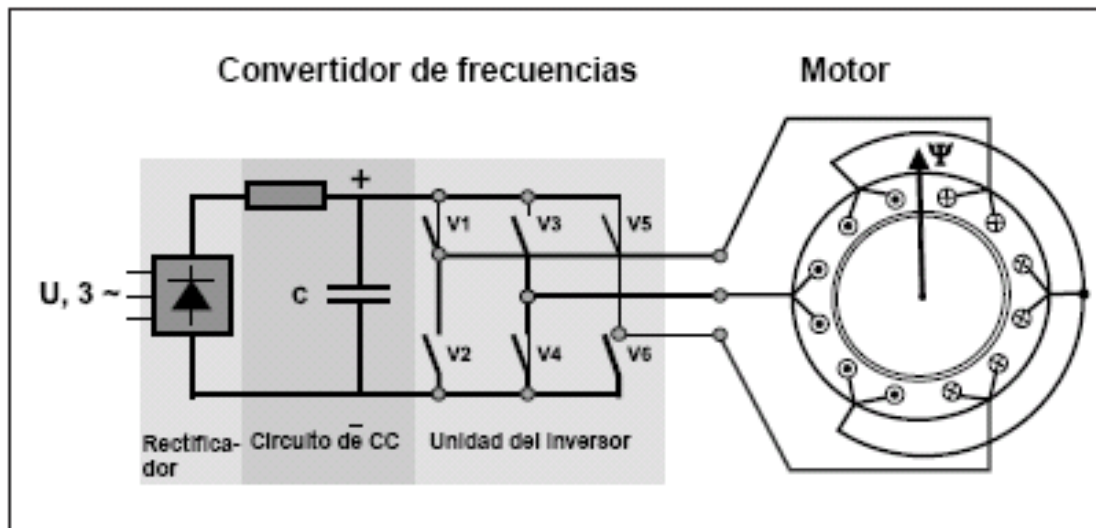
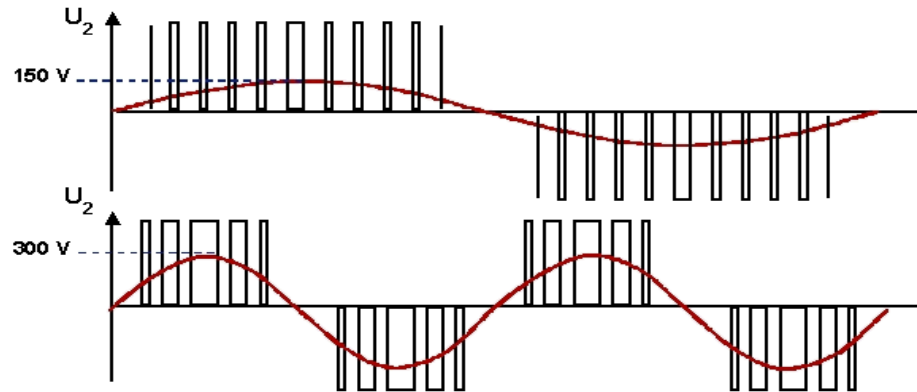
- Cuál es el propósito de un motor AC?
- Definición General: Variador de velocidad.
- **Construcción y funcionamiento básico de un variador de velocidad.**
- Métodos de arranque en sistemas de bombeo.
- Control de Flujo de Agua.
- Métodos de control de flujo de agua.
- Funciones de control en sistemas de bombeo con VSD.
- Costo del Ciclo de vida en sistemas de bombeo.
- Resumen.

Construcción y funcionamiento de un VSD



Inversor - PWM

- La capacidad del motor de CA de convertir la energía eléctrica en mecánica se basa en la inducción electromagnética. La tensión en el bobinado del estator genera la corriente y el flujo magnético

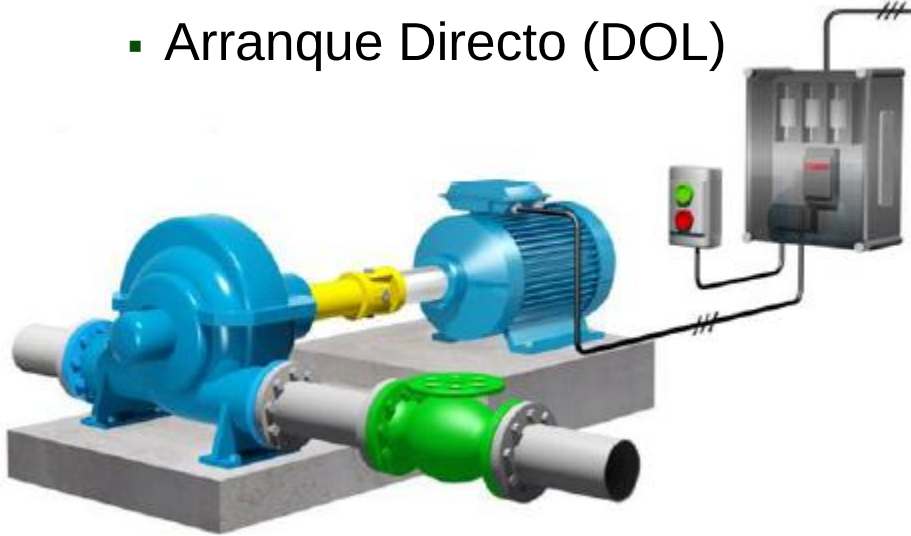


AGENDA

- Cuál es el propósito de un motor AC?
- Definición General: Variador de velocidad.
- Construcción y funcionamiento básico de un variador de velocidad.
- **Métodos de arranque en sistemas de bombeo.**
- Control de Flujo de Agua.
- Métodos de control de flujo de agua.
- Funciones de control en sistemas de bombeo con VSD.
- Costo del Ciclo de vida en sistemas de bombeo.
- Resumen.

Métodos de arranque de motor comunes en sistemas de bombeo.

