

Tema 10. El golpe de ariete

1. Descripción del fenómeno
2. Valor de la celeridad
3. Tiempo de cierre de la válvula y tiempo de parada en bombas.
Cierre lento y cierre rápido.
4. Cálculo de la sobrepresión producida por el golpe de ariete.
Fórmulas de Michaud y Allievi
5. Método práctico para el cálculo del golpe de ariete
6. Métodos para reducir el efecto del golpe de ariete

1. Descripción del fenómeno.

*El fenómeno del **golpe de ariete**, también denominado **transitorio**, consiste en la alternancia de depresiones y sobrepresiones debido al movimiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería, es decir, básicamente es una variación de presión, y se puede producir tanto en impulsiones como en abastecimientos por gravedad.*

El valor de la sobrepresión debe tenerse en cuenta a la hora de dimensionar las tuberías, mientras que, en general, el peligro de rotura debido a la depresión no es importante, más aún si los diámetros son pequeños. No obstante, si el valor de la depresión iguala a la tensión de vapor del líquido se producirá cavitación, y al llegar la fase de sobrepresión estas cavidades de vapor se destruirán bruscamente, pudiendo darse el caso, no muy frecuente, de que el valor de la sobrepresión producida rebase a la de cálculo, con el consiguiente riesgo de rotura. Los principales elementos protectores en este caso serían las ventosas y los calderines, como estudiaremos posteriormente.

Por lo tanto, el correcto estudio del golpe de ariete es fundamental en el dimensionamiento de las tuberías, ya que un cálculo erróneo puede conducir a:

1. Un sobredimensionamiento de las conducciones, con lo que la instalación se encarece de forma innecesaria.

2. Tubería calculada por defecto, con el consiguiente riesgo de que se produzca una rotura.

Descripción del fenómeno en abastecimientos por gravedad

Si el agua se mueve por una tubería con una velocidad determinada y mediante una válvula se le corta el paso totalmente, el agua más próxima a la válvula se detendrá bruscamente y será empujada por la que viene detrás. Como el agua es algo compresible, empezará a comprimirse en las proximidades de la válvula, y el resto del líquido comprimirá al que le precede hasta que se anule su velocidad. Esta compresión se va trasladando hacia el origen conforme el agua va comprimiendo al límite la que le precede, de manera que al cabo de un cierto tiempo todo el agua de la tubería está en estas condiciones, concluyendo la primera etapa del golpe de ariete.

En definitiva, se forma una onda de máxima compresión que se inicia en las proximidades de la válvula y se traslada al origen. La energía cinética que lleva el agua se transforma en energía de compresión.

Cuando el agua se detiene, ha agotado su energía cinética y se inicia la descompresión en el origen de la conducción trasladándose hacia la válvula, y por la ley pendular esta descompresión no se detiene en el valor de equilibrio, sino que lo sobrepasa para repetir el ciclo. Esta descompresión supone una depresión, que retrocede hasta la válvula para volver a transformarse en compresión, repitiendo el ciclo y originando en el conducto unas variaciones ondulatorias de presión que constituyen el golpe de ariete.

En definitiva, se producen transformaciones sucesivas de energía cinética en energía de compresión y viceversa, comportándose el agua como un resorte.

Descripción del fenómeno en impulsiones

En una impulsión, la parada brusca de motores produce el mismo fenómeno, pero al contrario, es decir, se inicia una depresión aguas arriba de la

bomba, que se traslada hacia el final para transformarse en compresión que retrocede a la bomba.

En efecto, cuando se produce la parada del grupo de bombeo, el fluido, inicialmente circulando con velocidad v , continuará en movimiento a lo largo de la tubería hasta que la depresión a la salida del grupo ocasionada por la ausencia de líquido (el que avanza no es repuesto, no es “empujado”), provoque su parada. En estas condiciones, viaja una onda depresiva hacia el depósito, que además va deteniendo el fluido, de tal manera que al cabo de un cierto tiempo toda la tubería está bajo los efectos de una depresión y con el líquido en reposo. Ha concluido la primera etapa del golpe de ariete.

Como la presión en el depósito es siempre superior a la de la tubería, que se encuentra bajo los efectos de la depresión, se inicia un retroceso del fluido hacia la válvula de retención con velocidad $-v$. Con el agua a velocidad de régimen, pero en sentido contrario, nuevamente se tiene la presión de partida en la tubería, de manera que al cabo de un cierto tiempo toda ella estará sometida a la presión inicial y con el fluido circulando a velocidad $-v$.

