



BERMAD - 2021

SOLUCIONES ANTI-GOLPE DE ARIETE PARA LA PROTECCIÓN DE ESTACIONES DE BOMBEO

RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN CONTRA EL GOLPE DE ARIETE



EMPEZANDO POR EL PRINCIPIO

¿QUÉ ES EL GOLPE DE ARIETE?

GOLPE DE ARIETE BREVE INTRODUCCIÓN



Los transitorios hidráulicos (golpe de ariete) son aquellos fenómenos que se producen por cambios de velocidades (bruscos) en las redes de agua, es decir, es el paso entre dos regímenes estacionarios.

En las estaciones de bombeo el peor transitorio posible es el generado por un apagón brusco de las bombas



GOLPE DE ARIETE BREVE INTRODUCCIÓN



Hay diferentes parámetros que afectan al transitorio hidráulico en las estaciones de bombeo, principalmente:

- **Presión de Bombeo**

A mayor presión mayor transitorio

- **Velocidad**

A mayor velocidad mayor golpe de ariete

- **Tipo de Tubería**

La celeridad de onda marcará en gran parte el golpe de ariete

- **Inercia de las bombas**

A mayor inercia menor golpe de ariete pero mayor consumo

- **Válvula antiretorno**

Tiempo y Performance del Cierre

- **Perfil de la conducción**

Además de su longitud, para calcular envolventes y posibles localizaciones de elementos de protección.

- **Aire**

En qué nos puede ayudar o no



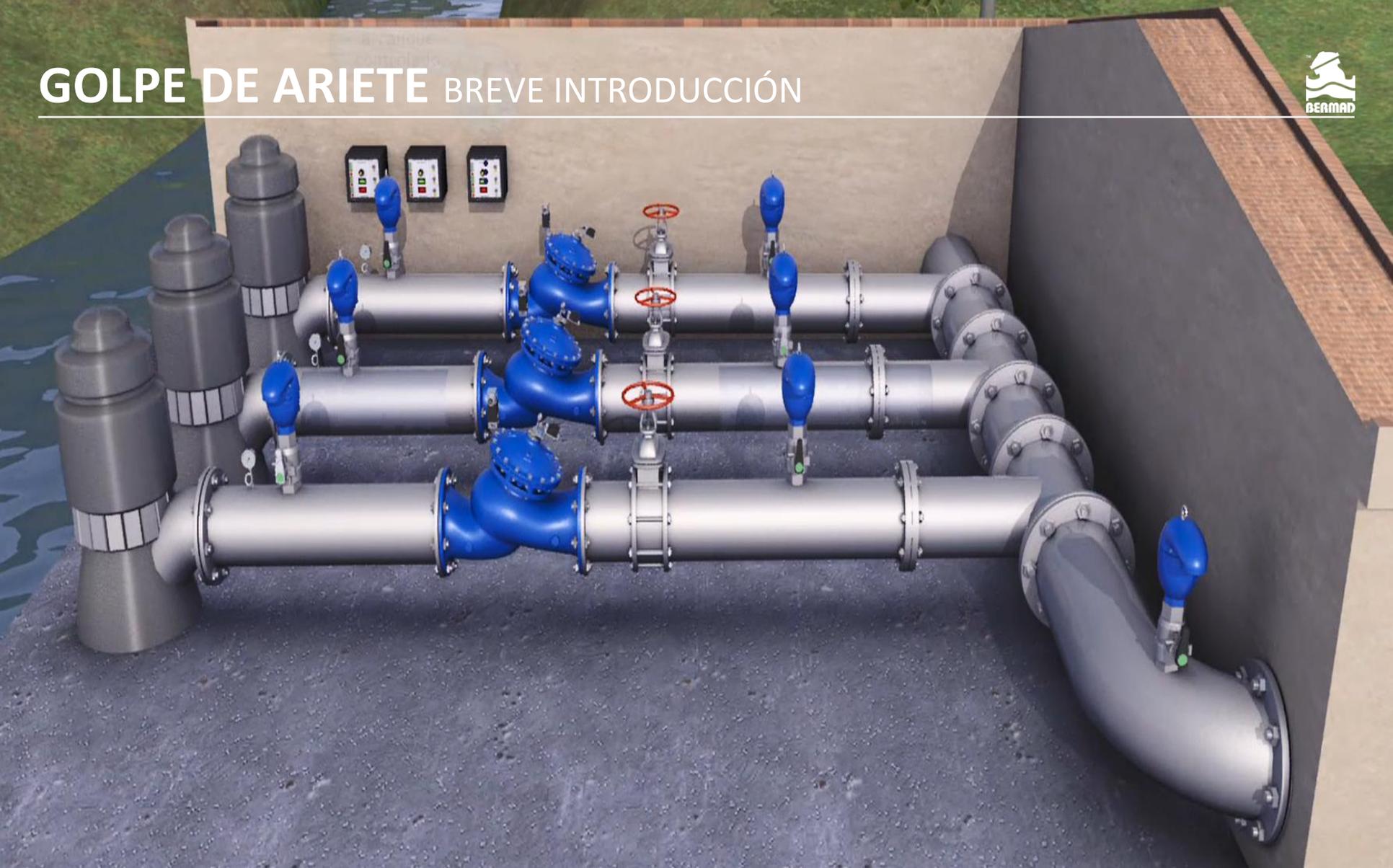
GOLPE

CONTROL

Principales consecuencias del golpe de ariete: **SOBREPRESIÓN Y DEPRESIÓN**



GOLPE DE ARIETE BREVE INTRODUCCIÓN



CÁLCULO DE GOLPE DE ARIETE

GOLPE DE ARIETE CÁLCULO

$$\frac{\partial}{\partial \ell} \left(Z + \frac{p}{\gamma} + \frac{U^2}{2g} \right) = -\frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} - f \frac{U|U|}{2gD} - j^*$$

1ra. ECUACIÓN DE SAINT VENANT

$$\rho \frac{\partial U}{\partial \ell} + \frac{1}{c^2} \left(U \frac{\partial p}{\partial \ell} + \frac{\partial p}{\partial t} \right) = 0$$

2da. ECUACIÓN DE SAINT VENANT

Se pueden simplificar utilizando Fórmulas como Mendiluce, Allievi, etc o intentar resolverlo por Software que implementan el método de las características (MOC) tales como:

- Surge de KYPipe
- Dyagats (UPV)
- Allievi (UPV)
- Hammer (Bentley)
- Etc.

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ¿CUÁL ELEGIR?