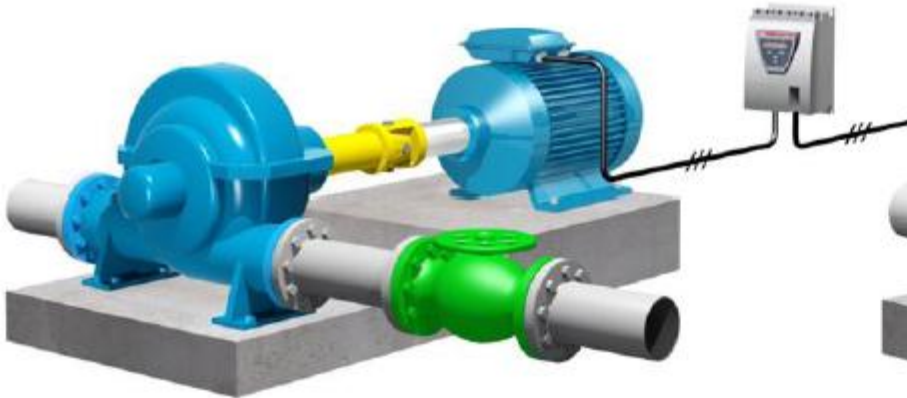
- Arranque Directo (DOL)



- Arranque Estrella Delta (Y/D)



- Arranque Suave (Soft-Starter)



- Arranque Con VSD



Métodos de arranque de motor comunes en sistemas de bombeo.

ARRANQUE DIRECTO (DOL)

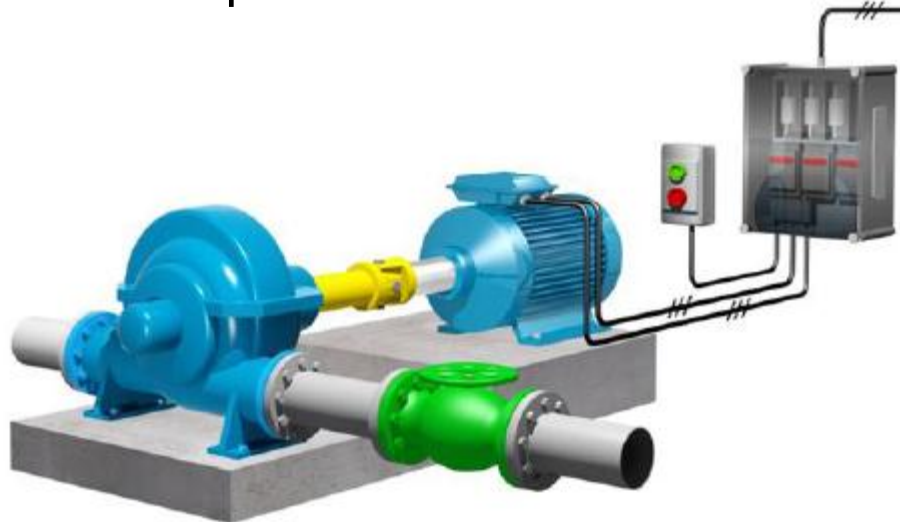
- Es el método más común utilizado en los sistemas de bombeo para el arranque de motores.
- La frecuencia de operación del motor es la misma de la red.
- La corriente de arranque del motor es entre 3 y 7 veces la corriente nominal del mismo, causando caídas de tensión, caídas en la alimentación de la planta, estrés mecánico en el motor y demás artefactos mecánicos.



Métodos de arranque de motor comunes en sistemas de bombeo.

ARRANQUE ESTRELLA - DELTA (Y/D)

- Usado para reducir la corriente de arranque y alcanzar un arranque más suave comparado con el arranque directo.
- Cuando el motor arranca, los devanados del estator están conectados en estrella.
- Cuando el motor aumenta su velocidad, los devanados del estator se conectan en delta.
- La corriente de arranque es alrededor de un 30% del DOL



Métodos de arranque de motor comunes en sistemas de bombeo.

ARRANQUE SUAVE (SOFT-STARTER)

- Usado cuando es necesario reducir las corrientes de arranque y alcanzar un arranque suave, comparado con DOL y Y/D.
- El arrancador suave es un dispositivo electrónico capaz de controlar el voltaje del motor en el arranque.
- El arranque suave reduce el estrés mecánico en el motor, las tuberías, y los demás elementos mecánicos del sistema.



Métodos de arranque de motor comunes en sistemas de bombeo.

ARRANQUE CON VARIADOR DE VELOCIDAD (VSD)

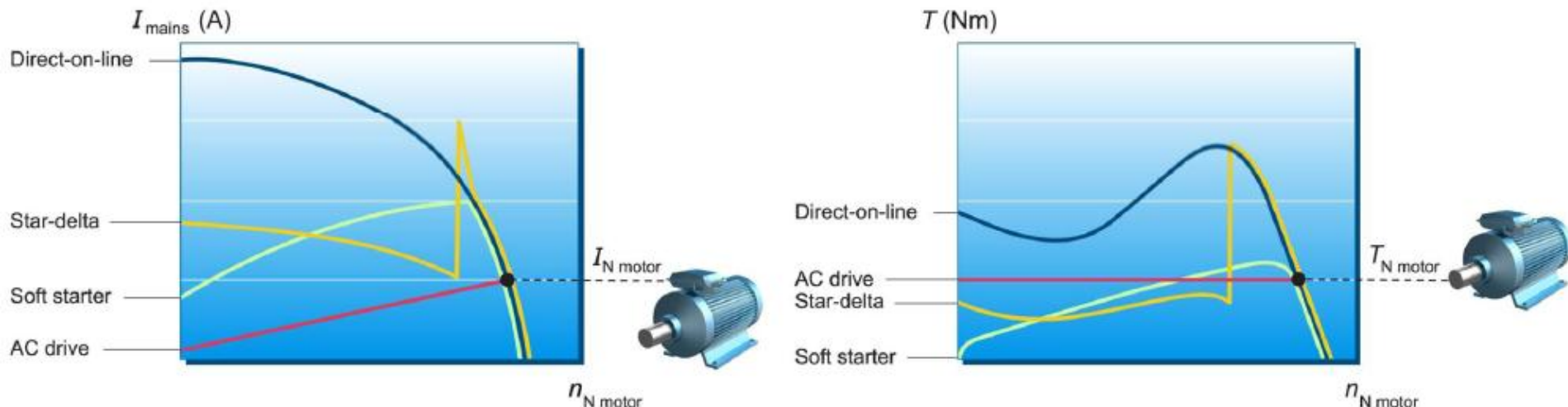
- Método de control más sofisticado.
- Durante el arranque, la velocidad y **el torque** del motor pueden ser controlados de manera precisa.
- Arranque y parada suave y controlada.
- Reduce estrés mecánicos en el motor, la tubería y los demás elementos mecánicos del sistema.
- Control y protección durante el proceso.