El inicio de la tercera fase es una consecuencia del choque del líquido contra la válvula de retención. El resultado es un brusco aumento de presión y una detención progresiva del fluido, de modo que al cabo de un cierto tiempo todo el líquido de la tubería está en reposo y la conducción sometida a una sobrepresión de la misma magnitud que la depresión inicial. Esta tercera fase del golpe de ariete en una impulsión es semejante a la primera fase en el caso de abastecimientos por gravedad.

En la cuarta fase comienza la descompresión, iniciándose de nuevo el movimiento, por lo que al cabo de un tiempo la situación es idéntica a la que teníamos al principio. Comienza un nuevo ciclo.

Tanto en abastecimientos por gravedad como en impulsiones, la duración de cada una de estas fases es $\frac{L}{a}$, siendo L la longitud de la tubería y a la celeridad.

2. Valor de la celeridad.

La celeridad (a) es la velocidad de propagación de la onda de presión a través del agua contenida en la tubería, por lo que su ecuación de dimensiones es $L \cdot T^{-1}$. Su valor se determina a partir de la ecuación de continuidad y depende fundamentalmente de las características geométricas y mecánicas de la conducción, así como de la compresibilidad del agua.

Una expresión práctica propuesta por Allievi, que permite una evaluación rápida del valor de la celeridad cuando el fluido circulante es agua, es la siguiente:

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \cdot \frac{D}{e}}}$$

Siendo:

K: Coeficiente función del módulo de elasticidad (ϵ) del material constitutivo de la tubería, que representa principalmente el efecto de la inercia del grupo motobomba, cuyo valor es:

$$K = \frac{10^{10}}{\epsilon}$$

D: Diámetro interior de la tubería

e: Espesor de la tubería

Valores de K para hallar la celeridad

Material de la tubería	ϵ (kg/m ²)	K
Palastros de hierro y acero	$2 \cdot 10^{10}$	0.5
Fundición	10^{10}	1
Hormigón (sin armar)	$2 \cdot 10^9$	5
Fibrocemento	$1.85 \cdot 10^9$	5.5 (5-6)
PVC	$3 \cdot 10^8$	33.3 (20-50)
PE baja densidad	$2 \cdot 10^7$	500
PE alta densidad	$9 \cdot 10^7$	111.11

También se puede hallar el valor de la celeridad consultando las tablas siguientes.

Celeridades para tuberías de fibrocemento

φ (mm)	TIPO A		TIPO B		TIPO C		TIPO D	
	3 atm de trabajo		5 atm de trabajo		10 atm de trabajo		15 atm de trabajo	
	e (mm)	a (m/s)	e (mm)	a (m/s)	e (mm)	a (m/s)	e (mm)	a (m/s)
50	-	-	8	1118	8	1118	8	1118
60	-	-	8	1044	8	1044	8	1044
70	-	-	8	1010	8	1010	8	1010
80	-	-	8	979	9	1010	9	1010
100	8	921	9	949	10	979	11	1010
125	8	870	9	895	11	949	13	1010
150	9	846	10	870	14	979	15	979
175	10	824	11	870	16	949	18	979
200	11	824	12	846	18	949	20	979
250	11	763	15	846	19	921	25	979
300	12	728	17	824	23	921	30	979
350	14	728	19	824	27	921	35	979
400	16	728	21	803	30	921	40	979
450	18	728	23	803	34	921	45	979
500	20	728	25	803	38	921	50	979
600	22	711	30	803	45	921	60	979
700	24	696	35	803	-	-	-	-
800	26	680	40	803	-	-	-	-
1000	30	666	50	803	-	-	-	-

φ: diámetro nominal (interior); e: espesor de la tubería; a: celeridad

Celeridades para tuberías de plástico

Tubería	Presión nominal (kg/cm ²)			
	4	6	10	16
PE baja densidad	118	147	196	-
PE alta densidad	-	234	305	-
PVC	240	295	380	475

En el caso de que la conducción esté constituida por tramos de tubos de diferentes características (diámetro, espesor, timbraje, material, etc.), la celeridad media se calculará como la media ponderada de la celeridad de cada tramo. Si L_1, L_2, L_3, \dots , son las longitudes de los tramos de distintas características y a_1, a_2, a_3, \dots , las celeridades respectivas, el tiempo total L/a que tarda la onda en recorrer la tubería será la suma de los tiempos parciales:

$$\frac{L}{a} = \frac{L_1}{a_1} + \frac{L_2}{a_2} + \frac{L_3}{a_3} + \dots \quad \text{Luego } a = \frac{L}{\sum \frac{L_i}{a_i}}$$

3. Tiempo de cierre de la válvula y tiempo de parada de bombas. Cierre lento y cierre rápido.

Se define el tiempo (T) como el intervalo entre el inicio y el término de la maniobra, sea cierre o apertura, total o parcial, ya que durante este tiempo se produce la modificación del régimen de movimiento del fluido. Este concepto es aplicable tanto a conducciones por gravedad como a impulsiones, conociéndose en el primer caso como *tiempo de cierre de la válvula* y como *tiempo de parada* en el segundo.

