



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Fin de Grado

**Diseño, construcción y puesta a punto de un  
banco de pruebas para el estudio del golpe  
de ariete en instalaciones hidráulicas**

Autor:

Calonge Hervás, Cynthia

Tutor:

Méndez Bueno, César

Co-tutor:

Moneo, José Ángel

Departamento de Ingeniería  
Energética y Fluidomecánica

Valladolid, Noviembre de 2016



## Abstract

El objetivo del presente trabajo sobre el **diseño, construcción y puesta a punto de una instalación para ensayos de golpe de ariete** es profundizar en el estudio de dicho fenómeno.

En el documento se describe de manera teórica el golpe de ariete, los efectos que produce y las aplicaciones que tiene.

Se incluyen los cálculos y los bocetos del diseño de la instalación. Para ello, se aplican conocimientos de las asignaturas de la rama Fluidomecánica y de CAD. Contiene también el proceso de montaje y puesta a punto, la resolución de los problemas que aparecieron durante dichas etapas, las conclusiones extraídas de los ensayos realizados y un estudio económico del proyecto.

Debido a que la instalación formará parte de las prácticas del laboratorio, se adjunta un posible guión de prácticas con el que ayudar a los futuros alumnos a profundizar sus conocimientos sobre el tema.



## ÍNDICE

<b>Abstract .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>7</b>
1.1 Objetivos del proyecto.....	7
1.2 Estructura del proyecto.....	8
<b>2. Teoría del golpe de ariete .....</b>	<b>9</b>
2.1 Definición.....	9
2.2 Breve introducción histórica.....	9
2.3 Evolución temporal del fenómeno .....	10
2.4 Consecuencias del golpe de ariete .....	17
2.5 Accidentes producidos.....	18
2.6 Dispositivos de alivio para golpe de ariete.....	20
2.6.1 Válvulas antiretorno .....	20
2.6.2 Válvulas de seguridad.....	21
2.6.3 Válvulas aliviadoras de presión o supresoras de oscilaciones.....	21
2.6.4 Válvulas reguladoras de presión.....	22
2.6.5 Válvulas de admisión de aire .....	23
2.6.6 Tanques de oscilación .....	23
2.6.7 Cámaras de aire .....	27
2.6.8 Tanques unidireccionales.....	28
2.7 Aplicaciones: bomba de ariete .....	28
<b>3. Diseño de la instalación .....</b>	<b>33</b>
3.1 Introducción.....	33
3.2 Elementos constructivos.....	33
<b>4. Construcción y puesta a punto.....</b>	<b>41</b>
4.1 Montaje de la instalación .....	46
4.2 Puesta a punto .....	50
<b>5. Ensayos y resultados .....</b>	<b>53</b>
5.1 Evolución temporal de la presión provocada por el golpe de ariete en el presostato cercano a la válvula .....	63
<b>6. Prácticas de laboratorio.....</b>	<b>67</b>
6.1 Introducción.....	67
6.2 Guión de prácticas .....	67

6.2.1 Objetivo .....	67
6.2.2 Fundamento teórico.....	67
6.2.3 Descripción de la instalación .....	68
6.2.4 Procedimiento para la toma de datos .....	68
6.2.5 Presentación de resultados.....	69
<b>7. Estudio económico.....</b>	<b>71</b>
<b>8. Conclusiones .....</b>	<b>73</b>
8.1 Posibles líneas de acción futuras .....	74
<b>9. Bibliografía .....</b>	<b>77</b>
<b>ANEXO I-Planos .....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO II-Manuales de la bomba, del rotámetro y del presostato .....</b>	<b>91</b>

## 1. Introducción

La finalidad del presente capítulo es proporcionar una visión general del documento, explicando cuáles han sido los objetivos y el contenido de cada uno de los capítulos de los que consta.

### 1.1 Objetivos del proyecto

El principal motivo de realización del TFG era ampliar los conocimientos sobre el fenómeno del golpe de ariete, ya que constituye uno de los principales problemas en las instalaciones hidráulicas. Para ello, se decidió construir una instalación e integrarla en el conjunto actual del laboratorio, donde todas las prácticas se encuentran montadas sobre un banco de ensayos móvil formado por perfiles de aluminio. Se pretende estudiar la evolución temporal del mismo, el modo en el que afecta a las instalaciones y los métodos que existen para evitar su aparición.

Por el hecho de formar parte de las prácticas de laboratorio, también permite ayudar en un futuro a los alumnos a afianzar los conocimientos recibidos en clase acerca de la materia. Se trató de diseñar una instalación con un funcionamiento sencillo e intuitivo para facilitar el manejo por parte de los alumnos y de este modo, permitir entender mejor el proceso. Por este motivo, se pensó en adjuntar una propuesta de guión de prácticas en uno de los epígrafes.

El proyecto comprende las fases de diseño, construcción y puesta a punto de la instalación. A continuación se explican los pasos seguidos hasta su finalización:

1. Realización de bocetos y cálculos de los elementos de la futura instalación.
2. Implementación de los bocetos realizados en un modelo en 3D en Catia y realización de cambios en los mismos hasta llegar a un diseño satisfactorio.
3. Obtención de los planos requeridos para la fabricación de cada elemento y elaboración de una lista con los elementos normalizados necesarios.
4. Estudio de los experimentos que se llevarán a cabo para saber qué parámetros habrá que mostrar en pantalla.
5. Montaje y puesta a punto del conjunto, y resolución de problemas surgidos durante el proceso.
6. Realización de ensayos en la instalación y verificación del cumplimiento de los objetivos propuestos.
7. Documentación de toda la memoria del proceso.

A lo largo de todo el trabajo se ha seguido el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), dándole una mayor importancia a la planificación del mismo para intentar evitar, en la medida de lo posible, errores en las etapas posteriores.

## 1.2 Estructura del proyecto

El presente documento se encuentra dividido en varios epígrafes, donde se recoge toda la información relacionada con el desarrollo de este trabajo. En la siguiente lista, se recogen los aspectos más importantes a tratar en cada uno de ellos:

1. **Introducción:** durante este breve capítulo se establece el contexto que abarca el desarrollo del trabajo, definiendo claramente los objetivos del mismo.
2. **Teoría del golpe de ariete:** a lo largo de todo el epígrafe se desarrollan los fundamentos teóricos del fenómeno, los problemas derivados de su aparición y elementos para evitarlo. También se incluye una aplicación en la cual el golpe de ariete resulta beneficioso.
3. **Diseño de la instalación:** este capítulo está dedicado a todos los cálculos previos necesarios para el dimensionamiento de cada elemento de la instalación. Incluye una lista que detalla todos los componentes necesarios, así como la justificación de la elección de cada uno de ellos y bocetos del conjunto.
4. **Construcción y puesta a punto de la instalación:** aquí se recogen los planos de las diferentes etapas seguidas hasta la configuración final de la instalación y toda la información referente al montaje y la puesta a punto de la misma.
5. **Ensayos y resultados:** este apartado recoge los ensayos realizados en la misma y el análisis de los resultados obtenidos.
6. **Prácticas de laboratorio:** durante este capítulo se presenta una propuesta de guión de prácticas de laboratorio para futuros alumnos.
7. **Estudio económico:** aquí se ofrece el cálculo del presupuesto del proyecto.
8. **Conclusiones:** este apartado está destinado a presentar las conclusiones extraídas de la realización del proyecto. Se describen también los conocimientos adquiridos del mismo.
9. **Bibliografía:** contiene referencias a libros, apuntes y webs empleados para el desarrollo de este trabajo.

**Anexo I-Planos:** aquí se recogen los planos del conjunto de la instalación y de cada elemento que ha sido necesario diseñar.

**Anexo II-Manuales de la bomba, del rotámetro y del presostato:** contiene las fichas técnicas y el manual de uso de los elementos citados, proporcionados por el fabricante.

## 2. Teoría del golpe de ariete

### 2.1 Definición

El golpe de ariete es un fenómeno producido por un cambio brusco en el movimiento de un fluido que circula por el interior de un conducto cerrado. Como consecuencia de ello se producen variaciones de presión y vibraciones que viajan a través del conducto. Dicho cambio se puede deber al cierre brusco de una válvula en algún punto de la conducción [L1].

### 2.2 Breve introducción histórica

La hidráulica es una rama de la física cuyo origen como técnica, es tan antiguo como el hombre, ya que siempre se ha visto obligado a resolver problemas como la irrigación de terrenos de cultivo, el suministro de agua a poblaciones, la protección frente a inundaciones, etc., pero como ciencia, tuvo su inicio en el siglo XIX.

De los temas que abarca la hidráulica, uno de los más relevantes a la hora de diseñar obras hidráulicas es el relativo a los fenómenos transitorios, de los cuales el más común es el golpe de ariete.

Entre los investigadores y científicos que llevaron a cabo estudios y experimentos sobre golpe de ariete, cabe citar a Michaud, quien probablemente fue el primero en hacer investigaciones de dicho fenómeno en tuberías. La publicación de las mismas apareció en Suiza en 1878.

En 1897, Nicolai Egorovich Joukowsky demostró que cuando en una tubería se presenta un cierre brusco de una válvula situada en el extremo aguas abajo, la velocidad de la onda de presión generada, es una función de la elasticidad de las paredes.

De los estudios y experimentos realizados por Joukowsky, se obtuvieron las primeras ecuaciones en relación a la teoría del golpe de ariete.

La figura más importante por sus estudios y aportaciones fue Lorenzo Allievi, quien profundizó en las investigaciones llevadas a cabo por Joukowsky. Publicó un trabajo importante sobre golpe de ariete en 1903.

En 1909, E. Braun, hizo una de las aportaciones más importantes al desarrollo de la teoría, al introducir el valor de la característica de la tubería,  $\epsilon$ .

Posteriormente, en 1929, aparecieron los métodos gráficos de solución de golpe de ariete en bombas, cuyo precursor fue Othmar Schnyder. Años más tarde, otros científicos desarrollaron el mismo método gráfico, tal como Louis Bergeron.

Cabe citar también las contribuciones de años sucesivos de H.Favre, quien hizo investigaciones en tuberías con disminución gradual de diámetro y desarrolló

detalladamente la integración de las ecuaciones de golpe de ariete elaboradas por Riemann.

Desde entonces, se han seguido llevando a cabo estudios sobre el fenómeno [L2].

### 2.3 Evolución temporal del fenómeno

A continuación se describe la evolución temporal del golpe de ariete. Se asume, sin pérdida de generalidad, que el fluido se comporta de forma ideal, es decir, se desprecia la viscosidad y no existen pérdidas de carga.

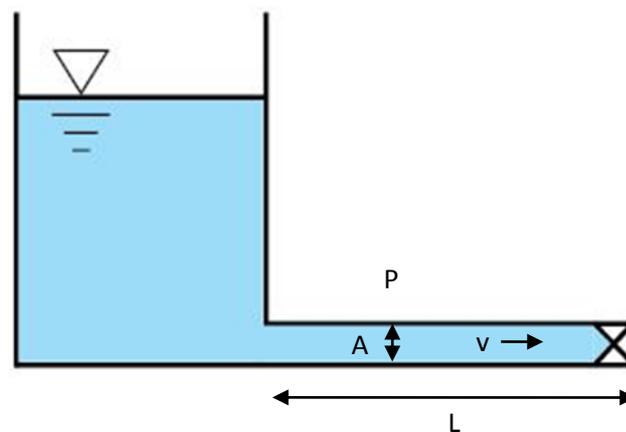


Figura 2.1 Situación inicial

Situación inicial:  $t=0$

Se tiene un conducto de longitud  $L$  y sección  $A$ , por el que descarga desde un depósito de grandes dimensiones. Tal y como se puede observar en la figura 2.1, en el extremo aguas abajo se sitúa una válvula, que se cerrará bruscamente y producirá el denominado golpe de ariete. El fluido se mueve por el conducto con una velocidad  $v$  y tiene una presión  $P$ .