Métodos de arranque de motor comunes en sistemas de bombeo.

RESUMEN

- En el arranque del motor, el variador utiliza la menor corriente de arranque de la red comparado con los otros métodos.
- Durante el arranque y la parada, la velocidad del motor puede ser controlada de manera precisa con un variador.
- Con el variador también es posible controlar el torque de acuerdo a las necesidades mecánicas del sistema.

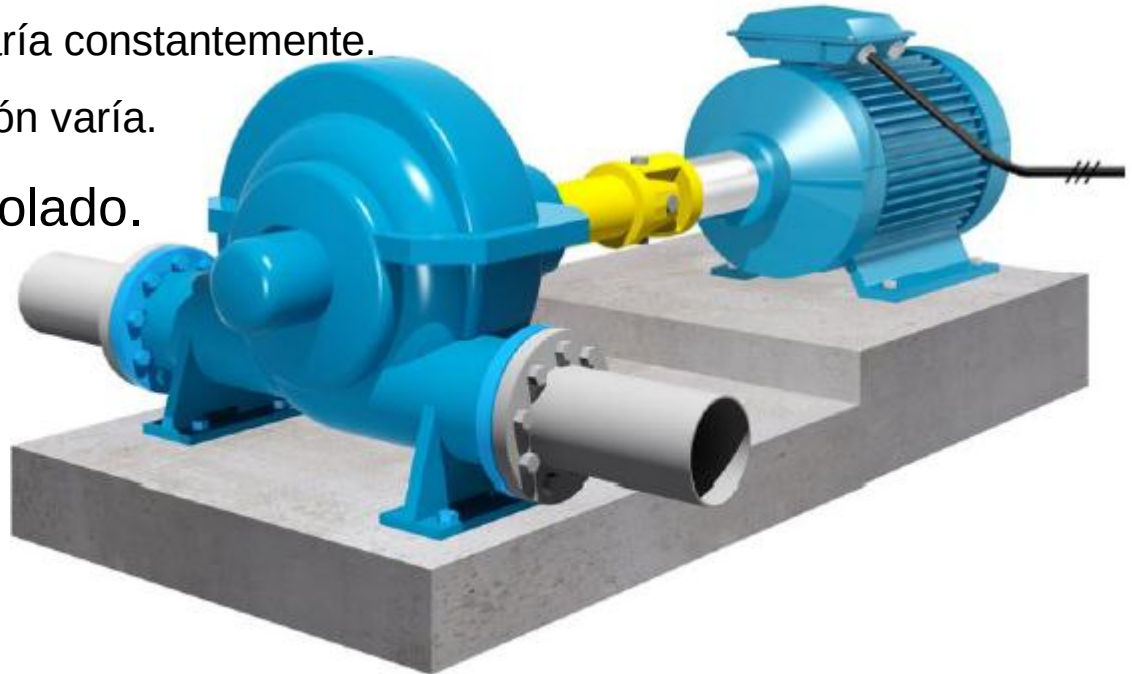


AGENDA

- Cuál es el propósito de un motor AC?
- Definición General: Variador de velocidad.
- Construcción y funcionamiento básico de un variador de velocidad.
- Métodos de arranque en sistemas de bombeo.
- **Control de Flujo de Agua.**
- Métodos de control de flujo de agua.
- Funciones de control en sistemas de bombeo con VSD.
- Costo del Ciclo de vida en sistemas de bombeo.
- Resumen.

CONTROL DE FLUJO DE AGUA

- El motor está conectado entre la red eléctrica y la bomba.
- El motor gira a velocidad constante, por lo tanto, el flujo es constante.
- Tener el flujo constante no es deseable, y no es energéticamente eficiente cuando:
 - El consumo de agua varía constantemente.
 - Capacidad de producción varía.
- El flujo debe ser controlado.