El tiempo de cierre de una válvula puede medirse con un cronómetro, es un tiempo físico y real, fácilmente modificable, por ejemplo, con desmultiplicadores, cambiando la velocidad de giro en válvulas motorizadas, etc.

Por el contrario, en el caso de las bombas, el tiempo de parada no puede medirse de forma directa y es más difícil de controlar.

En resumen, en las conducciones por gravedad, el cierre de la válvula se puede efectuar a diferente ritmo, y por tanto, el tiempo T es una variable sobre la que se puede actuar, pero en las impulsiones el tiempo de parada viene impuesto y no es posible actuar sobre él, salvo adicionando un volante al grupo motobomba o un sistema similar.

Mendiluce propone la siguiente expresión para el cálculo del tiempo de parada:

$$T = C + \frac{K \cdot L \cdot v}{g \cdot H_m}$$

Siendo: L : Longitud de la conducción (m)

v : Velocidad de régimen del agua (m/s)

g : Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s²

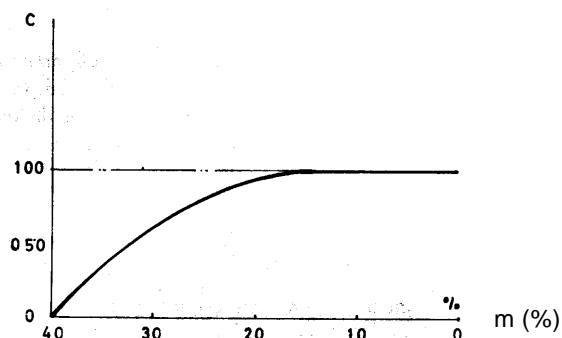
H_m : Altura manométrica proporcionada por el grupo de bombeo

$$H_m = H_g + h_T = \Delta z + \frac{P}{\gamma} + h_T$$

C y K : Coeficientes de ajuste empíricos

La altura geométrica o presión estática (H_g) se mide siempre *inmediatamente aguas arriba de la bomba*, por lo que la profundidad del agua en el pozo debe tenerse en cuenta en el caso de bombas sumergidas.

El coeficiente C (ver figura) es función de la pendiente hidráulica (m), siendo $m = \frac{H_m}{L}$. Toma el valor $C=1$ para pendientes hidráulicas crecientes de hasta el 20%, y se reduce progresivamente a partir de este valor hasta hacerse cero para pendientes del 40%. Pendientes superiores al 50% implican paradas muy rápidas, aconsejándose considerar el golpe de ariete máximo de Allievi en toda la longitud de la tubería.



$$\frac{H_m}{L} < 0.20 \rightarrow C = 1$$

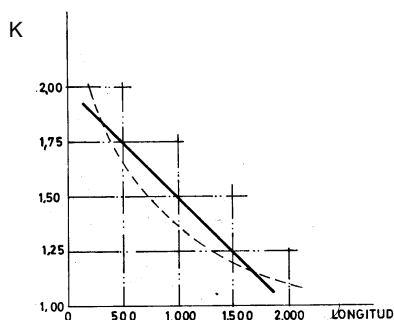
$$\frac{H_m}{L} \geq 0.40 \rightarrow C = 0$$

$$\frac{H_m}{L} \approx 0.30 \rightarrow C = 0.60$$

Valores del coeficiente C según Mendiluce

El coeficiente K depende de la longitud de la tubería y puede obtenerse a partir de la gráfica o de la tabla siguientes, propuestas por Mendiluce. Este autor recomienda la utilización de los valores de K redondeados recogidos en la tabla, ya que ha comprobado que las pequeñas diferencias respecto a la gráfica tienen una repercusión despreciable en el golpe de ariete y siempre del lado de la seguridad, y es de más sencillo manejo.