Chimenea de equilibrio



Tanque unidireccional



Válvulas de retención



Calderines antiarriete



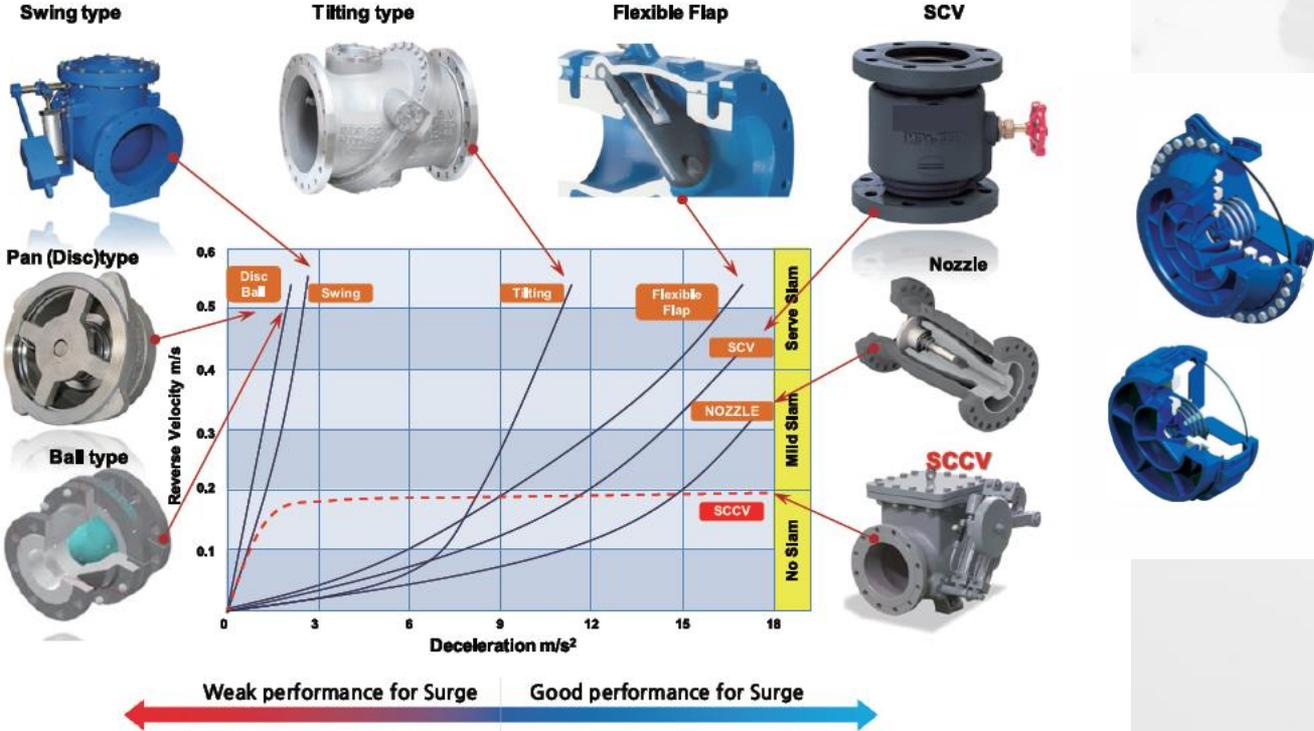
Ventosas



Válvulas anticipadora de onda / Alivio

CHECK VALVES

Feature of Closure of Check Valve



CALDERINES ANTIARIETE

GOLPE DE ARIETE CALDERINES



Principio de Operación, el aire es compresible:

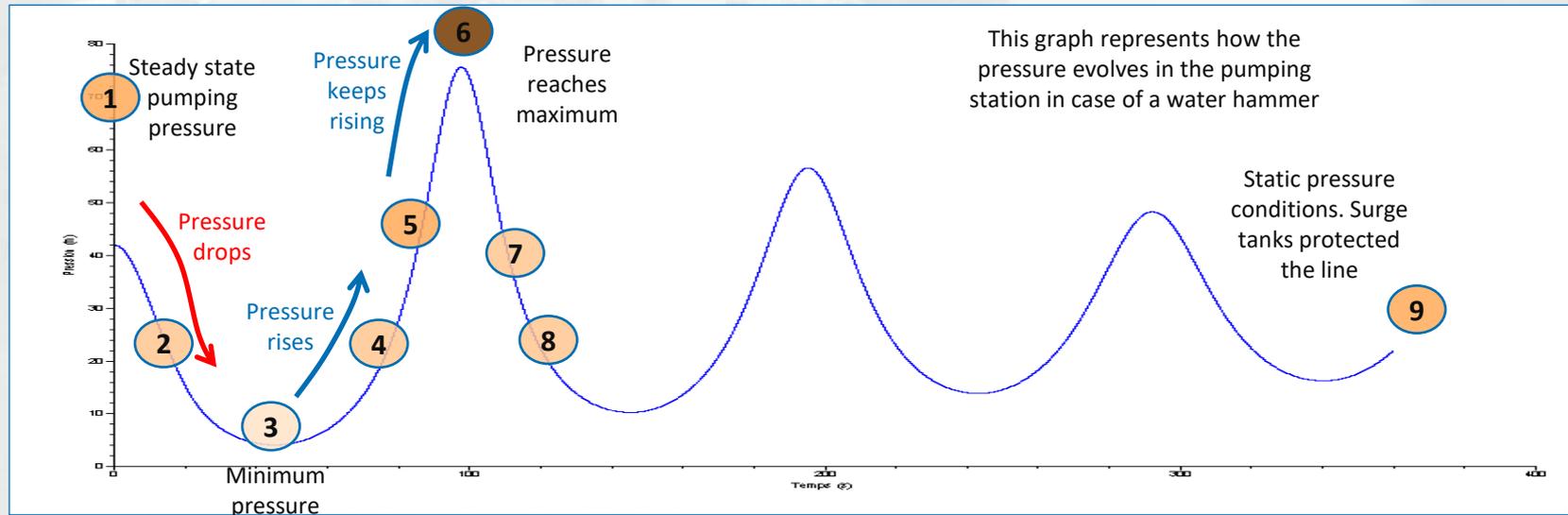
Un tanque antiariete tiene un volumen de aire dentro sobre/alrededor del líquido que circula por la tubería.

El calderín permite absorber energía del sistema cuando se comprime el aire y también de suministrar agua al sistema con presión cuando el aire se expande. Es por esto que se protege la instalación contra el golpe de ariete y durante los arranques y paradas de bombas

PRINCIPIO DE OPERACIÓN ABSORBER EL TRANSITORIO



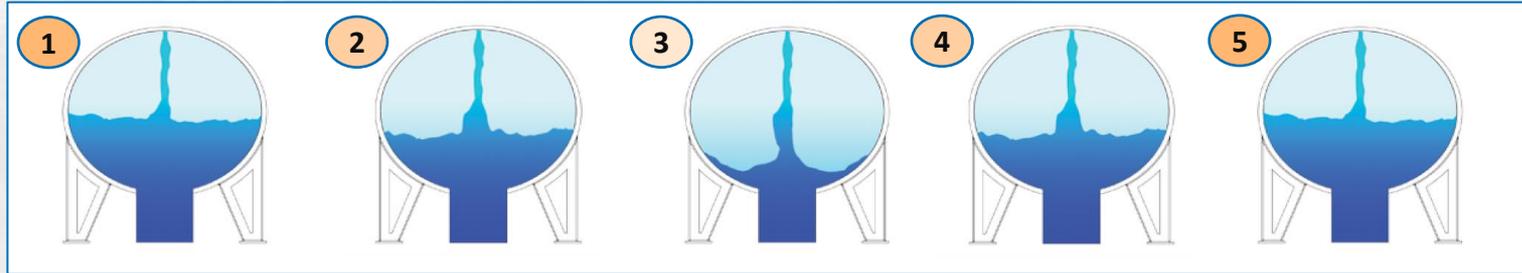
El calderín suministra energía durante una caída repentina de la presión en la instalación. Cuando la presión del sistema cae (por la parada brusca de las bombas), El aire dentro del tanque se expande y el agua se descarga en la tubería. Así se previene presiones bajas o formación de vacío a lo largo de la conducción.