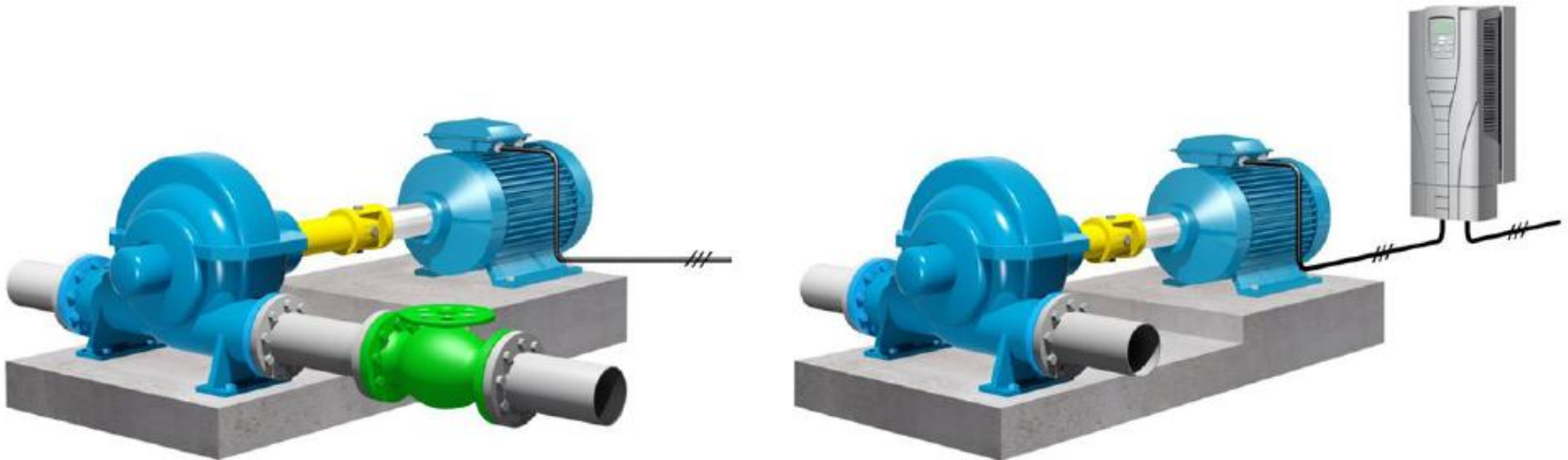


AGENDA

- Cuál es el propósito de un motor AC?
- Definición General: Variador de velocidad.
- Construcción y funcionamiento básico de un variador de velocidad.
- Métodos de arranque en sistemas de bombeo.
- Control de Flujo de Agua.
- **Métodos de control de flujo de agua.**
- Funciones de control en sistemas de bombeo con VSD.
- Costo del Ciclo de vida en sistemas de bombeo.
- Resumen.

MÉTODOS DE CONTROL DE FLUJO

- El control del proceso puede ser realizado de dos maneras:
 - Controlando directamente una variable física.
 - Ej.: El flujo de agua en una tubería por medio de una válvula (estrangulamiento)
 - Controlando la velocidad de la máquina, o del motor eléctrico, para controlar indirectamente la variable física.



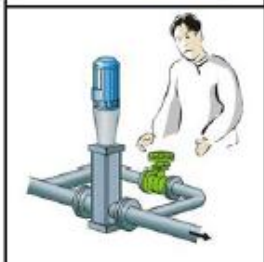
MÉTODOS DE CONTROL DE FLUJO COMUNES



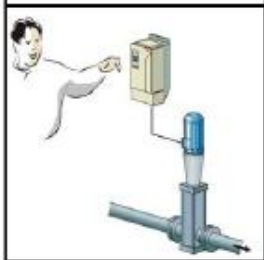
▪ **Control On/Off:** El motor gira a velocidad constante y es arrancado y parado de acuerdo a la necesidad.



▪ **Estrangulamiento:** El motor gira a velocidad constante y el flujo es controlado con una válvula de acuerdo a la necesidad.

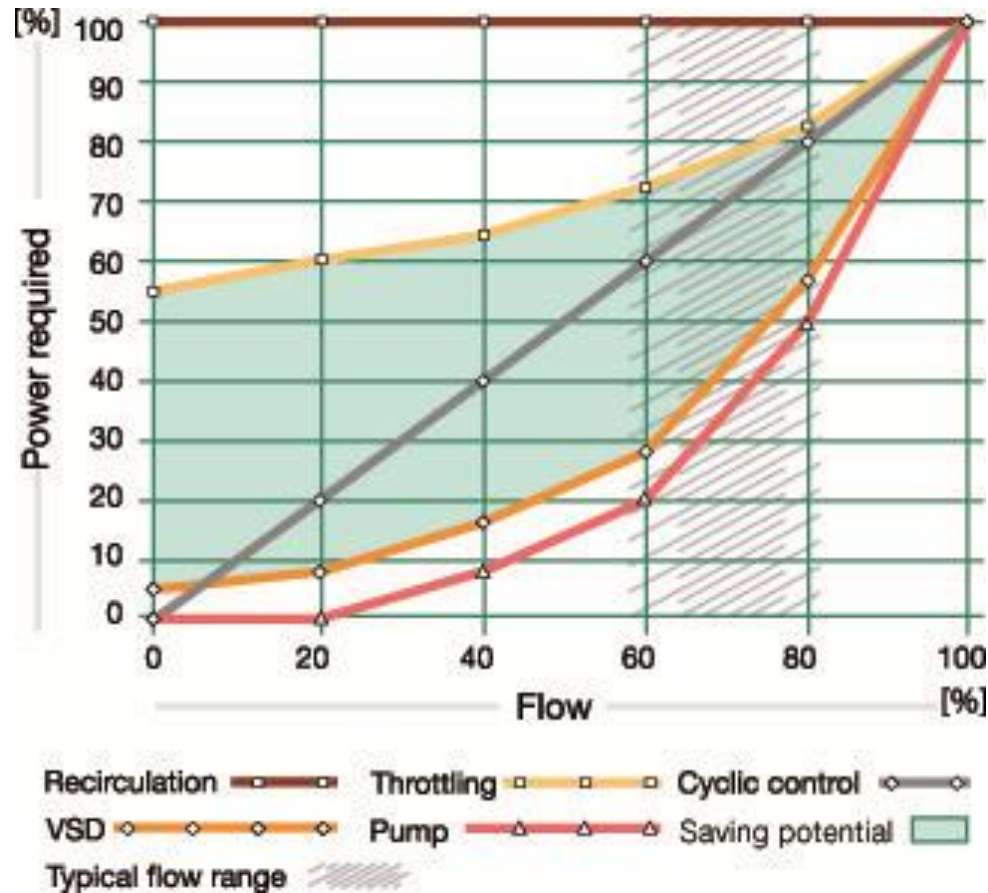


▪ **By-Pass:** El motor gira a velocidad constante y el flujo es controlado con una válvula de By-Pass de acuerdo a la necesidad.



▪ **Control con variador de velocidad:** El flujo es controlado, controlando la velocidad del motor de la bomba.