Valores del coeficiente K según Mendiluce



L	K
$L < 500$	2
$L \approx 500$	1.75
$500 < L < 1500$	1.5
$L \approx 1500$	1.25
$L > 1500$	1

Puesto que L es la longitud de la tubería y la celeridad a es la velocidad de propagación de la onda de presión, $\frac{2 \cdot L}{a}$ será el tiempo que tarda la onda de presión en dar una oscilación completa. Por lo tanto, si $T < \frac{2 \cdot L}{a}$, la maniobra ya habrá concluido cuando se produzca el retorno de la onda de presión y tendremos un *cierre rápido*, alcanzándose la sobrepresión máxima en algún punto de la tubería. Sin embargo, si $T > \frac{2 \cdot L}{a}$, estaremos ante un *cierre lento* y ningún punto alcanzará la sobrepresión máxima, ya que la primera onda positiva reflejada regresa antes de que se genere la última negativa.

$$T < \frac{2 \cdot L}{a} : \text{Cierre rápido}$$

$$T > \frac{2 \cdot L}{a} : \text{Cierre lento}$$

El caso más desfavorable para la conducción (máximo golpe de ariete) es el cierre instantáneo ($T \approx 0$). En la práctica esto sólo ocurre en impulsiones de gran pendiente hidráulica, no siendo lo habitual.

Como a mayor tiempo T menor sobrepresión, si podemos controlar T limitaremos en gran medida los problemas en tuberías, siendo éste el caso de los abastecimientos por gravedad.

4. Cálculo de la sobrepresión producida por el golpe de ariete. Fórmulas de Michaud y Allievi.

Una vez conocido el valor del tiempo T y determinado el caso en el que nos encontramos (cierre lento o cierre rápido), el cálculo del golpe de ariete se realizará de la forma siguiente:

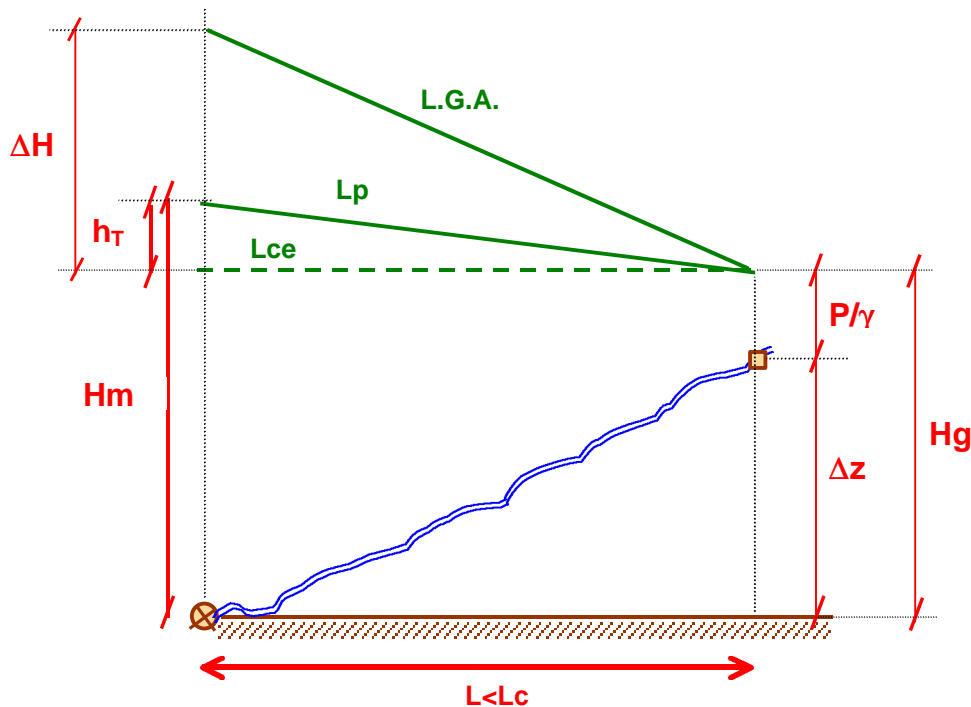
a) Cierre lento.

A finales del siglo XIX, **Michaud** propuso la primera fórmula para valorar el golpe de ariete:

$$\Delta H = \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T}$$

Siendo: ΔH : Sobrepresión debida al golpe de ariete (mca)
 L : Longitud de la tubería (m)
 v : Velocidad de régimen del agua (m/s)
 T : Tiempo de parada o de cierre, según el caso (s)
 g : Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s²

Para deducir esta ecuación, Michaud no tuvo en cuenta ni la compresibilidad del agua ni la elasticidad de la tubería.