El calderín Absorbe energía durante la subida súbita de la presión en la conducción. Cuando la presión en el sistema sube (Retorna la onda positiva), el agua proveniente de la conducción se introduce en el tanque y comprime el aire interior. Así se previenen las sobrepresiones en la instalación.



PRINCIPIO DE OPERACIÓN ABSORBER EL TRANSITORIO



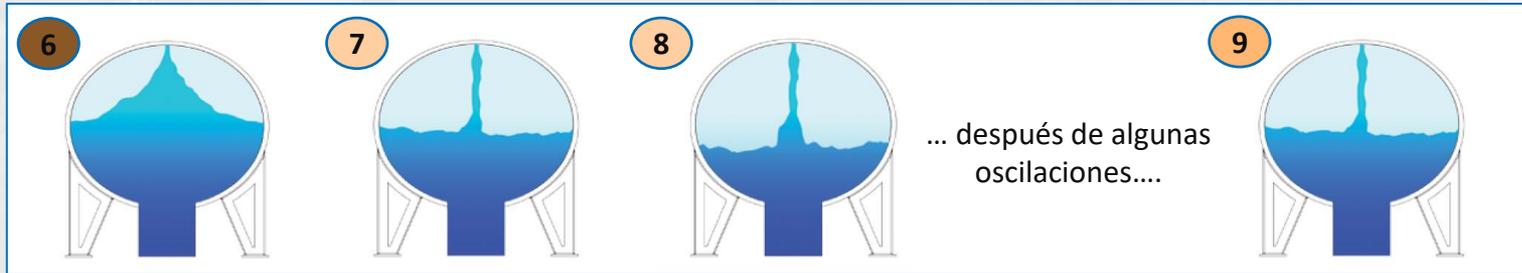
1 Régimen estacionario.
Cuando la parada brusca
de bombas ocurre...

2 La presión en el sistema
empieza a disminuir. El
aire se expande y e agua
se expande dentro de la
conducción

3 La presión sigue cayendo.
El aire continúa
expandiéndose y el nivel
de agua alcanza sus
mínimos

4 La presión en la
instalación se empieza a
recuperar. El agua
vuelvde de nuevo al
tanque

5 El tanque se rellena a la
vez que la columna de
agua retorna



6 El aire dentro del calderín
se comprime hasta su
máximo para absorber la
sobrepresión del sistema
debdida a la onda

7 La presión en la línea
empieza a disminuir de
nuevo. El aire se expande
y el agua se introduce en
la tubería

8 La energía elástica
provoca que el agua se
descargue en la
conducción ...

... después de algunas
oscilaciones....

9 La presión vuelve a la
estática (Después de
varios minutos
seguramente)

TIPOS DE CALDERINES DIFERENCIAS BASICAS



Con compresor



El aire y el agua están en contacto (no hay vejiga). El compresor reemplaza el aire disuelto en el agua.

Con Membrana



La membrana crea una total separación entre el aire y el agua en su interior. No se necesita el compresor porque no se disuelve en el agua.

Híbrido: Con ventosa (sin membrana ni compresor)



El aire y el agua están en contacto dentro del tanque (sin vejiga). La ventosa ayuda en la onda negativa y positiva



CALDERINES BERMAD DESCRIPCIÓN



Calderines con o sin membrana

» Directiva
2014/68/UE

» Sectores:
Abastecimiento y Riego (WW/WD)
Residuales (SW)
Desaladoras y Minería

» Materiales:
Tanque: Acero (SJR275 o P355- CODAP standard)
Membrana intercambiable:

- Butyl (estándar)
- Polyurethane (opción)

» Materiales especiales:
Tanque: Acero (A516 grade 70 – ASME estándar)

» Tamaños
Cualquiera ya que es según el cliente requiera: desde 100 litros hasta 100.000 litros

» Formas
Horizontal
Vertical

» Sectores:» Tmbrajes

PN4, PN6, PN10, PN16, PN25, PN40, PN64 and PN100 (también se pueden realizar a medida)

» Recubrimiento:

Interno: Epoxy (no menor de 250 micras)

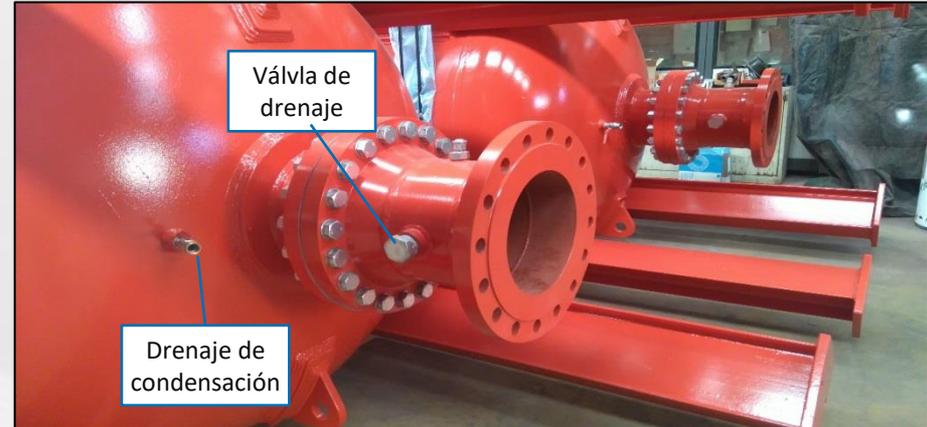
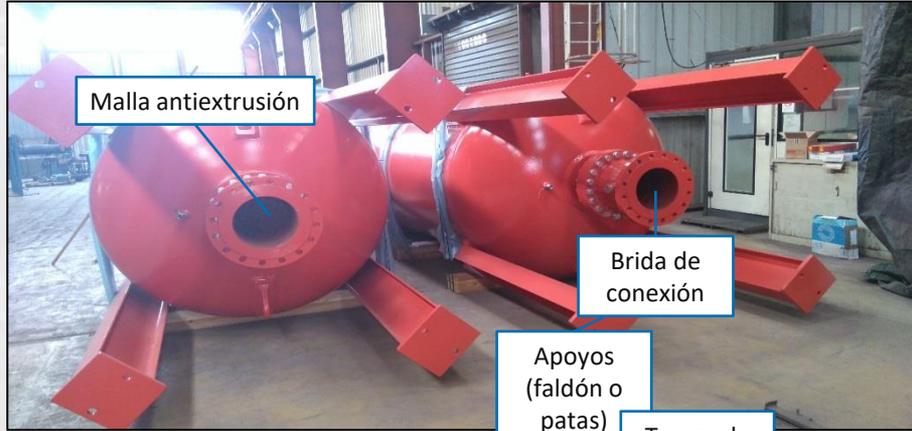
Externo: Epoxy Azul Bermad (RAL 5005) (no menor de 300 micras)