MÉTODOS DE CONTROL DE FLUJO COMUNES



Consumo de potencia para los diferentes métodos de control de bombas en función del flujo.

LEYES DE AFINIDAD EN BOMBAS

$$\text{Flow} \quad \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\text{Head} \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

$$\text{Power} \quad \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3$$

Las leyes de afinidad describen la relación entre la velocidad (n), el flujo (Q), la presión estática (H) y la potencia absorbida por el motor (P).

AGENDA

- Cuál es el propósito de un motor AC?
- Definición General: Variador de velocidad.
- Construcción y funcionamiento básico de un variador de velocidad.
- Métodos de arranque en sistemas de bombeo.
- Control de Flujo de Agua.
- Métodos de control de flujo de agua.
- **Funciones de control en sistemas de bombeo con VSD.**
- Costo del Ciclo de vida en sistemas de bombeo.
- Resumen.

FUNCIONES DE CONTROL EN SISTEMAS DE BOMBEO CON VSD.

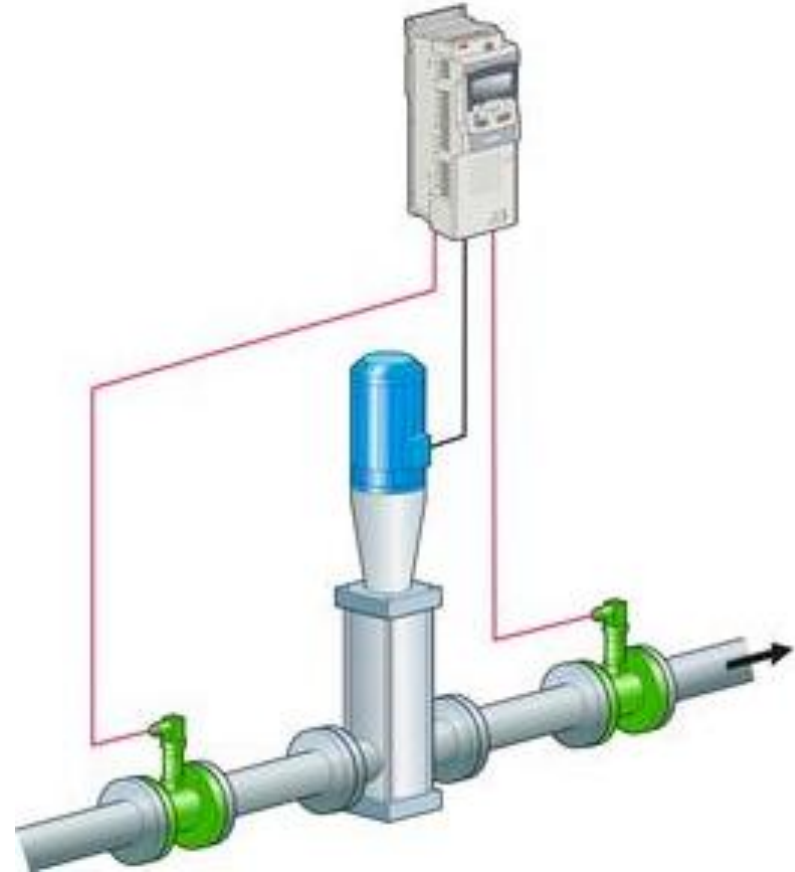


- Sensorless Flow Calculation.
- Soft pipe filling.
- Sleep and Boost.
- Pump Cleaning (Anti-Jam)
- Multipump Control.
- Level Control.
- Redundancy.
- Otras Funciones.

FUNCIONES DE CONTROL EN SISTEMAS DE BOMBEO CON VSD.

SENSORLESS FLOW CALCULATION

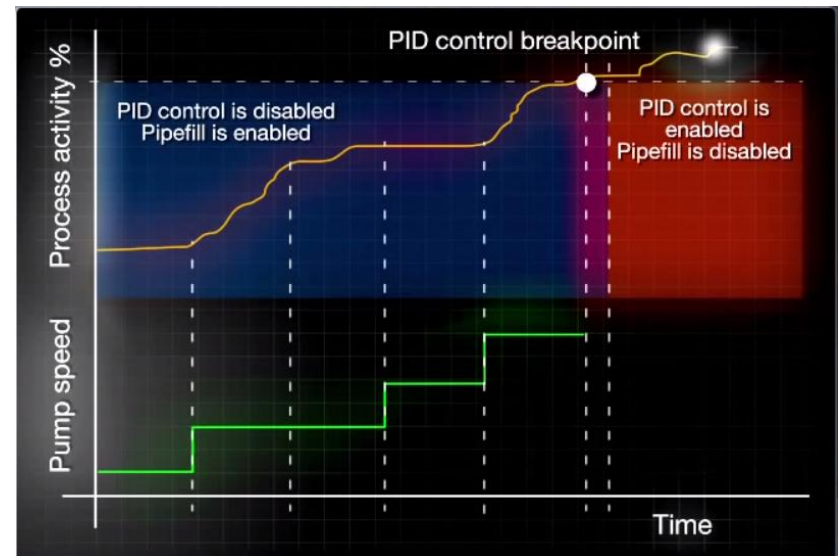
- Calcula el flujo sin necesidad de un medidor de flujo externo.
- El variador puede ser utilizado como medidor de flujo.
- El cálculo es realizado con la información obtenida de los sensores de presión a la entrada y a la salida, y las características de la bomba ingresadas en el drive.
- Ayuda a detectar pérdidas o fugas en la tubería.



FUNCIONES DE CONTROL EN SISTEMAS DE BOMBEO CON VSD.

SOFT PIPE FILLING.