Si la tubería se comporta como infinitamente rígida frente al fluido, como en el caso de un gas, entonces la onda de presión se mueve a la velocidad del sonido y el gas se comprime absorbiendo el incremento de presión producido. Dicho incremento viene dado por la ecuación 2.1:

$$\Delta P = \rho a \Delta v \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Siendo  $\rho$  la densidad del fluido,  $a$  la velocidad del sonido y  $\Delta v$  el incremento de velocidad.

Cuando el módulo de elasticidad de la tubería y el inverso de la compresibilidad del fluido son comparables, se produce la deformación de la tubería y la velocidad de la

onda en este caso baja a  $c$ . El incremento de presión para esta situación es el dado por la ecuación 2.2:

$$\Delta P = \rho c \Delta v \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde  $\rho$  es la densidad del fluido,  $c$  la velocidad de la onda y  $\Delta v$  la diferencia de velocidades.

Dicha expresión se obtiene aplicando la ecuación de continuidad y la de cantidad de movimiento.

Etapa 1:  $t < L/c$

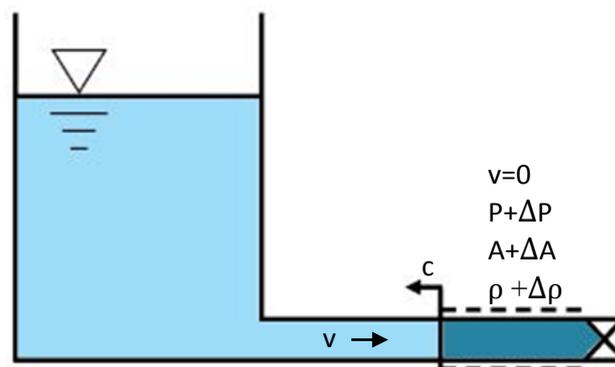


Figura 2.2 Etapa 1.

Tras el cierre brusco de la válvula, se produce una onda de presión que viaja aguas arriba a una velocidad  $c$  transmitiendo la información del cierre. El fluido que ha sido alcanzado por la onda, que estaba inicialmente a una presión  $P$ , se comprime, pasando a tener una presión  $P+\Delta P$ . Las partículas que han sido alcanzadas por la onda, se frenan por completo. Como resultado, la zona de tubería señalada en la figura 2.2 en color azul más oscuro, pasa a tener una sección  $A+\Delta A$  y el fluido sufre un aumento de densidad  $\Delta \rho$ .

El resto del conducto, que aún no ha sido alcanzado por la onda, continúa teniendo las condiciones iniciales.

El tiempo que tarda la onda en llegar al depósito, será el tiempo que tarda en recorrer la tubería de longitud  $L$ . Por tanto, en el instante  $t=L/c$  se tendrá la situación de la figura 2.3.

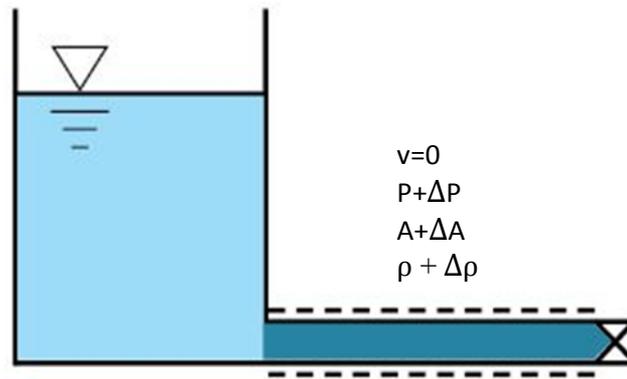


Figura 2.3 Instante en el que la onda alcanza el depósito

Como muestra la figura 2.3, la onda de choque ha recorrido la tubería y ha alcanzado el depósito. Como consecuencia de ello, todo el fluido de la tubería se encuentra ahora en las mismas condiciones. La tubería se encuentra ensanchada en toda su longitud, todas las partículas que contiene se han frenado y se encuentran a una presión  $P+\Delta P$ .

El fluido del depósito cercano a la tubería, se encuentra a una presión  $P$  mientras que el fluido de la tubería tiene una presión  $P+\Delta P$ . Puesto que el fluido viaja de mayor a menor presión, ahora comenzará a desplazarse hacia el depósito, mientras que la onda de presión viajará hacia la válvula. En la siguiente etapa se podrá observar la situación.

Etapa 2:  $L/c < t < 2L/c$

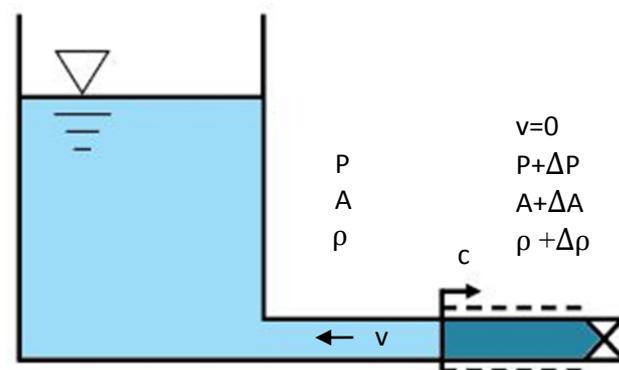


Figura 2.4 Etapa 2

En la figura 2.4, se puede observar lo que ya se anticipaba, el fluido viaja hacia el depósito con una velocidad  $v$  y la onda hacia la válvula con una velocidad  $c$ .

Las condiciones de la parte de tubería resaltada en azul oscuro son las mismas que en la figura 2.3, cuando todas las partículas de la tubería habían sido alcanzadas por la onda. Es decir, se encuentran en reposo, a una presión  $P+\Delta P$ , y esa parte de la tubería está ensanchada. El resto de la tubería presenta las mismas condiciones

de la situación inicial, es decir, se encuentran a una presión  $P$  y la tubería tiene su área inicial  $A$ .

En dicho caso, se produce una onda de expansión.

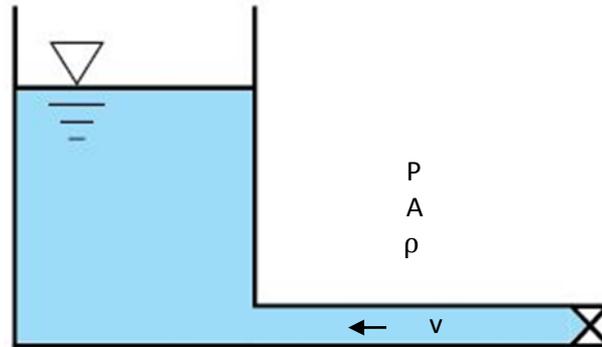


Figura 2.5 Instante en el que la onda llega a la válvula.

En el instante  $t=2L/c$ , la onda ha alcanzado la válvula, mientras que el fluido se encuentra viajando hacia el depósito con una velocidad  $v$ , tal y como se puede observar en la imagen 2.5. Las condiciones en las que se encuentra la tubería son las de partida, es decir, el fluido está a una presión  $P$  y la tubería tiene una sección  $A$ .

Etapa 3:  $2L/c < t < 3L/c$

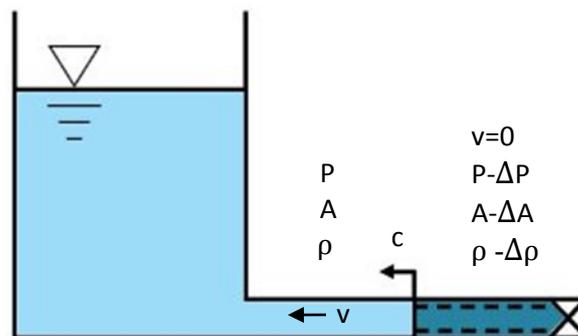


Figura 2.6 Etapa 3

Atendiendo a la figura 2.6, se puede observar cómo la onda está desplazándose ahora hacia el depósito. Como consecuencia de ello, la parte que ha sido alcanzada por ella, se ha estrechado y las partículas se han frenado. La presión en ese tramo ha disminuido a  $P-\Delta P$ , al igual que la densidad, que ha pasado a  $\rho-\Delta\rho$ .

En el resto de tubería, el fluido continúa viajando hacia el depósito y respecto a las condiciones, se mantienen las iniciales.

La onda que se produce en este caso es de expansión.

En el instante  $t=3L/c$ , la onda llega de nuevo al depósito, haciendo que todas las partículas de la tubería se encuentren ahora en reposo. Como se ilustra en la figura 2.7, toda la tubería ha sufrido un estrechamiento, y en toda ella se tienen las mismas condiciones, el fluido está a una presión  $P-\Delta P$  y tiene una densidad  $\rho-\Delta\rho$ .

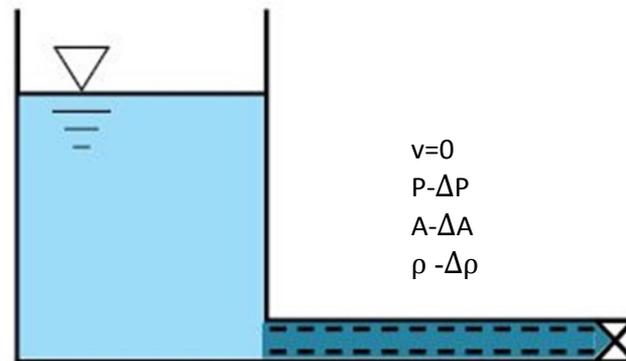


Figura 2.7 Instante en el que la onda alcanza el depósito.

Etapa 4:  $3L/c < t < 4L/c$

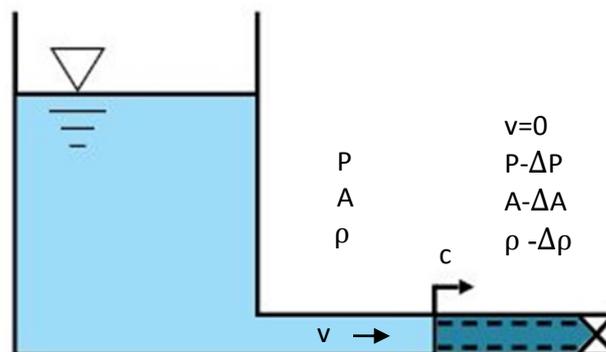


Figura 2.8 Etapa 4

Una vez ha llegado la onda al depósito, como las partículas cercanas al depósito se encuentran a una presión  $P$  y las pertenecientes a la tubería a una presión  $P-\Delta P$ , ahora el fluido pasará a viajar hacia la válvula con una velocidad  $v$ . Las partículas se encuentran viajando en el mismo sentido que la onda, salvo las que no han sido alcanzadas aún por ella, que permanecen en reposo.

En la figura 2.8 se puede observar que la parte del conducto que pega con el depósito tiene las condiciones iniciales, el fluido está a una presión  $P$  y tiene una densidad  $\rho$ , y la tubería conserva su área inicial  $A$ . Por otra parte, el resto de tubería aún presenta las condiciones de la etapa anterior, el fluido está a una presión  $P-\Delta P$  y tiene una densidad  $\rho-\Delta\rho$ , y la tubería permanece estrechada, con una sección  $A-\Delta A$ .