El límite mínimo de ΔH se produce cuando L es muy pequeño frente a T , y entonces:

$$\Delta H = \frac{L \cdot v}{g \cdot T}$$

que es la ecuación de **Jouguet**, establecida en la misma época que la de Michaud, y se deduce analíticamente igualando el impulso que experimenta el agua en el interior de la tubería a la variación de su cantidad de movimiento.

$$I = \Delta Q$$

$$F \cdot T = m \cdot \Delta v$$

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot L = \frac{\gamma}{g} \cdot S \cdot L$$

$$F \cdot T = \frac{\gamma}{g} \cdot S \cdot L \cdot \Delta v$$

Y puesto que la presión $P = \frac{F}{S}$ y $\frac{P}{\gamma} = \Delta H$

quedaría
$$\Delta H = \frac{L \cdot \Delta v}{g \cdot T}$$

En caso de cierre parcial, la velocidad final será menor que la inicial pero no nula, con lo que $\Delta v < v$. El caso más desfavorable para la conducción se produce cuando $\Delta v = v$, es decir, cuando la velocidad final es cero, correspondiendo con el cierre total de la válvula. Entonces:

$$\Delta H = \frac{L \cdot v}{g \cdot T}$$

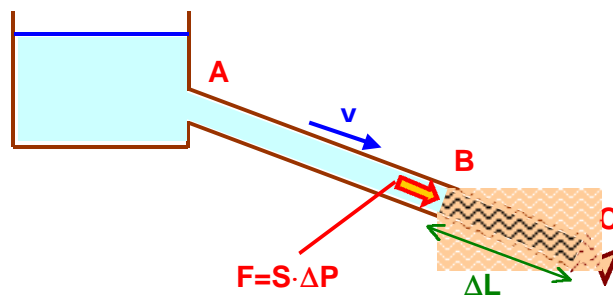
que es la fórmula de Jouguet.

Sin embargo, Michaud, partiendo de distintos supuestos, comprobó que la sobrepresión alcanzaba valores del doble de la establecida por Jouguet.

En realidad, Jouguet se aproxima más al principio de la sobrepresión y Michaud al final, ya que las disminuciones de la velocidad no son lineales con el tiempo, decreciendo más suavemente al principio del transitorio que al final, pero puesto que siempre se alcanzará en algún punto de la tubería un golpe de ariete igual al dado por Michaud, es ésta la fórmula que habrá que aplicar en el cálculo de la sobrepresión con un tiempo de cierre lento $\left(T > \frac{2 \cdot L}{a} \right)$.

b) Cierre rápido.

Como ya comentamos anteriormente, al cerrar la válvula C, el agua se detiene y comienza a comprimirse en sus proximidades.



Si S es la sección transversal de la tubería y ΔP es la presión ejercida por la rodaja de agua considerada, la fuerza que soporta dicha sección será:

$$F = S \cdot \Delta P$$

El impulso (I) de dicha fuerza durante el tiempo T que tarda en pararse el fluido contenido en el segmento BC de tubería, de longitud ΔL , será:

$$I = F \cdot T = S \cdot \Delta P \cdot \frac{\Delta L}{a}$$

siendo a la celeridad de la onda de presión.

Como el impulso ha de ser igual a la variación de la cantidad de movimiento (ΔQ):

$$I = \Delta Q = m \cdot \Delta v$$

A su vez, la masa (m) de la porción de líquido considerado es:

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot S \cdot \Delta L$$

Luego:

$$S \cdot \Delta P \cdot \frac{\Delta L}{a} = \rho \cdot S \cdot \Delta L \cdot \Delta v$$

$$\frac{\Delta P}{a} = \rho \cdot \Delta v$$

Considerando el caso más peligroso para la tubería, es decir, el cierre total de la válvula:

$$\Delta v = v$$

$$\frac{\Delta P}{a} = \rho \cdot v$$

$$\Delta P = \rho \cdot a \cdot v$$

y como $\gamma = \rho \cdot g \rightarrow \rho = \frac{\gamma}{g}$

Llamando ΔH al valor de la sobrepresión, es decir, $\Delta H = \frac{\Delta P}{\gamma}$, se obtiene:

$$\Delta P = \frac{\gamma}{g} \cdot a \cdot v$$

$$\frac{\Delta P}{\gamma} = \frac{a \cdot v}{g}$$

$$\Delta H = \frac{a \cdot v}{g}$$

expresión que dedujo **Allievi** en 1904, con la que se calcula el valor máximo del golpe de ariete que puede producirse en una conducción.