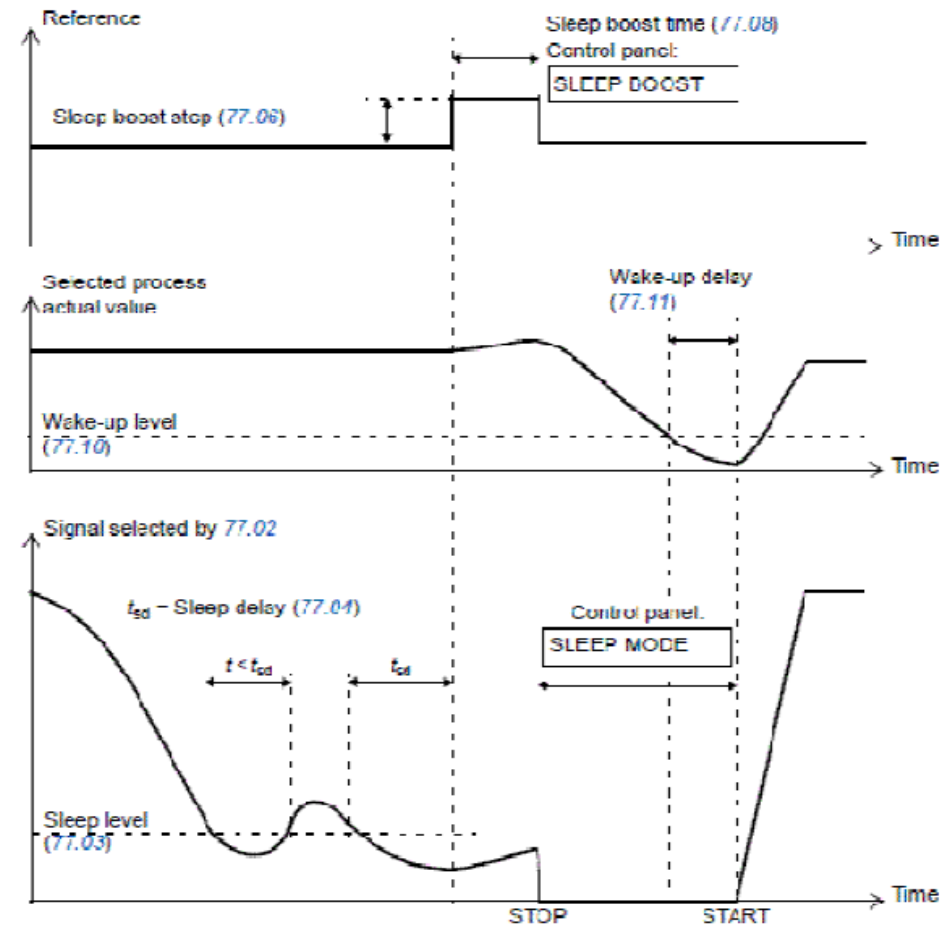
- Nuevo método para arrancar de manera suave el sistema de bombeo.
- La tubería se llena suavemente antes de que el control PID sea activado.
- Previene sobrepresiones, averías en la tubería, y daños en los sellos durante el arranque.
- Previene el golpe de ariete y ayuda a reducir las fugas.
- Aplicaciones típicas:
 - Bombas Booster.
 - Sistemas de riego.



FUNCIONES DE CONTROL EN SISTEMAS DE BOMBEO CON VSD.

SLEEP & BOOST

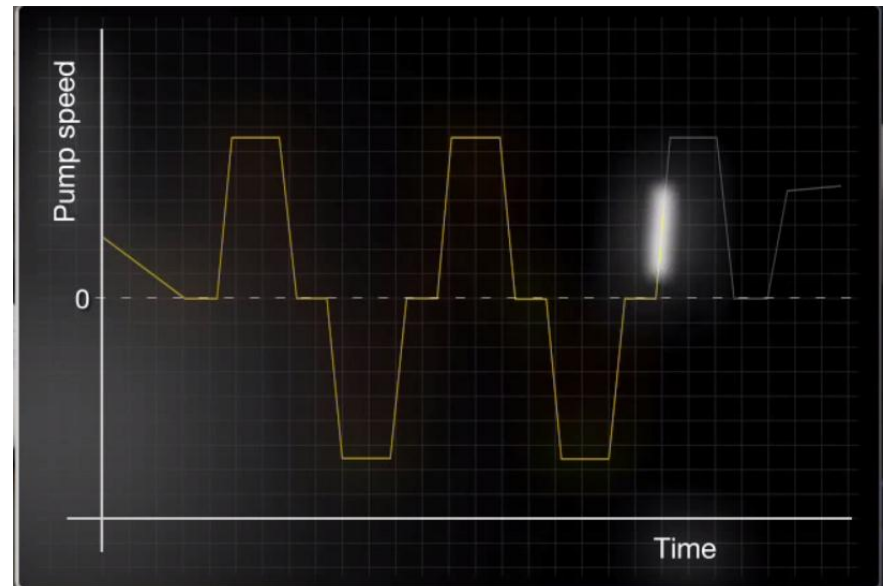
- Minimiza el tiempo de bombeo innecesario.
- Especial para sistemas donde el consumo varia considerablemente.
- Aumento de presión antes de activarse la función “Sleep”.
- Extiende el tiempo del “Sleep”, por lo que se ahorra una mayor cantidad de energía.
- Evita paradas y arranques innecesarios.
- Aumenta el tiempo de vida de la bomba, el motor y de la tubería.



FUNCIONES DE CONTROL EN SISTEMAS DE BOMBEO CON VSD.