En este caso la onda es de compresión.

En el instante  $t=4L/c$ , la onda ha llegado a la válvula, por lo que se vuelve a tener la situación inicial, la misma que en la figura 2.1.

Cabe destacar que, de no existir la fricción en el conducto, el ciclo que se acaba de describir se repetiría indefinidamente. Sin embargo, prácticamente todos los conductos son rugosos por lo que la variación de la carga se va atenuando a lo largo del ciclo [AP1].

A continuación, se va a definir lo que se considera cierre brusco. Para ello se define otro parámetro denominado tiempo crítico de cierre, que viene establecido por la ecuación 2.3:

$$t_c = \frac{2L}{c} \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Siendo L la longitud de la tubería y c la velocidad de propagación de la onda que se va a generar con el golpe de ariete. Dicha velocidad, para el caso de una tubería circular, viene dada por la ecuación 2.4:

$$c^2 = \left[ \frac{1}{a^2} + \frac{\rho}{E} \left( \frac{2R}{e} \right) \right]^{-1} \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Siendo a la velocidad del sonido, E el módulo de Young de la tubería, R el radio de la tubería, e el espesor de la misma y  $\rho$  la densidad del fluido que circula por ella.

Para que exista golpe de ariete el tiempo de cierre ha de ser menor que el tiempo crítico.

En el caso de un cierre lento, es decir, para un tiempo de cierre mayor que el tiempo crítico, se tendría igualmente un incremento de presión que, según Allievi, se calcula mediante la ecuación 2.5:

$$\Delta P = \rho \frac{2L}{t_{\text{cierre}}} \Delta v \quad \text{Ecuación 2.5}$$

Sabiendo que  $\rho$  es la densidad del fluido, L la longitud de la tubería,  $t_{\text{cierre}}$  el tiempo de cierre y  $\Delta v$  la diferencia de velocidades a ambos lados de la onda de choque.

A continuación se muestran las gráficas con la evolución de la presión a lo largo del ciclo, en los puntos A, B y C pertenecientes a la tubería señalados en la figura 2.9:

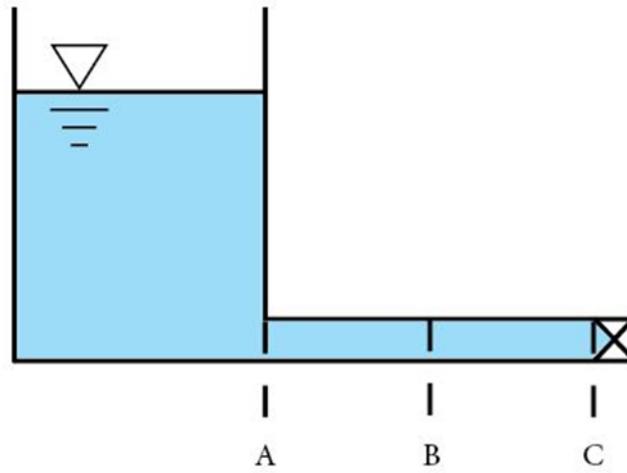


Figura 2.9 Diferentes puntos de la tubería donde se ha medido la presión

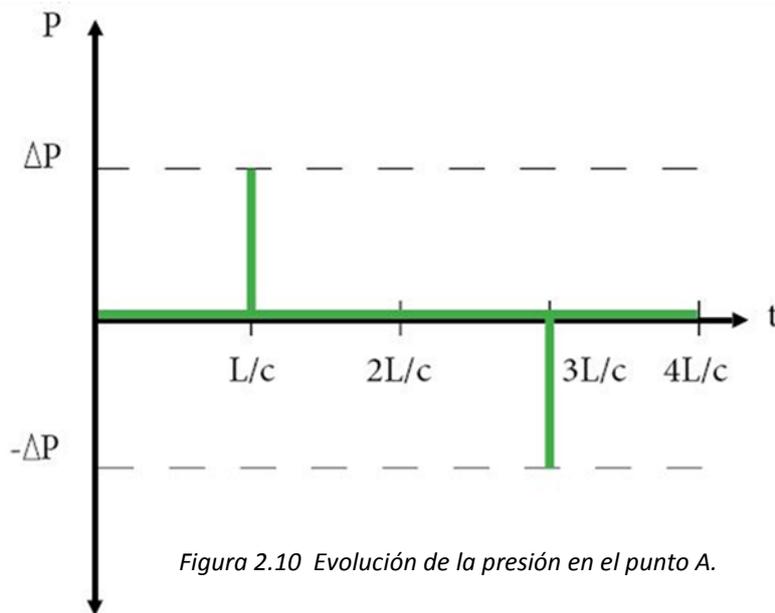
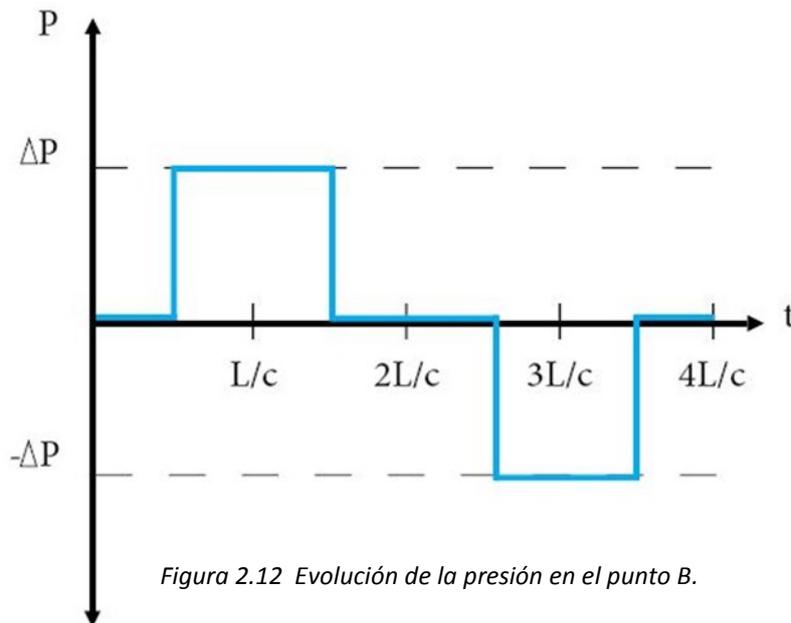
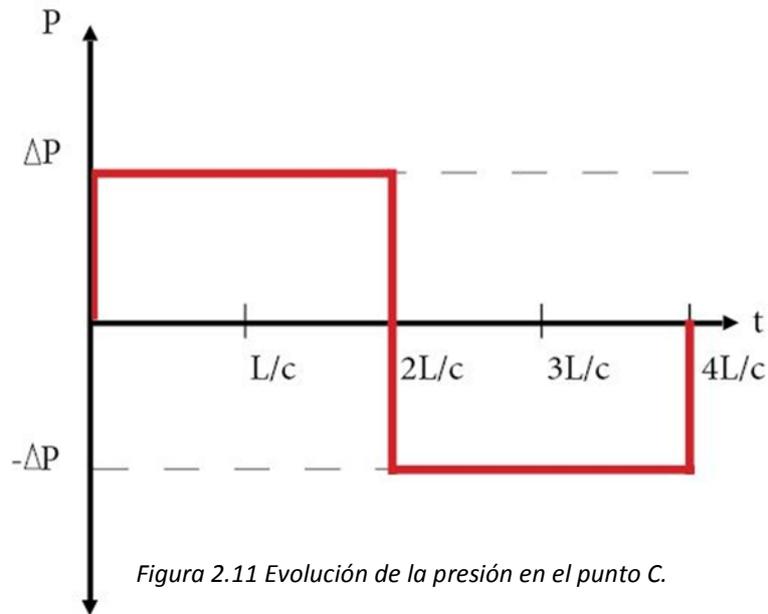


Figura 2.10 Evolución de la presión en el punto A.



## 2.4 Consecuencias del golpe de ariete

Las grandes sobrepresiones producidas por el golpe de ariete dan lugar a daños en las instalaciones y pueden llegar a provocar serios accidentes. Por ese motivo, es importante tener en cuenta dicho fenómeno a la hora de diseñar una instalación hidráulica.

Las tuberías se ven sometidas a contracciones y expansiones continuas ya que, como se ha descrito anteriormente, la onda se propaga y se refleja a lo largo de la tubería. Dichas expansiones y contracciones se disipan en función de la capacidad elástica de la tubería. No sólo provoca daños en las tuberías, sino que también puede afectar a bombas, turbinas, válvulas, etc.

En las siguientes figuras ,2.13, 2.14 y 2.15, se pueden visualizar ejemplos de daños producidos por el golpe de ariete:



Figura 2.13 Ejemplos de tuberías dañadas por golpe de ariete [w1]



Figura 2.14 Ejemplo de turbina rota por golpe de ariete [T1]



Figura 2.15 Válvula de hierro fundido dañada [T1]

Lo primero que hay que comprobar es si se puede producir en la instalación, y de ser así, determinar su posible causa, así como su localización. [T1]

## 2.5 Accidentes producidos

A continuación se describen dos accidentes producidos por el golpe de ariete, uno en una central hidroeléctrica de Rusia y otro en un acueducto de Puerto Rico.

### Accidente de Puerto Rico [T1]

En 1999, se produjeron dos roturas en las tuberías que forman el Superacueducto de la Costa Norte de Puerto Rico. Se trata de la obra más grande de tratamiento, conducción y distribución hidráulica del país.

El accidente tuvo lugar antes de la inauguración. La primera rotura se originó debido a que la presión máxima de diseño de las válvulas era inferior a las sobrepresiones del golpe de ariete. Las tuberías fueron deteriorándose con el paso del tiempo hasta la rotura de las mismas.