» Importante

En caso de membrana su anclaje al calderín que sea por brida superior y por brida inferior para capacitar al aire tener una salida en caso de purga



CALDERINES BERMAD PARTES PRINCIPALES



CARACTERIZACIÓN DIMENSIONADO Y FUNCIONAMIENTO



1. Volumen del Calderín

Una de las características más importantes

- Cuanto mayor sea el calderín menor
- Siempre dejar un volumen de guarda
- Infradimensionar el calderín es uno o
» Si el calderín se llena por comp
» Si se vacía por completo la me
calderín.
- Siempre que se realiza el cálculo por



presión colapse el

cierta presión de

- En residuos siempre se recomienda verticales

3. Precarga

Otro valor imprescindible cuando calculamos el calderín y a posteriori cuando realizamos la puesta en marcha .

- La precarga puede ser todo lo pequeña que queramos incluso la atmosférica pero siempre menor que la estática
- En la puesta en marcha debemos introducir esa presión de aire en el calderín (a tener en cuenta por el tipo de compresor).
- Como norma general:
 - » Cuanta mayor presión de precarga menor onda positiva tendremos.
 - » Cuanta menor precarga menor volumen de aire en el calderín: Mejores negativos tendremos.



CARACTERIZACIÓN DIMENSIONADO Y FUNCIONAMIENTO



4. Conexiones

Otra característica que juega un papel importante en el funcionamiento de los calderines:

- El diámetro se dimensiona de acuerdo con la velocidad de flujo a través de la conexión durante la onda positiva:
 - » Recomendamos no superar los 5 m/s con agua limpia (n hay velocidad mínima).
 - » Normalmente para aguas residuales una mínima velocidad de paso para una autolimpieza. Vel rango sería de 2 m/s hasta 5 m/s.
- Cuanta menor sea la resistencia de paso mayor será el volumen de agua desplazada en el tanque:
 - » Baja resistencia de salida significa que el calderín suministra mayor caudal: Mejor para las depresiones
 - » Alta resistencia de entrada significa mayor pérdida de carga: mejor para las sobrepresiones.
- Es posible definir resistencias de entrada y salida diferentes usando un bypass en la conexión:
 - » La conexión principal debería llevar una válvula de retención (no dejando pasar el agua de entrada)
 - » La conexión del bypass sería menor para la entrada de agua en calderín (generando mayor pérdida de carga)
 - » Obtendríamos que, el bypass funcionaría para las ondas positivas y la tubería principal más el bypass para las ondas negativas mejorando el resultado final
 - » Norma general: El tamaño del bypass max. 5:1 ratio.

5. Diferencia de cota entre el calderín y la tubería principal

Normalmente no es un factor primordial para presiones de bombeo relativamente altas:

- Cuanto mayor diferencia de cota mayor presión nos podrá suministrar el calderín pero antes se vaciará.

6. Localización

Esta factor puede ser muy importante.

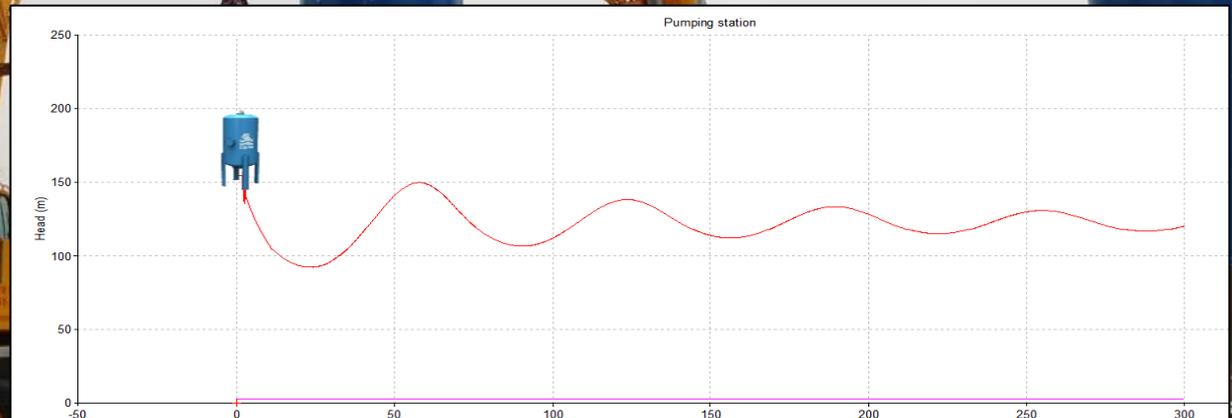
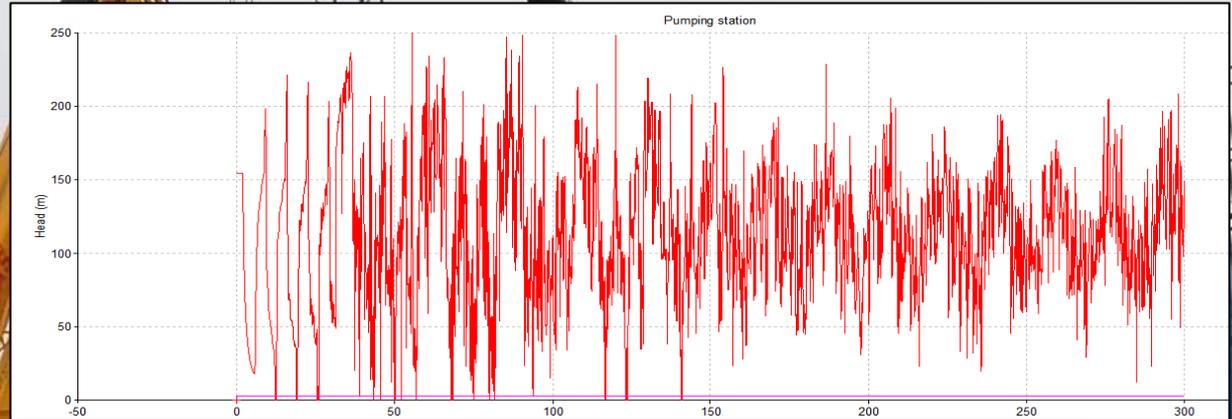
- Como norma general, el calderín se debe instalar donde se produce el transitorio.
- El calderín se debe colocar de acuerdo con el estudio de golpe de ariete.
 - » Normalmente se instala en las estaciones de bombeo.
 - » Se puede instalar en puntos altas para minimizar presiones negativas
 - » Se puede instalar en puntos bajos para minimizar presiones positivas