PUMP CLEANING (Anti Jam)

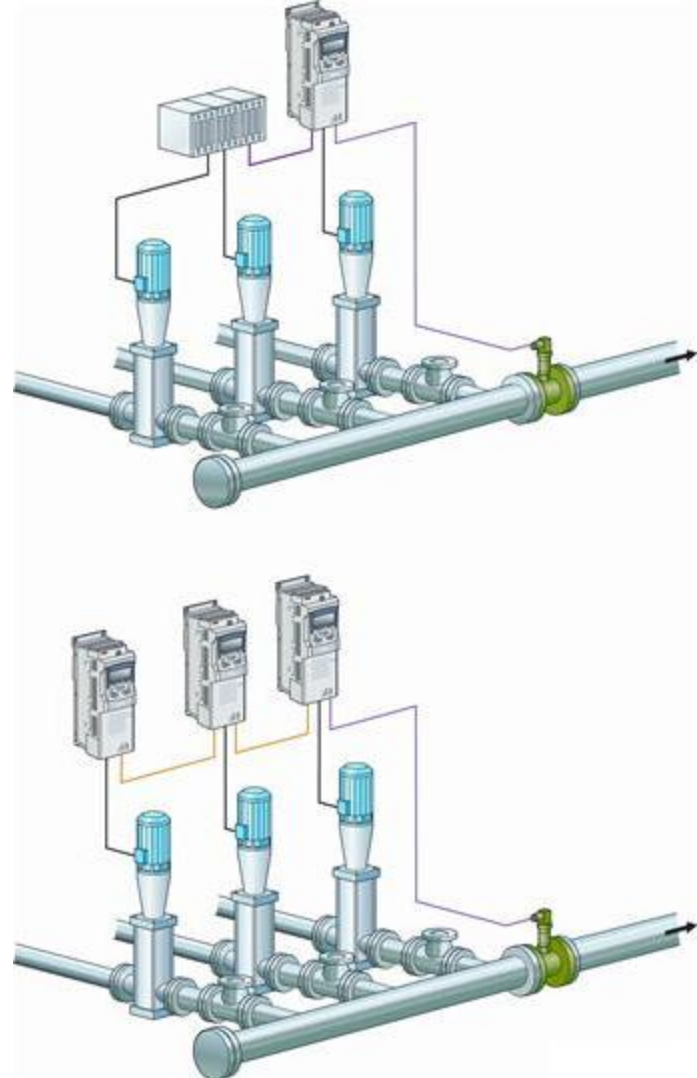
- Previene los atascos u obstrucciones en la bomba o en las tuberías.
- Se basa en una secuencia de movimientos de la bomba hacia adelante y en reversa.
- Alto impulso de velocidad al arranque.
- Puede ser programado para no interrumpir el ciclo de trabajo de la bomba.
- Reduce los tiempos de parada.
- Reduce los costos de limpieza de la bomba y las tuberías.



FUNCIONES DE CONTROL EN SISTEMAS DE BOMBEO CON VSD.

MULTIPUMP CONTROL

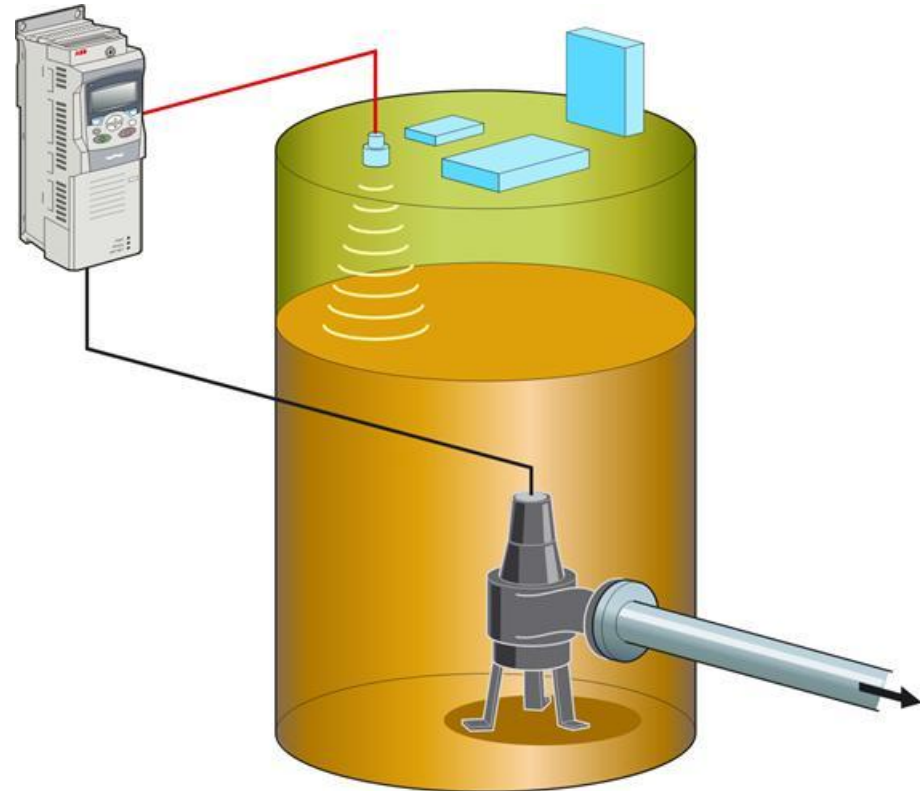
- Utilizado en aplicaciones donde varias bombas están en paralelo, especialmente cuando el requerimiento de flujo es muy dinámico.
- Tres modos de operación:
 1. Un maestro y el resto de esclavos a velocidades diferentes.
 2. La velocidad de una bomba es ajustada, mientras que las demás giran a velocidad constante.
 3. Un maestro y los esclavos funcionan a la misma velocidad del maestro.



FUNCIONES DE CONTROL EN SISTEMAS DE BOMBEO CON VSD.