### Central hidroeléctrica de Sayano-Shushenskaya

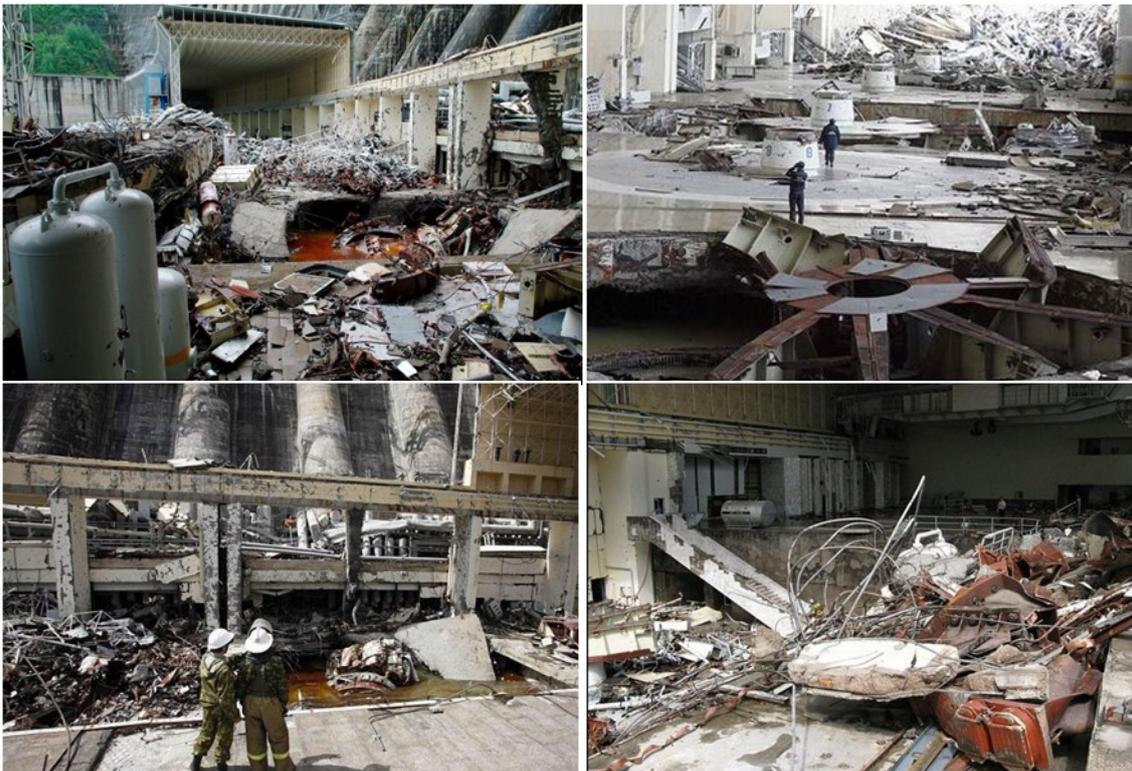
La central Sayano-Shushenskaya era, en ese momento, la más potente de Rusia y una de las más grandes del mundo. La planta sufrió un accidente catastrófico en agosto del año 2009 en el cual se produjo la muerte de 75 personas.

La causa del accidente fue un golpe de ariete. El aumento repentino de la presión, provocó la expulsión de una de las turbinas con todos sus elementos accesorios. Se trataba de un peso total de unas 900 toneladas. Otras dos turbinas que formaban parte de la instalación sufrieron daños y el techo de la sala en la que se encontraban las turbinas fue destruido, produciéndose así la inundación de la misma. Eso provocó la explosión de un transformador.

Dos de las diez turbinas que formaban parte de la central fueron completamente destruidas y el resto fueron dañadas, a excepción de una, que tan sólo recibió daños menores por el hecho de que se encontraba en reparación en el momento del accidente y no sufrió daños eléctricos debido al cortocircuito de los transformadores.

Las consecuencias fueron nefastas. Se vieron obligados a parar la producción de la central que abastece electricidad a grandes fábricas de aluminio y se produjo un derrame de aceite que cuenta con un área de 25 km cuadrados. A pesar de ello, la presa no sufrió daños, al igual que los pueblos situados aguas abajo [T2].

En las imágenes pertenecientes a la figura 2.16 que se muestran a continuación se ilustra bien la magnitud de los daños que se produjeron:



*Figura 2.16 Daños producidos en el accidente [w2]*

## 2.6 Dispositivos de alivio para golpe de ariete

En el presente apartado se describen los dispositivos que evitan el golpe de ariete. Se conocen con el nombre de “dispositivos de alivio”.

Para controlar los efectos asociados al fenómeno del golpe de ariete no sólo se requiere el estudio de su mecanismo sino también el de los dispositivos de alivio para su control.

Es posible diseñar un sistema hidráulico con un elevado factor de seguridad que le permita ser capaz de soportar las sobrepresiones y depresiones. Sin embargo, para el diseño óptimo del sistema es preferible introducir en la instalación uno o varios dispositivos de alivio.

En resumen, las presiones máximas y mínimas no deseables se pueden evitar modificando el trazado de los conductos de los que consta, reduciendo el valor de la velocidad durante el flujo permanente, o instalando dispositivos de alivio.

En cuanto a los dispositivos de alivio, los que se usan habitualmente son las válvulas, pero existen otros tipos como los tanques de oscilación, los tanques unidireccionales y las cámaras de aire.

A continuación se describen los distintos tipos arriba citados.

### 2.6.1 Válvulas antiretorno

La misión de este tipo de válvula, tal y como se puede observar en la imagen de la figura 2.17, es impedir la inversión del flujo en un conducto. Generalmente, se instala siempre en la tubería de descarga de una bomba para evitar el flujo en sentido opuesto al de la impulsión de ésta. Otra situación en la que se instala este tipo de válvula es en el extremo aguas abajo del conducto que une un tanque unidireccional (apartado 2.6.8) con la tubería de descarga de una planta de bombeo, esto se explicará más adelante.



Figura 2.17 Válvula de no retorno [L2]

Dichas válvulas normalmente cierran de forma instantánea cuando se presenta la inversión de flujo. En algunos casos, el diseño permite que el cierre sea lento incluso que se anticipe al cambio de sentido del flujo. De ese modo se consigue que se reduzca la magnitud de la sobrepresión asociada a un cierre instantáneo.



que la válvula 2, que consta de un mecanismo de resorte, está cerrada. De ese modo, la carga de presión del conducto es la misma que la que están soportando tanto la cámara 4, como el mecanismo de válvula principal 3. El equilibrio de fuerzas es lo que hace que la válvula principal 3, se mantenga cerrada. Al producirse un aumento de presión en el conducto que supera la prefijada para mantener cerrada la válvula 2, es decir, para un  $P > P_1$ , se genera una fuerza  $F_2$  que hace que la válvula 2 se abra parcialmente dejando circular tanto el flujo a través de ella hacia la descarga. Fruto de ello, se produce una reducción de la presión en la cámara y se genera una fuerza  $F_1$  en el mecanismo de la válvula principal 3 lo que hace que ésta inicie su apertura gradualmente conforme el valor de la presión en el conducto se aproxima a  $P_2$ . En ese instante, se produce la apertura total y por tanto, el gasto máximo a través de dicha válvula.

Posteriormente, debido al volumen descargado por la válvula principal, la presión en el conducto desciende, de modo que cuando alcanza el valor de  $P_1$ , la válvula 2 se cierra y se establece un nuevo equilibrio de fuerzas en el mecanismo de la válvula principal que provoca el cierre de la misma.

#### 2.6.4 Válvulas reguladoras de presión

Su funcionamiento es similar a las válvulas aliviadoras de presión, lo que las diferencia es el hecho de que tanto la apertura como el cierre de las mismas lo realiza un servomotor. Se caracterizan porque el tiempo de apertura  $t_1$  es relativamente pequeño en comparación con el de cierre  $t_2$ , tal y como se muestra en la gráfica de la figura 2.20, lo cual origina incrementos de presión despreciables.

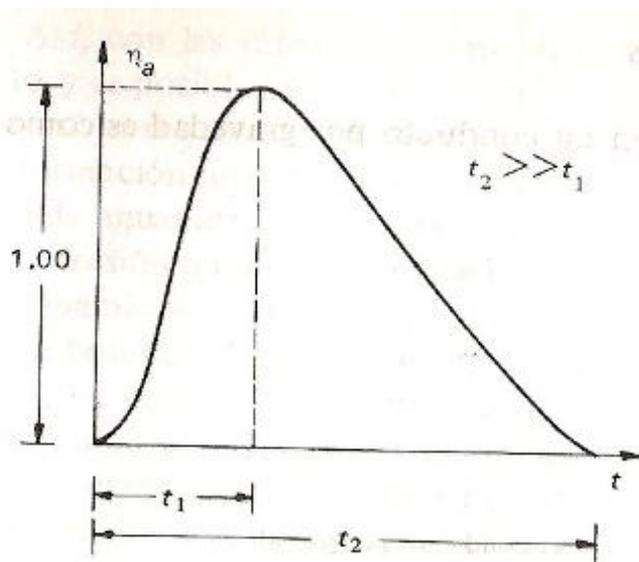


Figura 2.20 Operación de una válvula reguladora de presión [L2]

### 2.6.5 Válvulas de admisión de aire

Tal y como se muestra en la figura 2.21, dichas válvulas cuentan con un orificio de admisión de aire, el cual en condiciones de flujo permanente permanece cerrado. Su apertura se produce cuando por efecto de golpe de ariete, la presión en la sección donde se encuentra la válvula desciende por debajo de cierto valor prescrito permitiendo así, la entrada de una determinada cantidad de aire que evita la formación de un vacío con el fin de prevenir el colapso del conducto. Se vuelve a cerrar cuando la presión aumenta.

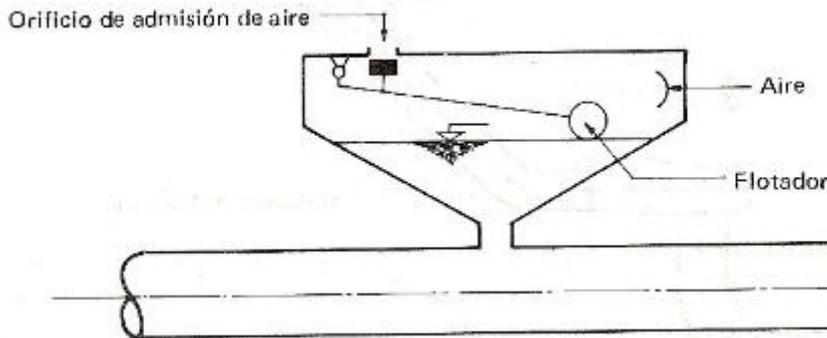


Figura 2.21 Válvula de admisión de aire [L2]

Existen métodos de selección de válvulas de seguridad en función del tipo de instalación, distinguiéndose así válvulas para conductos por gravedad y válvulas para plantas de bombeo.

### 2.6.6 Tanques de oscilación

Se trata de un dispositivo de alivio normalmente utilizado en estaciones hidroeléctricas así como en plantas de bombeo con el fin de reducir el efecto producido por el golpe de ariete.

Su funcionamiento se detalla apoyándose en los sistemas mostrados en las figuras 2.22 y 2.23. Como se puede apreciar en ambas imágenes, existe un tanque de oscilación con un orificio en su parte inferior, en la sección del conducto inmediatamente aguas arriba o aguas abajo de un órgano de control o una válvula de no retorno respectivamente, y un depósito con un nivel constante en el extremo contrario.