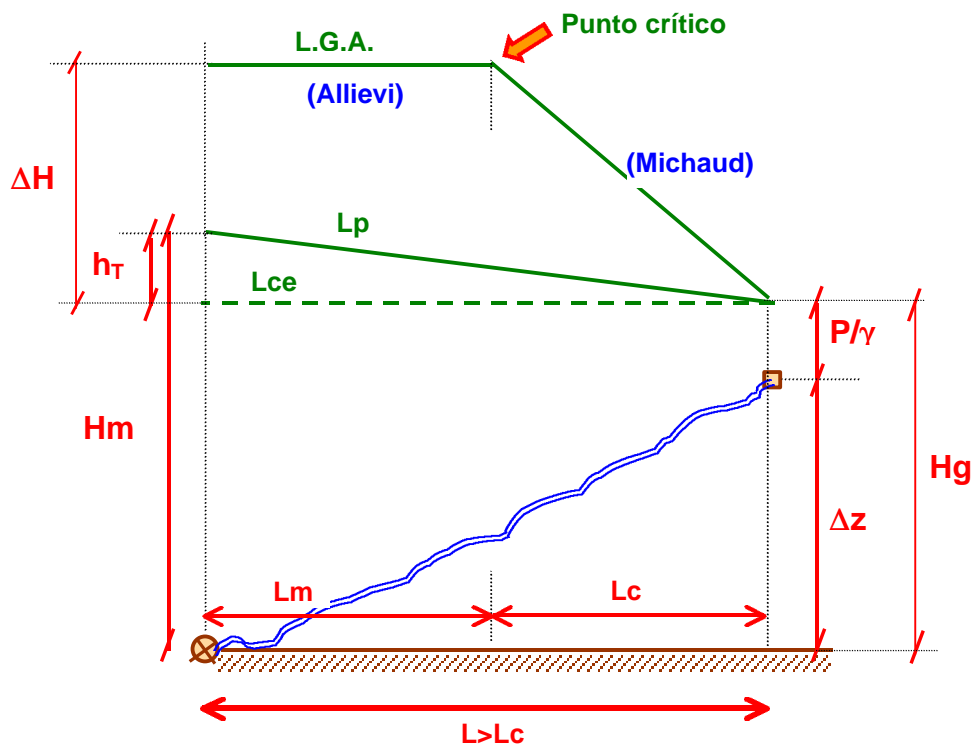
Puede observarse cómo el valor de la sobrepresión es independiente de la longitud de la tubería.

Representando gráficamente las ecuaciones de Allievi y de Michaud, se observa que, si la conducción es lo suficientemente larga, las dos rectas se cortan en un punto, denominado **punto crítico**. La longitud del tramo de tubería regido por la ecuación de Michaud se conoce como **longitud crítica** (L_c), y su valor se obtiene, lógicamente, igualando las fórmulas de Michaud y Allievi.

$$\frac{2 \cdot L_c \cdot v}{g \cdot T} = \frac{a \cdot v}{g}$$

$$L_c = \frac{a \cdot T}{2}$$

Excepto en el caso de ser la pendiente hidráulica mayor del 50%, en que se recomienda considerar la sobrepresión de Allievi en toda la conducción, el valor así calculado lo soportará el tramo de tubería de longitud L_m , siendo $L_m = L - L_c$.



Basándonos en el concepto de longitud crítica, se tiene que:

- ⇒ Si $L < L_c$, se trata de una **impulsión (conducción) corta**, que se correspondería con un **cierre lento**, calculándose el golpe de ariete mediante la fórmula de Michaud.
- ⇒ Si $L > L_c$, entonces la **impulsión (conducción) es larga** y el **cierre rápido**, siendo el valor del golpe de ariete el dado por Allievi desde la válvula hasta el punto crítico y por Michaud en el resto.

$L < L_c$	Impulsión corta	$T > \frac{2 \cdot L}{a}$	Cierre lento	Michaud	$\Delta H = \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T}$
$L > L_c$	Impulsión larga	$T < \frac{2 \cdot L}{a}$	Cierre rápido	Allievi	$\Delta H = \frac{a \cdot v}{g}$

5. Método práctico para el cálculo del golpe de ariete.

Necesitamos calcular previamente la velocidad del agua y, en impulsiones, la altura manométrica del grupo de bombeo.