LEVEL CONTROL

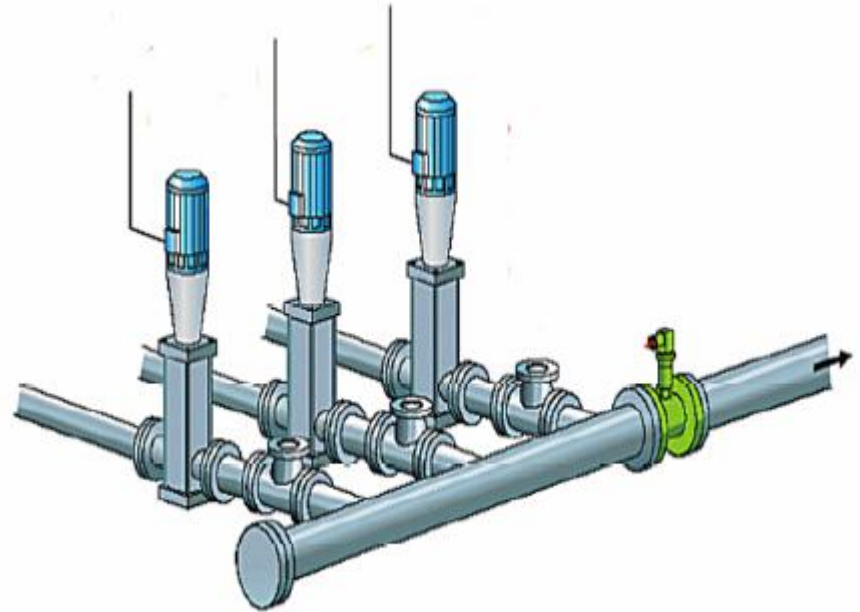
- Usado para controlar el llenado y vaciado de los tanques de almacenamiento.
- Especial para el tratamiento de aguas y aguas residuales.
- Minimiza el consumo de energía.
- Puede ser utilizado hasta con 8 bombas en paralelo.
- Reduce los costos de mantenimiento asociados con la limpieza de los tanques de almacenamiento.



FUNCIONES DE CONTROL EN SISTEMAS DE BOMBEO CON VSD.

REDUNDANCY

- Garantiza una operación confiable en sistemas multibomba.
- Cada bomba funciona con un variador.
- Los variadores comparten las señales entre si.
- Si una o más bombas fallan, o necesitan mantenimiento, las bombas restantes pueden seguir operando.
- Disminución de los costos totales de mantenimiento y de los tiempos de parada.



FUNCIONES DE CONTROL EN SISTEMAS DE BOMBEO CON VSD.

OTRAS FUNCIONES.

- Contadores de Eficiencia Energética. Contadores de kW, \$\$ y Co2 ahorrados.
- Funciones temporizadas (con reloj de tiempo real).
- Protecciones de la bomba.
 - Detección de sobre o subcarga.
 - Protección contra flujos muy altos o muy bajos
- Contadores de mantenimiento.
- Software y Herramientas para PC.



AGENDA

- Cuál es el propósito de un motor AC?
- Definición General: Variador de velocidad.
- Construcción y funcionamiento básico de un variador de velocidad.
- Métodos de arranque en sistemas de bombeo.
- Control de Flujo de Agua.
- Métodos de control de flujo de agua.
- Funciones de control en sistemas de bombeo con VSD.
- **Costo del Ciclo de vida en sistemas de bombeo.**
- Resumen.

COSTOS DEL CICLO DE VIDA EN SISTEMAS DE BOMBEO.

Es el costo de un sistema a través de todo su ciclo de vida.

Normalmente se incluyen:

- Costos iniciales (Compra).
- Costos de instalación y puesta en marcha.
- Costos de energía.
- Costos de operación.
- Costos de mantenimiento y reparación.
- Costos por paradas inesperadas.
- Costos ambientales.
- Costos de desinstalación y reciclaje.



COSTOS DEL CICLO DE VIDA EN SISTEMAS DE BOMBEO.

Muchas organizaciones solo tienen en cuenta los costos iniciales (compra, instalación y puesta en marcha).

- 90% del costo total del ciclo de vida en sistemas de bombeo es relacionado con los costos de energía.
- 5% de la energía total utilizada en la industria es dedicada a sistemas de bombeo.
- El consumo de energía de una bomba generalmente puede ser reducido entre un 20% y un 40%.



AGENDA

- Cuál es el propósito de un motor AC?
- Definición General: Variador de velocidad.
- Construcción y funcionamiento básico de un variador de velocidad.
- Métodos de arranque en sistemas de bombeo.
- Control de Flujo de Agua.
- Métodos de control de flujo de agua.
- Funciones de control en sistemas de bombeo con VSD.
- Costo del Ciclo de vida en sistemas de bombeo.
- **Resumen.**

VARIADORES DE VELOCIDAD EN SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA.

RESUMEN

- El VSD modifica la frecuencia de entrada al motor, haciendo que la velocidad del mismo pueda ser controlada.
- En el arranque con VSD se tiene la corriente de arranque más baja, y se puede controlar la velocidad y el torque tanto en el arranque como en la parada.
- De los métodos de control de flujo utilizados, el control con VSD es el más eficiente, permitiendo el mayor ahorro energético y por tanto económico.
- Las funciones de control de los VSD en sistemas de bombeo permiten tener un sistema más confiable, más protegido, más controlado y con menores costos de operación y mantenimiento.
- El 90% del costo del ciclo de vida en un sistema de bombeo son los costos de energía.

LINKS DE INTERÉS.

Pump Save.

- <http://www.abb.com/product/ap/seitp322/24b03100d005c31ac1256e040043f4c1.aspx>

Funciones de Control de bombas:

- <https://www.youtube.com/watch?v=uyw-H-G78kM&list=PL80F3EB20376016D8&index=3>
- <https://www.youtube.com/watch?v=NOrrRQPxdKA&list=PL80F3EB20376016D8&index=2>
- <https://www.youtube.com/watch?v=M0Ddg1nU2mE&list=PL80F3EB20376016D8&index=5>
- <https://www.youtube.com/watch?v=CO4R6PsdTNU&list=PL80F3EB20376016D8&index=4>
- https://www.youtube.com/watch?v=qq5QMEDqQWA&list=TLpVccZ_LInDujmJOr3jHHggxY4lHOktAe

Power and productivity
for a better world™



Víctor Rincón Maldonado
Ingeniero de Marketing
ABB Colombia
LV Drives.
Phone: (571) 4 17 8000 – ext. 2630
Mobile: (+57) 310 217 82 59
email: victor.rincon@co.abb.com