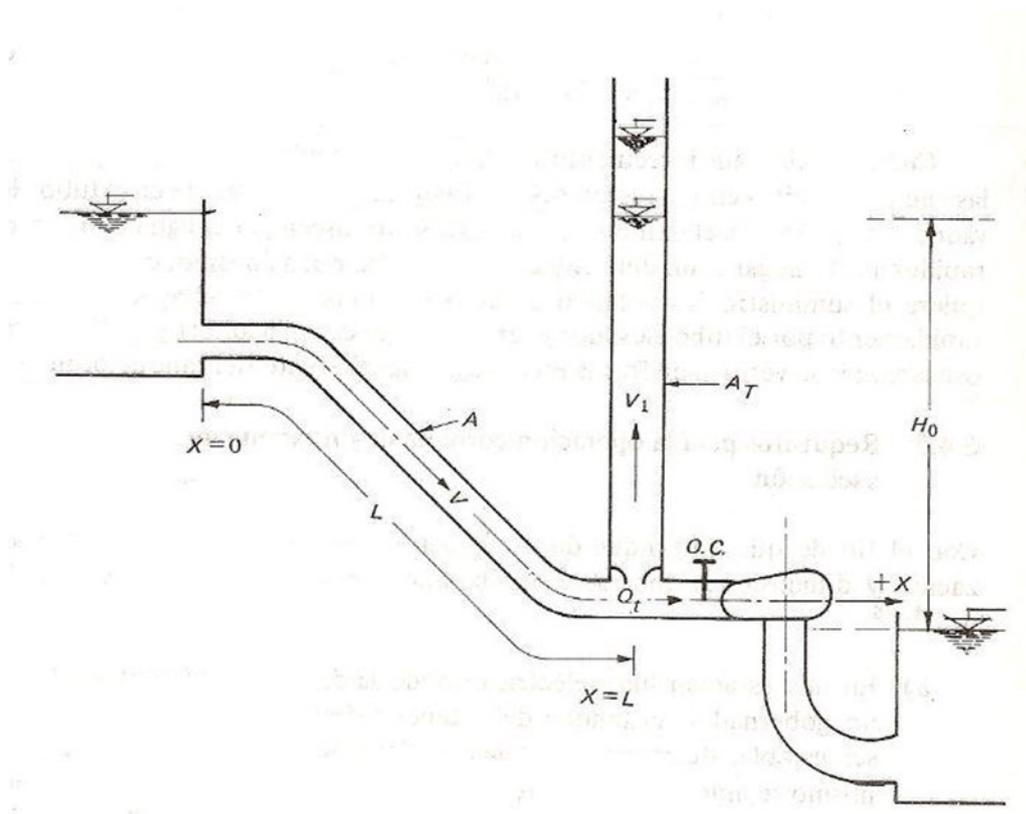


Figura 2.22 Tanque de oscilación de una central hidroeléctrica [L2]

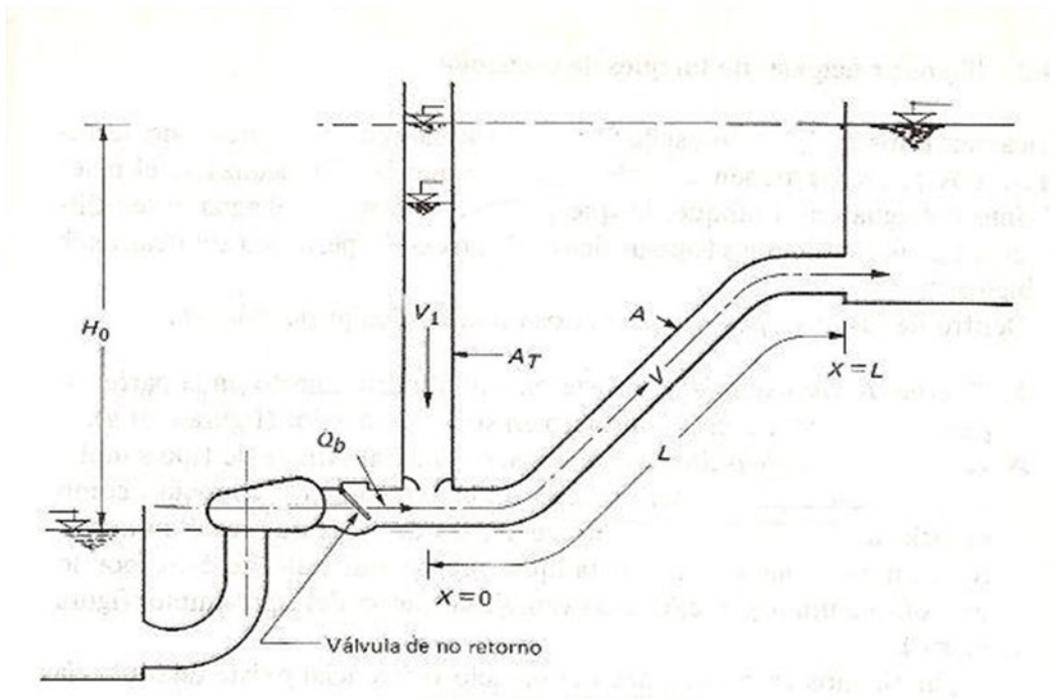


Figura 2.23 Tanque de oscilación en una planta de bombeo [L2]

Atendiendo a la imagen 2.22, donde se muestra una central hidroeléctrica, cuando se produce un cierre total en el órgano de control, el nivel de agua en el tanque aumenta gradualmente transformándose la energía cinética del agua en potencial. Con esto se reduce el efecto del golpe de ariete en el tramo del conducto situado aguas arriba del tanque. En caso de producirse una apertura, el nivel del agua en el tanque desciende, y contribuye junto con el conducto a la demanda de agua de la turbina.

En cuanto a la planta de bombeo, mostrada en la figura 2.23, cuando se produce una interrupción en el suministro de energía o se produce un fallo mecánico en la bomba, debido a la reducción de la carga de la bomba, el nivel de agua en el tanque desciende. Esto provoca una disminución del gasto en la tubería de descarga así como del valor de la depresión en la misma. Posteriormente, al invertir el flujo en la tubería y cerrar la válvula de no retorno, el nivel de agua del tanque comienza a aumentar, transformándose la energía cinética del agua en potencial. Con ello se reduce el valor de la sobrepresión en la bomba y la tubería de descarga.

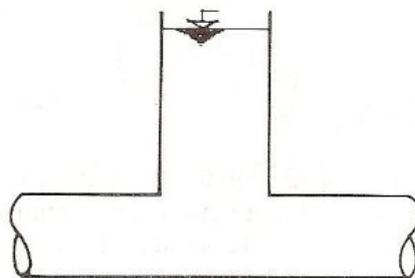
Por otra parte, en el momento de arranque de la bomba, la mayor parte del flujo inicial penetra en el tanque, por lo que se reduce tanto el aumento súbito del gasto en la tubería como el incremento de carga en ella.

#### Tipos de tanques de oscilación

Los tanques de oscilación se clasifican en vertedores y no vertedores. Los primeros cuentan con una altura menor que la que alcanzaría el nivel máximo del agua en el tanque, lo cual provoca el vertido del agua. Se utilizan cuando las condiciones topográficas del terreno lo permiten.

Dentro de los dos tipos, existen varios modelos:

-Tanque de tipo simple: tal y como se puede apreciar en la figura 2.24, consta de un cilindro abierto en la parte superior unido al conducto por su parte inferior.



*Figura 2.24 Tanque de tipo simple [L2]*

-Tanque con orificio diferencial: la diferencia con el de tipo simple está en que cuenta con un estrechamiento en su parte inferior, el orificio diferencial, como se observa en la imagen izquierda de la figura 2.25. Esto provoca pérdidas de carga

mayores cuando el agua entra en el tanque que cuando sale, lo que le confiere una cierta ventaja en comparación con el anterior.

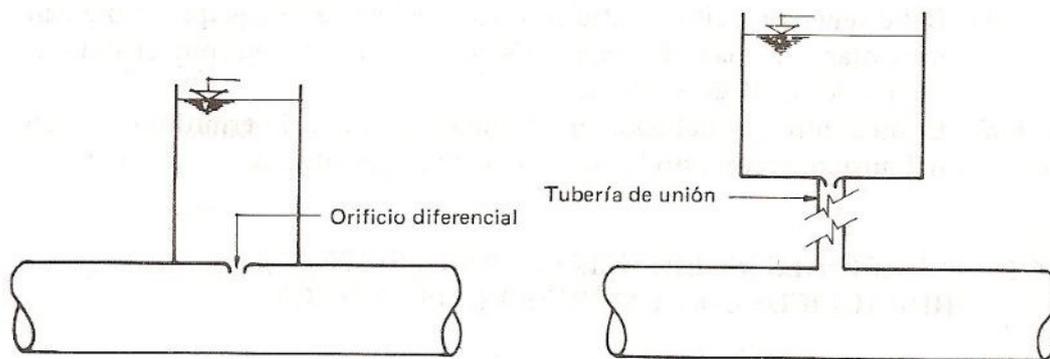


Figura 2.25 Tipos de tanque con orificio diferencial [L2]

En ocasiones, además del orificio diferencial, cuenta con una tubería, tal y como se puede observar en la imagen derecha de la figura 2.25.

-Tanque diferencial o tipo Johnson: como se muestra en la imagen 2.26, se compone por un tanque principal en el cual va alojado un tubo central o elevador, que cuenta con orificios en su parte inferior y con un diámetro similar al del conducto.

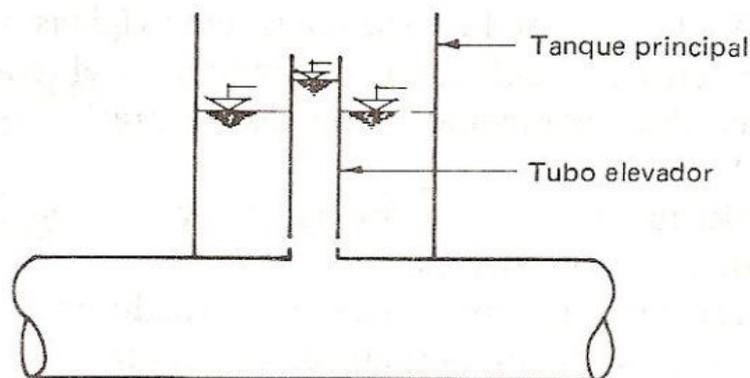


Figura 2.26 Tanque diferencial o tipo Johnson [L2]

En caso de producirse un incremento de carga en el conducto, el agua asciende rápidamente a través del tubo elevador y se vierte en el principal. A partir de ese momento, el ascenso del agua se producirá más lentamente hasta alcanzar un determinado nivel máximo. En caso de requerirse el suministro instantáneo de agua en el conducto, el agua desciende rápidamente por el tubo elevador, produciéndose la amortiguación de las oscilaciones gracias al efecto del tanque principal.

### 2.6.7 Cámaras de aire

Se trata de un dispositivo eficaz para el control de las oscilaciones de carga originadas en una planta de bombeo, al producirse un fallo en el suministro de energía a la misma. Se instala inmediatamente aguas abajo de una válvula de no retorno situada en la tubería de descarga, tal y como se puede apreciar en la figura 2.27.

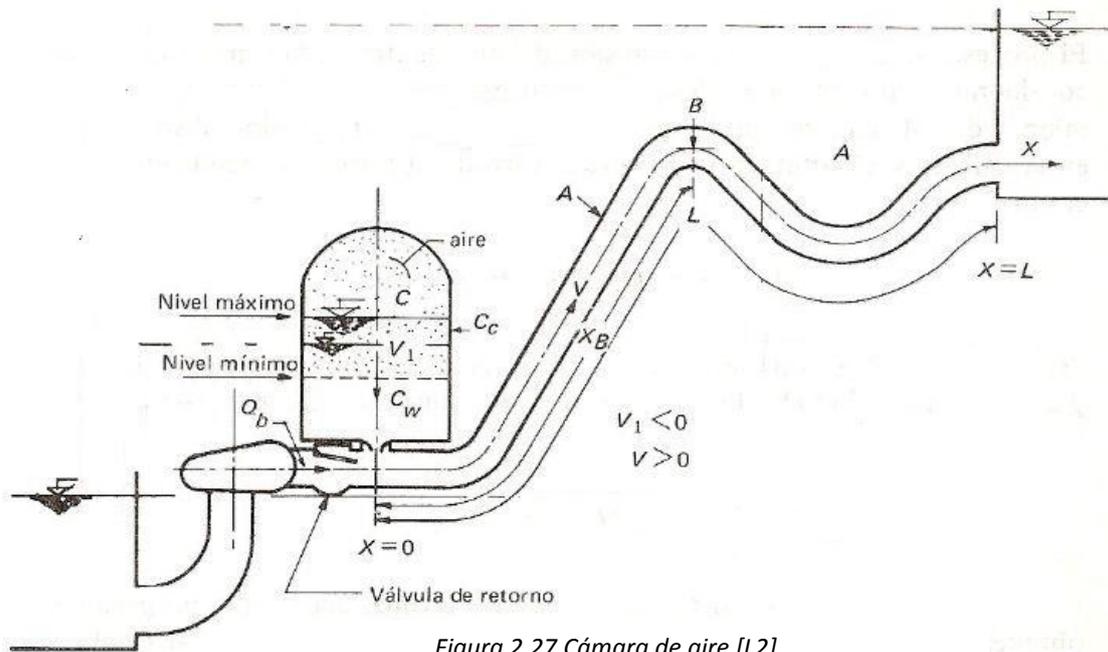


Figura 2.27 Cámara de aire [L2]

La parte inferior de la cámara está llena de agua, mientras que la parte superior contiene aire, el cual para las condiciones del flujo permanente inicial se encuentra comprimido bajo la carga de operación normal y almacena energía de la forma de la que lo haría un resorte. Al producirse el corte de suministro de energía, la presión en las bombas disminuye, por tanto el aire se expande y el agua abandona la cámara, provocando así el cambio de velocidad y la caída de carga en la tubería. Una vez cerrada la válvula de no retorno, al invertirse el flujo de la tubería, el agua se introduce en la cámara y el aire se comprime bajo una carga superior a la del flujo permanente inicial.