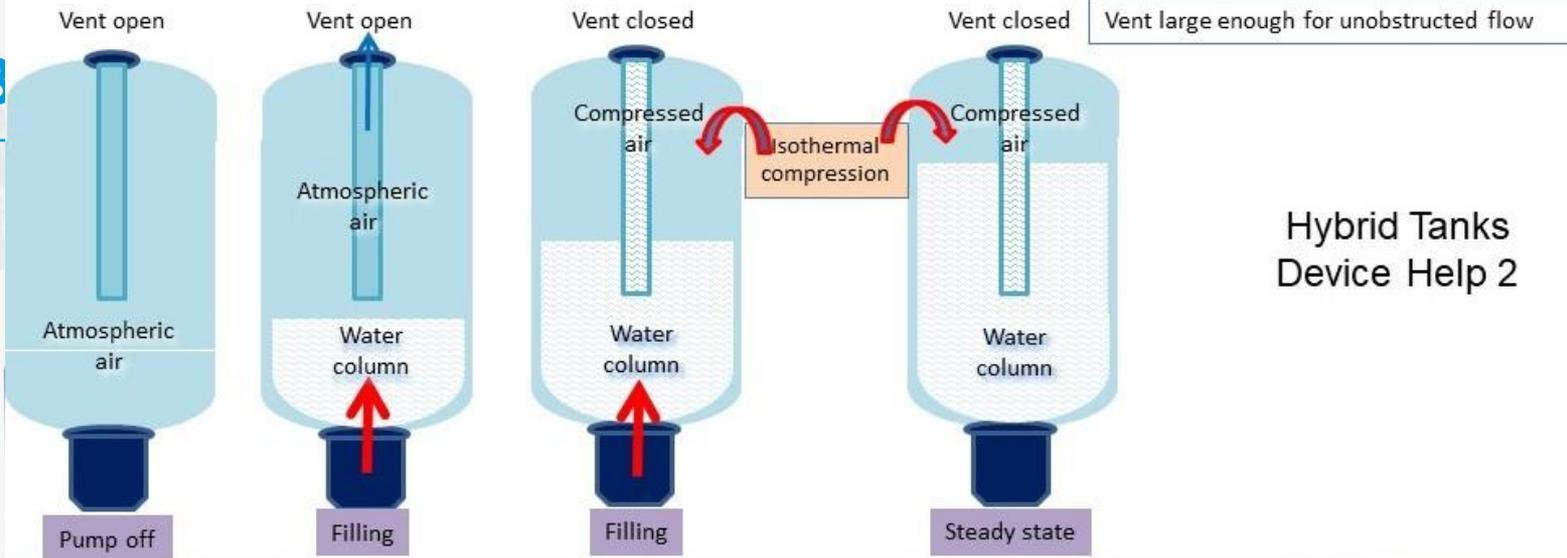
SOLUCIÓN ANTIGOLPE DE ARIETE COMPORTAMIENTO



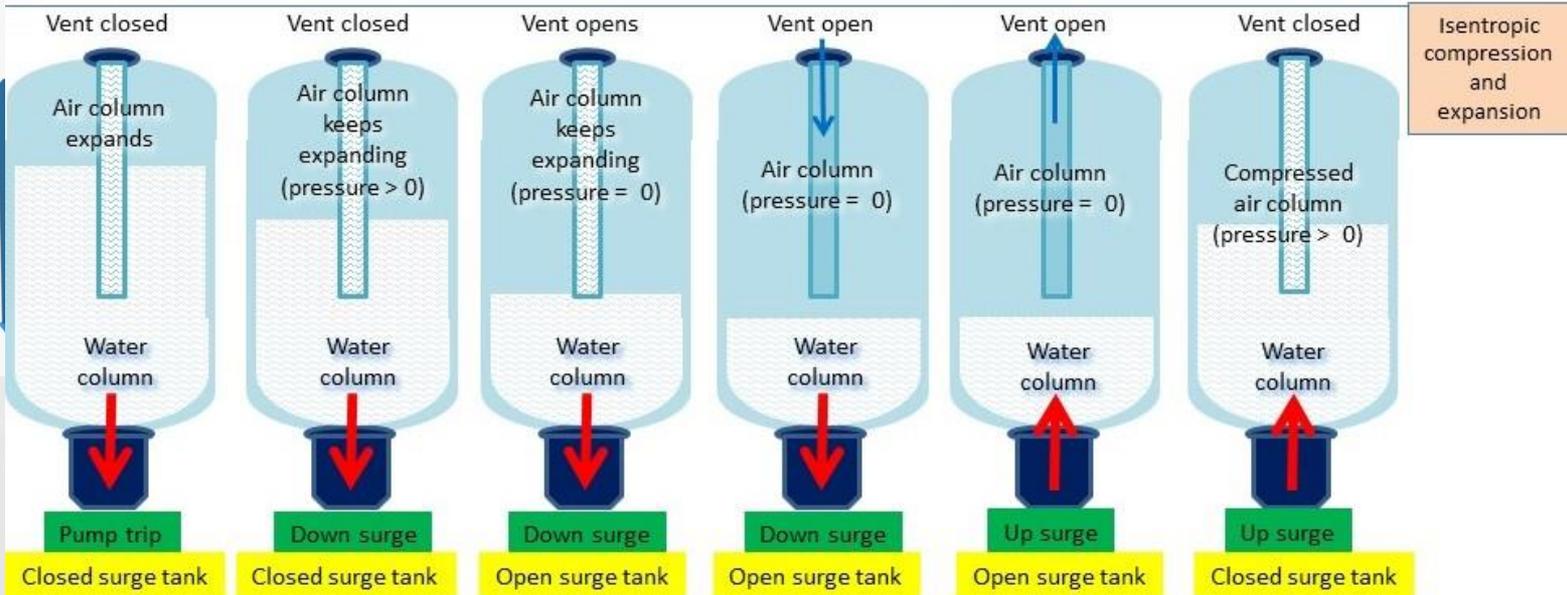
Los Calderines son una gran solución. Se puede ver en la simulación como actúa la onda ante el pero escenario de fallo eléctrico apagando todas las bombas.

Vemos que el calderín mejora disminuyendo la amplitud de onda y ampliando la longitud de onda.