⇒ Se obtiene el tiempo de parada con la ecuación de Mendiluce. En el caso de abastecimientos por gravedad, el tiempo de cierre de la válvula será conocido.

$$T = C + \frac{K \cdot L \cdot v}{g \cdot H_m}$$

⇒ Se calcula la celeridad “a” con la fórmula de Allievi o se consultan las tablas para calcular la sobrepresión mediante la fórmula adecuada.

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \cdot \frac{D}{e}}}$$

⇒ Se calcula la longitud crítica “Lc”, que es la distancia que separa el final de la impulsión del punto crítico o de coincidencia de las fórmulas de Michaud y Allievi. En la Lc rige la fórmula de Michaud.

$$L_c = \frac{a \cdot T}{2}$$

⇒ Se comparan las longitudes L y Lc.

$L < L_c$	Impulsión corta	$T > \frac{2 \cdot L}{a}$	Cierre lento	Michaud	$\Delta H = \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T}$
$L > L_c$	Impulsión larga	$T < \frac{2 \cdot L}{a}$	Cierre rápido	Allievi	$\Delta H = \frac{a \cdot v}{g}$

El tipo de cierre, lento o rápido, también puede conocerse comparando el tiempo de parada de la bomba o el de cierre de la válvula con el tiempo que tarda la onda de presión en dar una oscilación completa, es decir, con $\frac{2 \cdot L}{a}$.

⇒ En impulsiones, se colocan las *válvulas de retención* necesarias para mantener la línea de sobrepresión debida al golpe de ariete por debajo de la línea piezométrica. Con las válvulas de retención se *desplaza* la línea de máximas presiones del golpe de ariete.

6. Métodos para reducir el efecto del golpe de ariete.

6.1. Volante de inercia

Consiste en incorporar a la parte rotatoria del grupo de impulsión un volante cuya inercia retarde la pérdida de revoluciones del motor, y en consecuencia, aumente el tiempo de parada de la bomba, con la consiguiente minoración de las sobrepresiones.

Este sistema crea una serie de problemas mecánicos, mayores cuanto mayor sea el peso del volante.

6.2. Chimeneas de equilibrio

Consiste en una tubería de diámetro superior al de la tubería, colocada verticalmente y abierta en su extremo superior a la atmósfera, de tal forma que su altura sea siempre superior a la presión de la tubería en el punto donde se instala en régimen permanente.

Este dispositivo facilita la oscilación de la masa de agua, eliminando la sobrepresión de parada, por lo que sería el mejor sistema de protección si no fuera por aspectos constructivos y económicos. Sólo es aplicable en instalaciones de poca altura de elevación.

6.3. Calderín

Consiste en un recipiente metálico parcialmente lleno de aire que se encuentra comprimido a la presión manométrica. Existen modelos en donde el aire se encuentra aislado del fluido mediante una vejiga, con lo que se evita su disolución en el agua.

El calderín amortigua las variaciones de presión debido a la expansión prácticamente adiabática del aire al producirse una depresión en la tubería, y posteriormente a la compresión, al producirse una sobrepresión en el ciclo de parada y puesta en marcha de una bomba.

Su colocación se realiza aguas debajo de la válvula de retención de la bomba. Se instala en derivación y con una válvula de cierre para permitir su aislamiento.

6.4. Válvulas de alivio rápido

Son de dispositivos que permiten de forma automática y casi instantánea la salida de la cantidad necesaria de agua para que la presión máxima en el interior de la tubería no exceda un valor límite prefijado.

Suelen proteger una longitud máxima de impulsión el orden de 2 km. Los fabricantes suelen suministrar las curvas de funcionamiento de estas válvulas, hecho que facilita su elección en función de las características de la impulsión.

6.5. Válvulas anticipadoras de onda

Estas válvulas están diseñadas para que se produzca su apertura en el momento de parada de la bomba y cuando se produce la depresión inicial, de tal forma que cuando vuelva a la válvula la onda de sobrepresión, ésta se encuentre totalmente abierta, minimizando al máximo las sobrepresiones que el transitorio puede originar.

6.6. Ventosas

Dependiendo de su función, permiten la eliminación del aire acumulado en el interior de la tubería, admisión de aire cuando la presión en el interior es menor que la atmosférica y la eliminación del aire que circula en suspensión en el flujo bajo presión.

6.7. Válvulas de retención

Estas válvulas funcionan de manera que sólo permiten el flujo de agua en un sentido, por lo que también se conocen como *válvulas anti-retorno*.