La principal desventaja de dicho dispositivo es el hecho de que se debe abastecer constantemente la cámara con pequeñas cantidades de aire para compensar la que se disuelve en el agua. Para conseguir un funcionamiento más efectivo, se requiere de un orificio diferencial en la cámara, donde el flujo de la tubería a la cámara proporciona una pérdida de carga aproximadamente 2.5 veces mayor que para el flujo en sentido opuesto, consiguiéndose de este modo una mejor amortiguación.

### 2.6.8 Tanques unidireccionales

Estos dispositivos de alivio presentan un funcionamiento hidráulico similar a los de oscilación, pero únicamente sirven para atenuar la depresión que tiene lugar en la tubería de descarga de una planta de bombeo al producirse un fallo en el suministro de energía.

Como se puede ver en la imagen adjunta 2.28, el tanque se encuentra conectado a la tubería de descarga por medio de un conducto en cuyo extremo aguas abajo existe una válvula antiretorno que evita que el flujo se desplace hacia el tanque, y de otro de menor sección con una válvula de flotador que cierra en el momento en el que las condiciones de operación de la planta vuelven a ser las normales [L2].

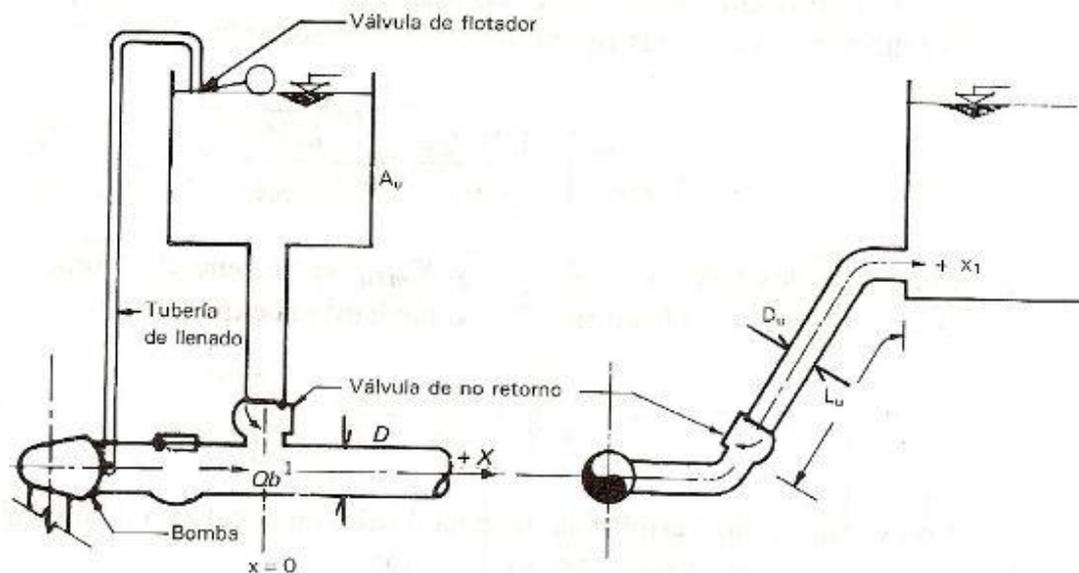


Figura 2.28 Tanque unidireccional [L2]

### 2.7 Aplicaciones: bomba de ariete

A lo largo de todo el capítulo se ha insistido en los efectos negativos de la aparición del golpe de ariete, sin embargo, existen situaciones en las cuales resulta beneficioso.

Es posible aprovechar la energía cinética de un golpe de ariete para crear lo que se conoce como “bomba de ariete” o “ariete hidráulico”.

La bomba de ariete hidráulico es un dispositivo mecánico que sirve para elevar agua aprovechando la energía potencial de una caída, con el fin de bombear una parte del gasto que la alimenta. Su invención se atribuye al inglés John Whitehurst, en 1772.

El hecho de que no necesite más energía que la producida por el golpe de ariete la convierte en una gran opción para aquellos lugares que no cuentan con electricidad o donde no es posible el abastecimiento constante de combustibles.

Fue usada para alimentar las fuentes del Taj Mahal en la India, en el Ameer de Afganistán y como abastecimiento para algunas fuentes en Francia. En la actualidad es ampliamente usada en países en vías de desarrollo o en zonas rurales donde no llega la electricidad, para el suministro de agua a hogares, granjas, para el llenado de depósitos, incluso para la irrigación.

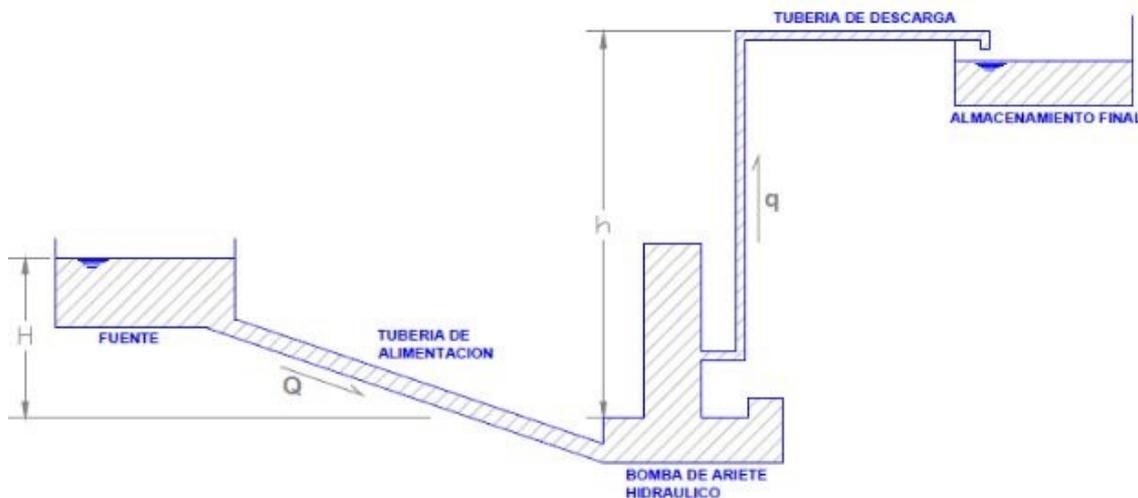


Figura 2.29 Instalación con bomba de ariete [AP3]

En la figura 2.29 se muestra una instalación con bomba de ariete. Como se puede ver, está formada por varios elementos:

- Una fuente de alimentación: puede ser un depósito, un río... Constituye el elemento responsable de suministrar agua. Estará situada a una determinada altura  $H$ , por encima de la bomba de ariete. Dicha diferencia de alturas, variará en función de la bomba y de la altura final a la que se pretenda bombear el agua,  $h$ , pero deberá ser de mínimo  $1\text{m}$  para poder garantizar el funcionamiento de la instalación. Otro de los requerimientos de la instalación es tener un gasto constante de la fuente de alimentación para lograr un funcionamiento adecuado de la bomba.
- Una tubería de alimentación: conecta la fuente de alimentación con la bomba de ariete. Por ella se desplaza el fluido hasta llegar a la bomba con una determinada velocidad  $y$ , puesto que va a sufrir las ondas de presión producidas por los constantes golpes de ariete, deberá ser resistente y estar bien anclada.
- Una tubería de descarga: por ella asciende el agua desde la bomba de ariete hasta la altura a la que se desee elevar.
- La bomba de ariete propiamente dicha: recibe el agua procedente de la tubería de alimentación (caudal  $Q$ , figura 2.29) e impulsa una parte a la

tubería de descarga (caudal  $q$ , figura 2.29), el resto la expulsa hacia el exterior. En la figura 2.30 se muestran los elementos que la componen:

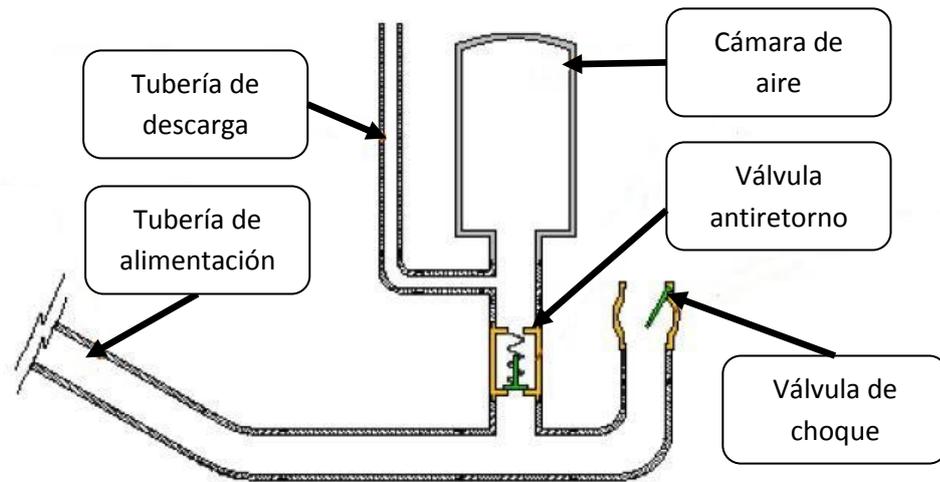


Figura 2.30 Bomba de ariete [PFC1]

A continuación se va a describir brevemente el funcionamiento de cada uno de ellos:

- La válvula antiretorno: como ya se ha explicado en el apartado 2.6.1, sólo permite el paso del flujo en un sentido. Su misión es abrirse cuando la presión en la bomba sea elevada para permitir el paso del agua hacia la tubería de descarga, y cerrarse en el momento en el que la presión en la tubería de descarga supere a la de la bomba, evitando que el agua vuelva aguas arriba de la válvula.
- La válvula de choque: comunica la bomba de ariete con el exterior. Permite el paso de fluido hacia el exterior con el fin de darle tiempo al fluido que circula por la tubería de alimentación a acelerarse. Acto seguido, se cerrará bruscamente para generar el golpe de ariete.
- La cámara de aire: se trata de un vaso expansor situado entre la válvula antiretorno y la tubería de descarga. El aire que contiene, absorbe las sobrepresiones generadas en el golpe de ariete y a su vez, ayuda al fluido a ser impulsado a través de la tubería de descarga. Con él se consigue un caudal de descarga constante.