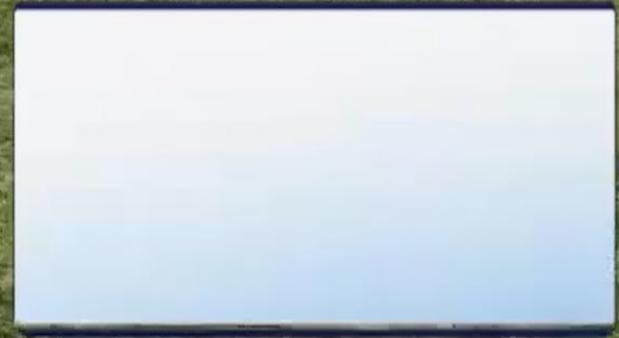
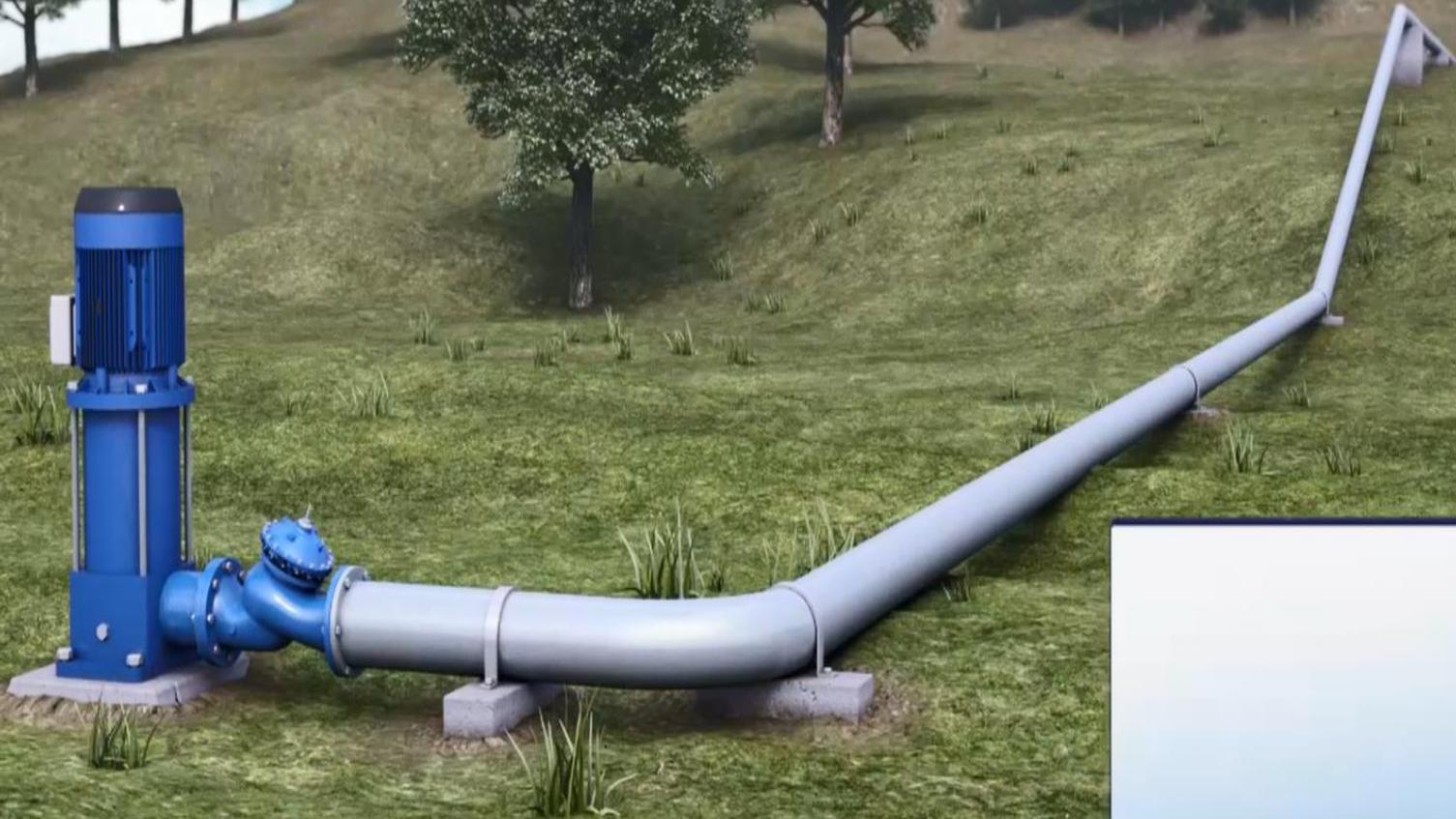


Hybrid Tanks Device Help 2



VENTOSAS

VENTOSAS PARA EL GOLPE DE ARIETE



VENTOSAS DIMENSIONAMIENTO



Hay diferentes parametrizaciones a considerar:

A priori comprobamos con las ventosas estudiadas en régimen estacionario con disco SP

- **Tipo de Tubería**

Depresión que es capaz de admitir

- **Presión de cierre 1ª etapa**

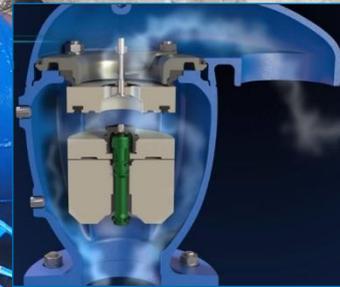
A qué presión diferencial queremos que se produzca