Entre sus aplicaciones se puede señalar:

- En impulsiones, a la salida de la bomba, para impedir que ésta gire en sentido contrario, proteger la bomba contra las sobrepresiones y evitar que la tubería de impulsión se vacíe.
- En impulsiones, en tramos intermedios para seccionar el golpe de ariete en tramos y reducir la sobrepresión máxima.
- En hidrantes, para impedir que las aguas contaminadas retornen a la red.

- En redes de distribución con ramales ascendentes, para evitar el vaciado de la mismas al detenerse el flujo.

6.7.1. Válvulas de retención tipo clapeta

Sus limitaciones son:

- No se pueden instalar verticalmente cuando la corriente va hacia abajo.
- No funcionan correctamente cuando la velocidad del agua sobrepasa los 1.5 m/s.
- No funcionan correctamente cuando las presiones estáticas empiezan a ser elevadas. Si se trabaja con más de 3 atmósferas de presión, conviene asegurarse de la fiabilidad de la válvula de clapeta simple que se trate de elegir.
- No funcionan correctamente cuando las sobrepresiones del golpe de ariete empiezan a ser importantes. En ocasiones, la presión estática puede ser baja, pero una gran longitud de la tubería puede dar lugar a golpes de ariete excesivos para ciertas válvulas de retención.
- No funcionan correctamente cuando los caudales son importantes.
- Su funcionamiento es incorrecto cuando se cierran bruscamente, produciendo vibraciones que pueden dañar las tuberías y otras válvulas.

6.7.1.1 Válvulas de retención tipo clapeta simple

Son de fácil construcción. El disco se levanta por acción del agua hasta unos noventa grados. Su cierre suele ser muy brusco y entonces produce un golpetazo que repercute en las tuberías y en otros elementos adyacentes y puede originar un fuerte golpe de ariete.

6.7.1.2 Válvulas de retención tipo clapeta simple con contrapeso

Aminorar en cierta medida la brusquedad en el cierre.

6.7.1.3 Válvulas de retención tipo clapeta simple con corto recorrido de clapeta

Supone una mejora extraordinaria en la válvula simple, pues al tener la clapeta un menor recorrido no produce apenas golpetazo y puede admitir velocidades y presiones mayores.

Esta válvula se puede utilizar también con aguas sucias.

6.7.1.4 Válvulas de retención tipo clapeta simple con sistema amortiguador y contrapeso

Supone una mejora sobre las anteriores. El contrapeso permite regular in situ la cadencia del cierre hasta optimizarla. El amortiguador deja que la válvula se cierre en un 90 % antes de empezar a actuar, y de esta manera, el 10 % final del recorrido de la clapeta está controlado.

Esta es una de las pocas válvulas de retención que se pueden emplear con aguas negras.

La máxima velocidad admisible es del orden de 2 m/s y puede permitir presiones de hasta 10 ó 20 atmósferas, dependiendo de los materiales de su construcción.

6.7.1.5 Válvulas de retención con clapeta de eje semicentrado

Es la válvula de clapeta que se puede considerar más fiable. En las anteriores, la clapeta gira por medio de una bisagra colocada en su extremo, mientras que en esta válvula la clapeta gira en dos semiejes descentrados que evitan que se produzca golpetazo.

Es la que produce menos pérdida de carga, son de coste más bien elevado y no se deben usar con aguas negras.

6.7.1.6 Válvulas de retención de semiclapeta doble o de disco partido

La clapeta o disco se ha partido en dos y las bisagras se colocan en un eje centrado. Los semidiscos van ayudados en el cierre por unos muelles, pero a pesar de ello, no se deben colocar para flujos verticales hacia abajo.

No suele dar golpetazo si está debidamente diseñada y construida con los materiales adecuados. Admite velocidades de hasta 5 m/s y puede construirse para grandes presiones.

Suele venderse para ser encajada entre dos bridas, al no disponer de bridas propias.

6.7.2 Válvulas de retención de disco sobre eje longitudinal centrado

Las características de estas válvulas de retención, también conocida como válvulas de retención Williams–Hager, permiten las siguientes aplicaciones:

- Son recomendables cuando se esperen presiones de trabajo elevadas o cuando se puedan producir fuertes sobrepresiones por golpe de ariete.
- Admiten velocidades del flujo de agua de hasta 3 m/s.
- Se pueden colocar en cualquier posición, incluso verticalmente, cuando se quiera que retengan flujos de agua dirigidos hacia abajo.
- Se deben colocar exclusivamente en instalaciones de aguas limpias, nunca en aguas negras.