Una vez descritos los elementos, se procede a explicar el funcionamiento de la misma:

El agua abandona la fuente de alimentación y comienza a circular por la tubería de alimentación. Al encontrarse la válvula antiretorno cerrada y la válvula de choque abierta, el fluido se dirigirá hacia el exterior, por medio de la válvula de choque, tal y como se muestra en la figura 2.31.

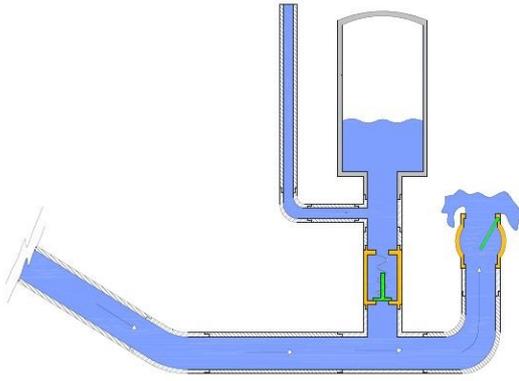


Figura 2.31 Fluido dirigiéndose hacia el exterior [PFC1]

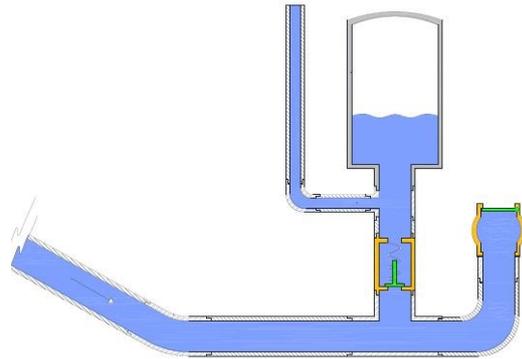


Figura 2.32 Momento de cierre de la válvula de choque [PFC1]

Cuando se cierra la clapeta, como se aprecia en la figura 2.32, se produce el golpe de ariete y como consecuencia, se genera una sobrepresión que hace que se abra la válvula antiretorno, permitiendo el paso del fluido hacia la tubería de descarga. Dicha etapa aparece mostrada en la figura 2.33.

La válvula antiretorno permanece abierta hasta el momento en el que las presiones

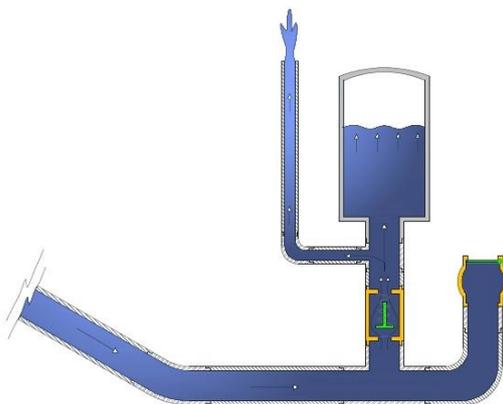


Figura 2.33 Apertura de la válvula antiretorno [PFC1]

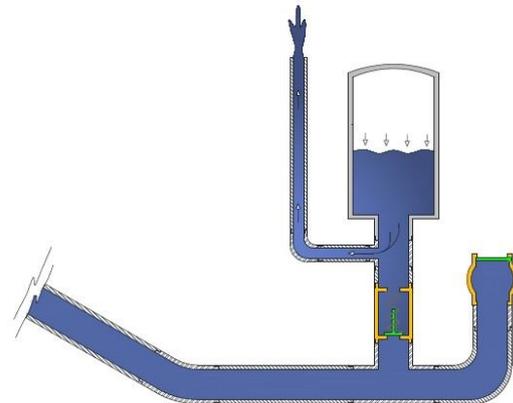


Figura 2.34 Expulsión del fluido por la tubería de descarga [PFC1]

a ambos lados de la misma se igualan. Llegado ese momento, se cierra, y la presión del aire acumulado en el vaso de expansión empuja al fluido a ser expulsado por la tubería de descarga. Dicha situación se muestra en la figura 2.34.

Posteriormente la válvula de choque vuelve a abrirse, comenzando así un nuevo ciclo [PFC1].

Entre sus principales ventajas están:

- ✓ No requiere energía externa ya que se aprovecha la energía del propio golpe de ariete para su funcionamiento.
- ✓ Es capaz de funcionar con una caída mínima de un metro de altura.
- ✓ El mantenimiento requerido es mínimo.
- ✓ Su funcionamiento es continuo.
- ✓ Implica un importante ahorro de energía.
- ✓ Su construcción y diseño son sencillos.
- ✓ Se trata de una energía limpia.

Su gran inconveniente es la baja eficiencia del bombeo [L3] [AP3].

### 3. Diseño de la instalación

#### 3.1 Introducción

En el presente apartado se describen cada uno de los elementos que forman parte de la instalación, la explicación de su selección, así como la ubicación de cada uno de ellos.

Lo primero que se hizo fue pensar qué elementos eran necesarios. Se llegó a la conclusión de que se precisaba de un circuito cerrado como el de la figura 3.1, formado por un depósito, una bomba, cuya aspiración está conectada al depósito y cuya impulsión va unida a una tubería muy larga. Al final de la tubería se sitúa una válvula, causante del golpe de ariete, que se une al depósito, cerrando de esa forma el circuito.

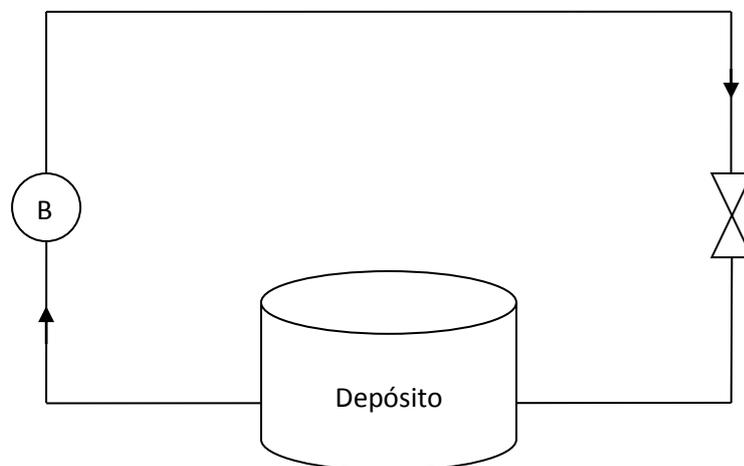


Figura 3.1 Circuito cerrado

Una vez se tuvo claro qué componentes se iban a necesitar, el siguiente paso fue llevar a cabo la selección de los más adecuados para la instalación.

#### 3.2 Elementos constructivos

En el presente apartado se detallan cada uno de los elementos que forman parte de la instalación, así como la justificación de su selección. Los más importantes ya se han anticipado en el apartado anterior, pero a continuación se muestra la lista completa. Cuenta con:

- ▶ Una bomba hidráulica.
- ▶ Un serpentín.
- ▶ Un captador de presión.
- ▶ Una válvula de esfera.
- ▶ Una válvula reguladora de caudal.
- ▶ Un rotámetro.

- ▶ Un depósito.
- ▶ Un banco de ensayos.
- ▶ Una pantalla.
- ▶ Tuberías.

### Bomba hidráulica

Se trata de una bomba circuladora electrónica para edificación doméstica, en concreto para calefacción. El modelo seleccionado, mostrado en la figura 3.2, es el ALPHA 1 25-60 130, de la marca Grundfos. Los planos de la misma se pueden consultar en el Anexol-Planos.



Figura 3.2 Imagen de la bomba [w3]

Para llevar a cabo su selección, hubo que hacer una serie de cálculos que se detallarán a continuación. En primer lugar, en la figura 3.2 se va a mostrar la curva de la bomba proporcionada por el fabricante:

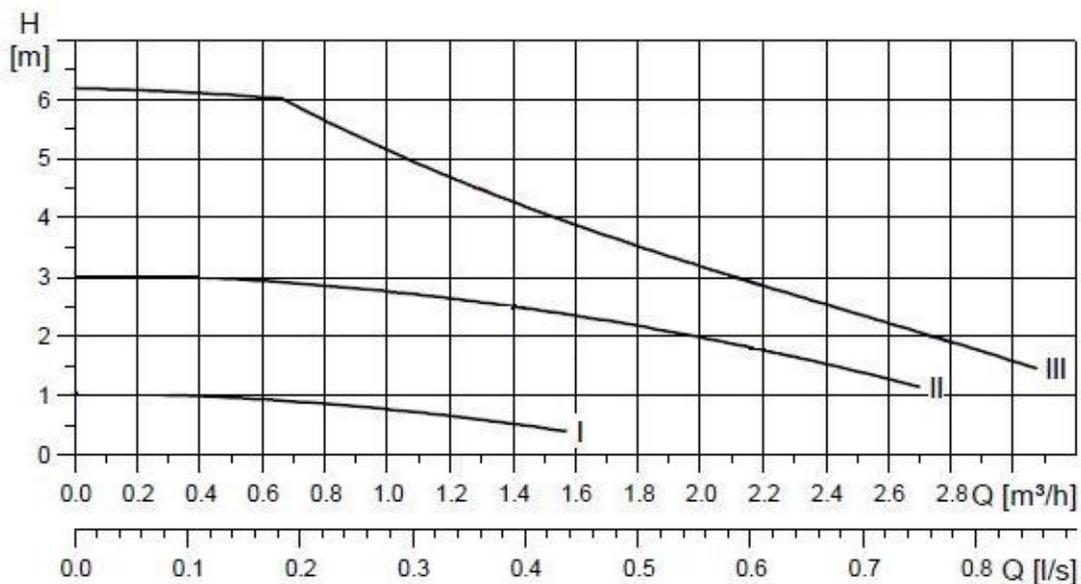


Figura 3.2 Curva de la bomba [w3]

Se trabaja con la curva de la bomba III. Atendiendo a dicha curva, se puede comprobar que la altura máxima proporcionada por la bomba es de 6.156m y el caudal máximo es de 3.07m³/h. Cabe destacar también que la presión máxima que soporta es de 10 bares.

Partiendo del dato de presión máxima, se comenzaron a hacer los cálculos para comprobar si esa bomba era adecuada para nuestra instalación.