- **Caudal de segunda fase**

Amortiguación que necesitamos para asegurarnos también la salida del aire

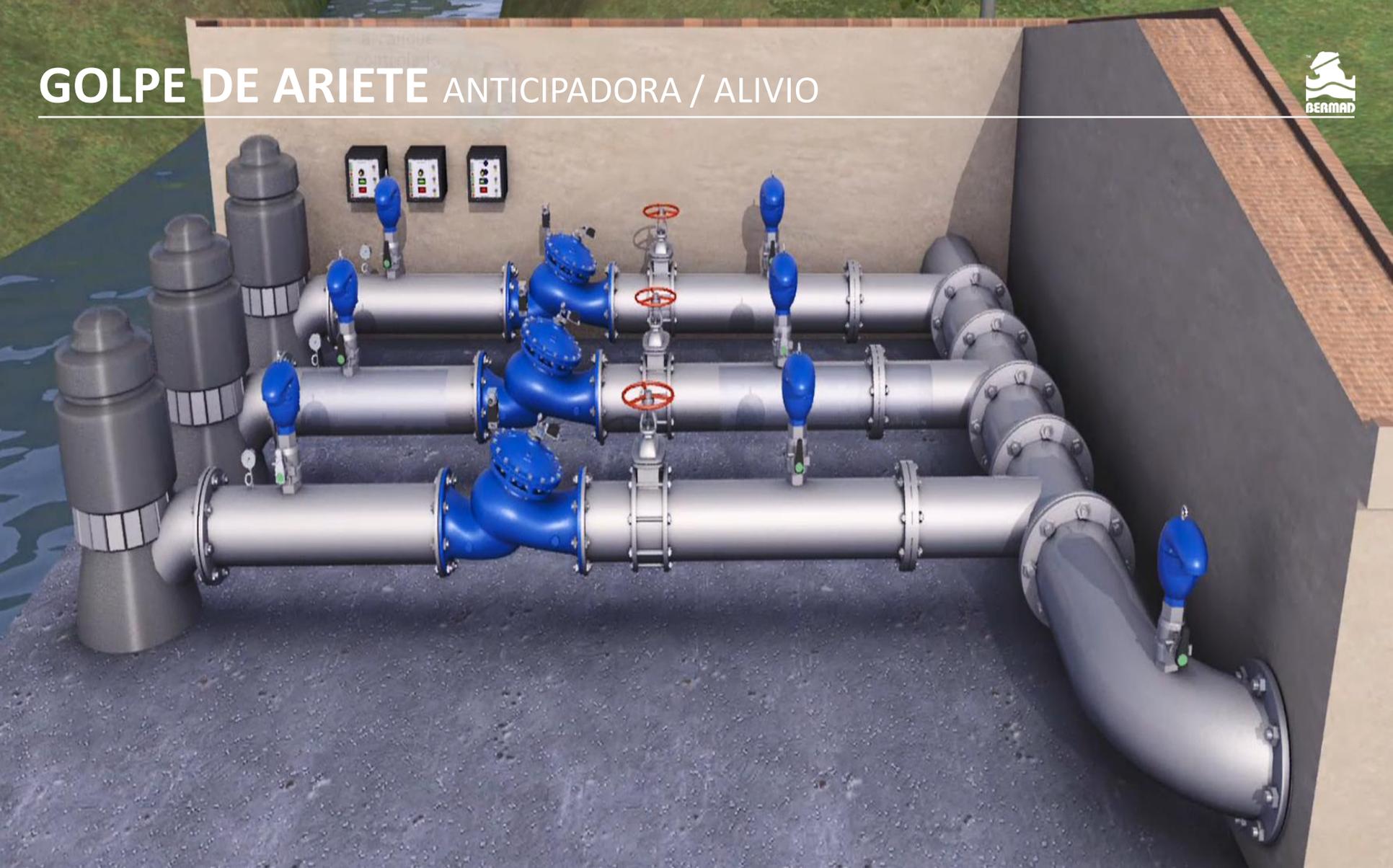
- **Extra positivo**

Revisamos las presiones positivas extra generadas en el cierre parcial y total de la ventosa



ANTICIPADORA DE ONDA / ALIVIO RÁPIDO

GOLPE DE ARIETE ANTICIPADORA / ALIVIO



GOLPE DE ARIETE ANTICIPADORA / ALIVIO



En este caso es muy importante un dimensionamiento correcto (no sobredimensionar ni infradimensionar)

Infradimensionando generamos presiones superiores a las deseadas

Sobredimensionando generaremos depresiones en puntos donde no teníamos contemplados.

Cómo dimensionar como regla general

- Mismo caudal a evacuar que impulsamos
- Presión 1 bar por encima de la Presión dinámica en bombeo
- Piloto de baja tarado 1 un bar por encima de la mitad de la presión de bombeo.
- Cierre mecánico al 75%
- Atentos a la velocidad de cierre (no inferior a 30 segundos)



CASO PRÁCTICO

CASO PRÁCTICO QUÉ SOLUCIÓN ADOPTAR?



Datos de partida – como hablamos en las primeras diapositivas tenemos que recopilar todos los datos necesarios para el cálculo.

A continuación simulamos el golpe de ariete sin ningún tipo de protección
Por último decidimos los elementos a utilizar y los implementamos en la simulación:

Datos de bombeo

Dato	Unidades	Valor	Comentario
Presión de Diseño	[m]	427	
Caudal (una bomba)	[m ³ /hr]	943	
Bombas en funcionamiento (+ Bombas en stand-by)	unidades	1 (+ 0)	
Caudal de Diseño	[m ³ /hr]	943	Caudal Total
Eficiencia de la Bomba	[%]	75.9	
Velocidad Angular de la Bomba	rpm	2900	
Cota de abducción de la est.	[m]	758.7	
Cota de la Estación de Bombeo	[m]	758.8	
Tipo de Válvula Anti retorno	----	Swing	Asumido
Diámetro Val. Anti retorno [mm]	[mm]	500	Asumido
Valor K de Válvula Anti retorno		2	Asumido
Tiempo de Cierre Val. Anti retorno	[seg]	0.5	Asumido

CASO PRÁCTICO QUÉ SOLUCIÓN ADOPTAR?



Datos de partida – como hablamos en las primeras diapositivas tenemos que recopilar todos los datos necesarios para el cálculo.

A continuación simulamos el golpe de ariete sin ningún tipo de protección

Por último decidimos los elementos a utilizar y los implementamos en la simulación:

- Datos de la conducción

Dato	Unidades	Valor	Comentario
Diámetro Interno	[mm]	500	
Longitud	[m]	8530	
Material		Ductle Iron	
Espesor Tubería	[mm]	9,10	
Coefficiente C (H.W.)		120	
Celeridad de la Onda	[m/seg]	1160	Calculado
Cota Final de Tubería	[m]	1140	
Presión al final de la Tubería	[m]	1141.5	

CASO PRÁCTICO QUÉ SOLUCIÓN ADOPTAR?

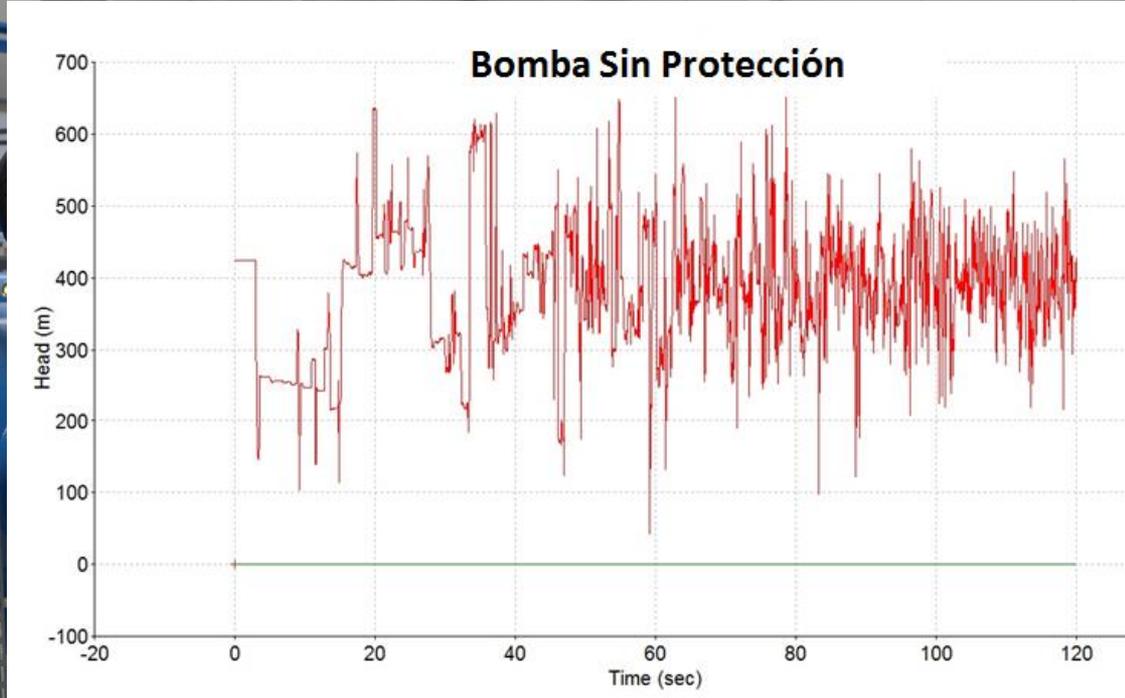


Datos de partida – como hablamos en las primeras diapositivas tenemos que recopilar todos los datos necesarios para el cálculo.

A continuación simulamos el golpe de ariete sin ningún tipo de protección

Por último decidimos los elementos a utilizar y los implementamos en la simulación:

- Presión en la estación de bombeo



CASO PRÁCTICO QUÉ SOLUCIÓN ADOPTAR?

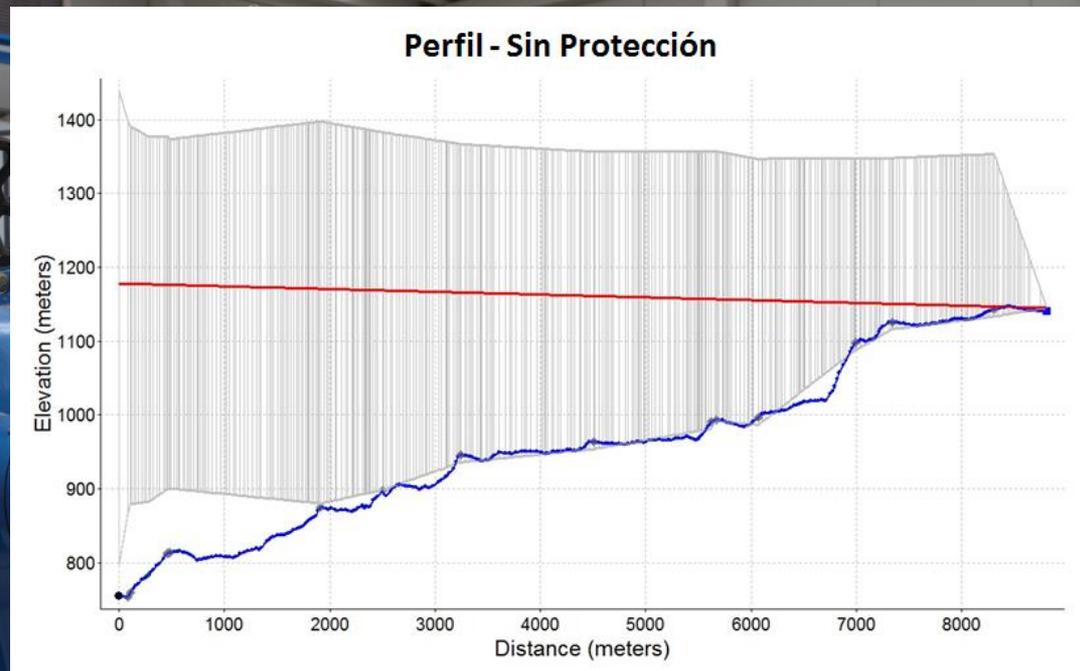


Datos de partida – como hablamos en las primeras diapositivas tenemos que recopilar todos los datos necesarios para el cálculo.

A continuación simulamos el golpe de ariete sin ningún tipo de protección

Por último decidimos los elementos a utilizar y los implementamos en la simulación:

- Envolveres de presión a lo largo de la conducción



Leyenda	
Tubería	
Presiones extremas	
Piezométrica	

CASO PRÁCTICO QUÉ SOLUCIÓN ADOPTAR?



Datos de partida – como hablamos en las primeras diapositivas tenemos que recopilar todos los datos necesarios para el cálculo.

A continuación simulamos el golpe de ariete sin ningún tipo de protección
Por último decidimos los elementos a utilizar y los implementamos en la simulación:

- ¿Calderines?
- ¿Chimenea?
- ¿Antiretorno?
- ¿Anticipadoras? ¿Alivio?
- ¿Tanque unidireccional?
- ¿Ventosas?

CASO PRÁCTICO QUÉ SOLUCIÓN ADOPTAR?

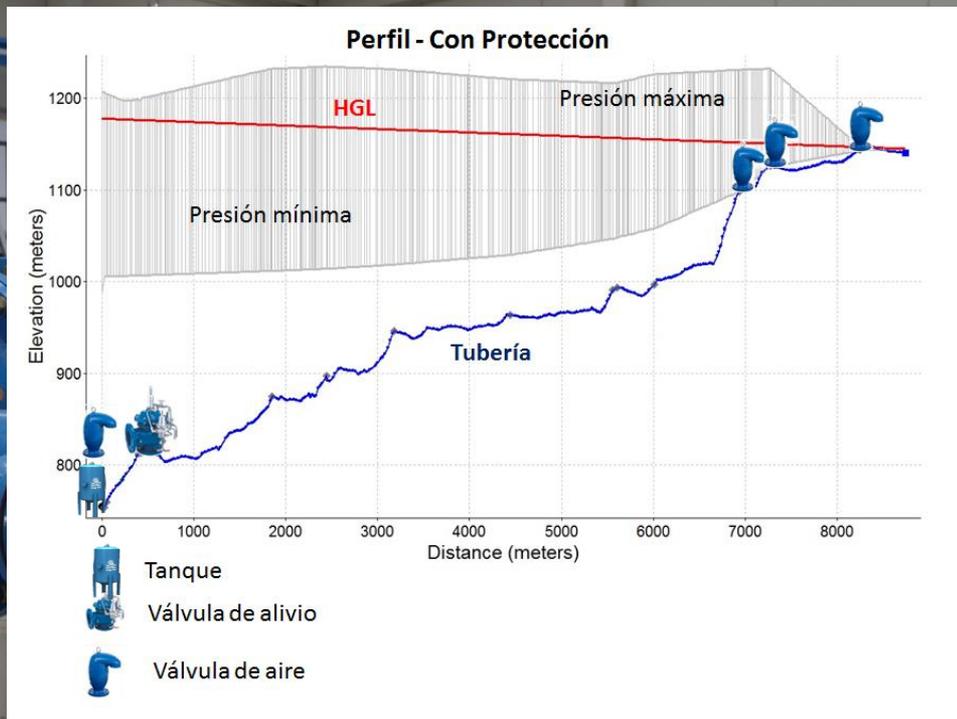


Datos de partida – como hablamos en las primeras diapositivas tenemos que recopilar todos los datos necesarios para el cálculo.

A continuación simulamos el golpe de ariete sin ningún tipo de protección

Por último decidimos los elementos a utilizar y los implementamos en la simulación:

- Muchas veces es mejor un sistema con diferentes soluciones combinadas, no mezcladas.....



VUESTRO TURNO



¿Preguntas?

Fernando Bernal
Ingeniero en Bermad
+34 671008930

Fernandobernal.es@bermad.com