Dato:  $P_{m\acute{a}x}=10\text{bar}=10^6\text{Pa}$

Introducimos el dato en la fórmula de la sobrepresión producida por el golpe de ariete:

$$\Delta P = \rho c \Delta v = 10^6 \text{ Pa}$$

Previamente es necesario calcular la velocidad de propagación de la onda. Para ello, se indican los valores de los parámetros teniendo en cuenta que el fluido de trabajo es agua y que la tubería es de cobre:

$$a = 1400 \text{ m/s}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$E_{Cu} = 1.1 \times 10^{11} \text{ Pa}$$

$$R = 11 \text{ mm}$$

$$e = 1 \text{ mm}$$

$$c = \sqrt{\left(\frac{1}{a^2} + \frac{\rho}{E} \left(\frac{2R}{e}\right)\right)^{-1}} = \sqrt{\left(\frac{1}{1400^2} + \frac{1000}{1.1 \times 10^{11}} \left(\frac{2 \times 1.1 \times 10^{-2}}{1 \times 10^{-3}}\right)\right)^{-1}} = 1186.61 \text{ m/s}$$

Obtenido el valor de  $c$ , ya se puede despejar  $\Delta v$  de la ecuación anterior:

$$\Delta v = \frac{\Delta P}{\rho c} = \frac{10^6}{1000 \times 1186.61} = 8.427 \times 10^{-1} \text{ m/s}$$

Con el valor de  $v$  ya es posible calcular el caudal:

$$Q = vA = \pi x (R_{ext} - e)^2 x 8.427 \times 10^{-1} = 2.648 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

A continuación se van a calcular las pérdidas por fricción de la instalación, pero previamente es necesario conocer el valor de la longitud de la tubería. Se consideró un tiempo crítico de 107ms al hacer el diseño de la instalación, por lo que despejando de la ecuación del tiempo crítico, se puede obtener la longitud:

$$L = \frac{ct_{crí}}{2} = \frac{1186.61 \times 1.07 \times 10^{-1}}{2} = 63.48 \text{ m}$$

Una vez obtenida la longitud, se calculan las pérdidas por fricción, usando un coeficiente de fricción de 0.02:

$$H_P = \frac{8Q^2}{\pi^2 g} \left(\frac{fL}{D^5}\right) = \frac{8 \times (2.648 \times 10^{-4})^2}{\pi^2 g} \left(\frac{0.02 \times 63.48}{0.02^5}\right) = 2.3 \text{ m}$$

Con los cálculos realizados, se va a convertir el caudal a las unidades de  $\text{m}^3/\text{h}$  para poder compararlo con la curva de la bomba.

$$Q = \frac{2.648 \times 10^{-4} \text{ m}^3}{\text{s}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 0.953 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Se ha comprobado que para un caudal de  $0.953\text{m}^3/\text{h}$  se tiene una altura de pérdidas por fricción de  $2.3\text{m}$ . Comparando dicho valor con la curva de la bomba, se tiene que para el mismo caudal, la altura de la bomba es de aproximadamente  $5.3\text{m}$ . Como la altura de la bomba es mayor que la altura de pérdidas de la instalación, dicha bomba es apta.

Conocido cómo calcular los puntos de la curva de la instalación, se pueden dar valores para dibujarla, y de esta forma, realizar el corte con la curva de la bomba para hallar el caudal máximo de funcionamiento posible. Dicho corte se muestra en la figura 3.3:

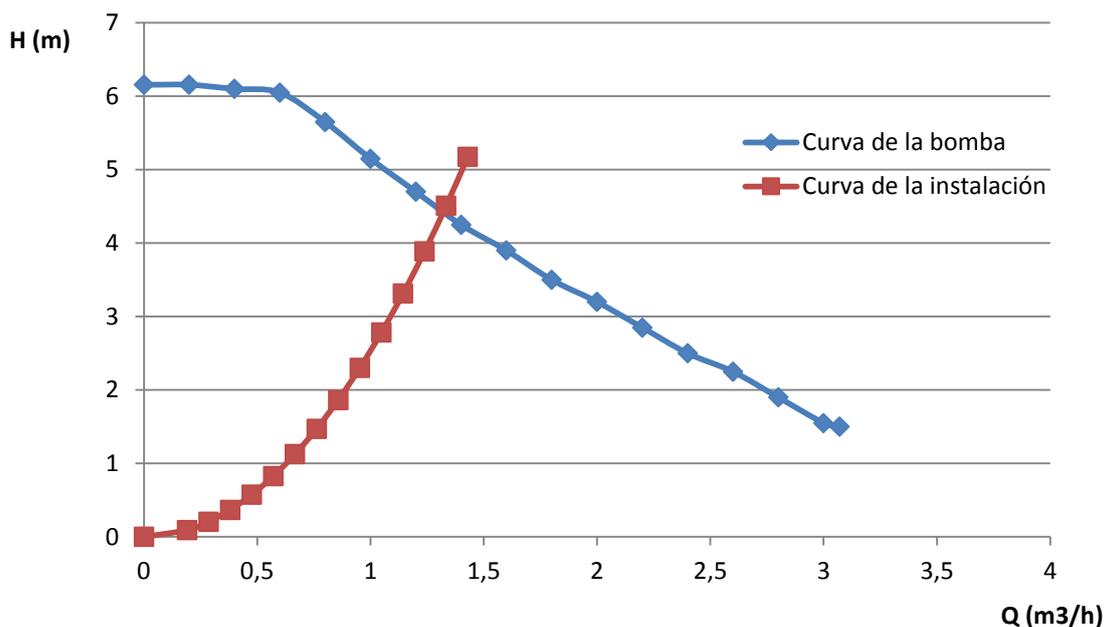


Figura 3.3 Intersección de la curva de la bomba con la de la instalación.

La intersección entre las dos curvas se produce para un caudal de  $1.33\text{m}^3/\text{h}$  y una altura de  $4.5177\text{m}$ . Por lo que ya se tiene el caudal máximo de funcionamiento.

La curva de la instalación de la figura 3.3, se corresponde con la curva que se tendría para las mínimas pérdidas. Dicho caudal máximo no llegará a alcanzarse ya que existirán pérdidas en el rotámetro y en la válvula reguladora.

### Serpentín

En el apartado anterior se ha justificado la elección de la bomba, para ello, se han realizado una serie de cálculos. Entre ellos, se ha calculado la longitud necesaria de tubería, para un diámetro y un espesor de tubería determinados. Como se puede comprobar, la longitud necesaria era de  $63.484\text{m}$ , una longitud demasiado larga.

La solución para tener una tubería con esa longitud en un espacio de base  $1000 \times 700\text{mm}$  era utilizar una tubería enrollada de cobre, de ahí el nombre de serpentín.

Se consideró que el diámetro más adecuado para ello, en función de los cálculos previos, debía ser de 22mm, con un espesor de 1mm. No existían un gran número de posibilidades en este sentido ya que las dimensiones de las tuberías están estandarizadas, y hay más restricción de diámetros y espesores en las tuberías en rollo.

### Captador de presión

Este elemento es fundamental en la instalación ya que es el encargado de medir la sobrepresión producida por el golpe de ariete y enviarla a la pantalla destinada a este efecto. Se coloca aguas abajo de la válvula de corte que da lugar a dicho golpe de ariete.

Va unido a la tubería a la salida del serpentín, por medio de un collarín, como se muestra en la figura 3.4.



Figura 3.4 Collarín y captador de presión [w4]

### Válvula de esfera

La válvula de esfera, mostrada en la figura 3.5, es la responsable del golpe de ariete, ya que su cierre es el que lo genera. Se eligió este tipo de válvula porque con ella se pueden lograr cierres muy rápidos, del orden de 1ms .



Figura 3.5 Válvula de esfera [w4]

Se consideró también la instalación de una electroválvula, sin embargo se ha comprobado que el tiempo de cierre que se consigue con ella es mayor que el que se puede obtener con una válvula de esfera. No obstante, en un futuro se puede llegar a integrar una electroválvula en el conjunto de la instalación para poder comparar los tiempos de cierre producidos por cada tipo.

### Válvula reguladora de caudal

Se trata de una válvula de compuerta, como la que se muestra en la figura 3.6, que va ubicada a continuación de la válvula de esfera y su misión es variar el caudal de la instalación. La variación del caudal, se puede controlar visualizando el rotámetro, descrito a continuación.



Figura 3.6 Válvula de compuerta [w4]

## Rotámetro

Dicho elemento tiene como fin medir el caudal que circula por la instalación.

Una vez se tiene la curva de la instalación y el rango de caudales en los que es posible trabajar, ya se está en disposición de seleccionar el rotámetro.

Puesto que los caudales posibles de trabajo estaban comprendidos entre y , se escogió como rotámetro el modelo PT-314-1600, mostrado en la figura 3.7, de la marca Tecfluid. El tubo medidor es de plástico, cuenta con una escala de caudales que va desde los 160l/h a los 1600l/h, su diámetro nominal es un DN25. Para facilitar su colocación, tiene tuercas hembra en sus extremos, que irán roscadas en la tubería de la instalación.

El manual de instrucciones del mismo, se puede consultar en el anexo.



Figura 3.7  
Imagen del  
rotámetro [w5]

## Depósito

Como ya se anticipó en el esquema cerrado de la instalación, uno de los componentes integrantes era un depósito, que proporcionaba agua a la bomba para impulsarla a través del serpentín.

Para su dimensionamiento, únicamente fue necesario calcular el volumen de agua encerrado por el serpentín y los tramos rectos de tubería. El depósito debería tener una capacidad mayor que ese volumen de agua.

Se consideró oportuno que su geometría fuera la de un cilindro, y que estuviese situado en el interior del serpentín, de modo que fuese accesible en caso de mantenimiento o reparación. El material elegido para su construcción es el PVC, como se puede apreciar en la figura 3.8.

Uno de los puntos importantes del depósito es la tarea de vaciado, para lo que se ha pensado en utilizar la bomba para llevarlo a cabo, colocando en la impulsión de la bomba una derivación a una llave de grifo.

## Pantalla

Este elemento es el más importante de cara a obtener los resultados del golpe de ariete. En ella se muestra la gráfica con la onda de presión generada, el valor de la sobrepresión máxima y el tiempo de cierre de la válvula de esfera.

Va conectada al captador de presión y a un sensor instalado en la válvula de esfera, que se encarga de medir el tiempo de cierre de la misma.



Figura 3.8  
Imagen del  
depósito

La pantalla es táctil y cuenta con botones para ampliar y reducir la escala tanto del eje de abscisas como del de ordenadas. En la figura 3.9, se muestra una imagen.

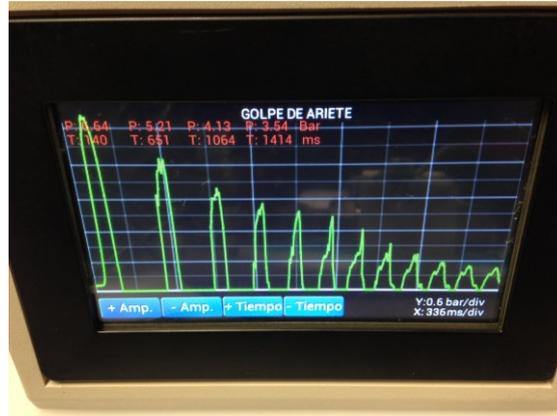


Figura 3.9 Pantalla

### Banco de ensayos

Este elemento de la instalación constituye el soporte de la misma. Sobre él se sitúan todos los elementos, por lo que tiene que ser capaz de soportar el peso de todos ellos.

Las dimensiones de su base ya estaban prefijadas antes de comenzar con el estudio. Como dicho proyecto formará parte del laboratorio, con el fin de conservar la armonía del mismo, se decidió utilizar las mismas dimensiones que para el resto de los bancos de prácticas. Todos ellos están fabricados por la empresa Fasten. Los bancos están constituidos por perfiles de aluminio de 35x35mm cuya sección se muestra en la figura 3., cuentan con una base de 1000x700mm y llevan instaladas ruedas de diámetro 100mm con freno en los extremos de la misma para facilitar su manejo. Como se puede comprobar en la imagen 3.10, los perfiles tienen unas acanaladuras que permiten el movimiento entre ellos, lo que supone una gran versatilidad. La única dimensión manipulable a la hora del diseño era la altura, para la que no había restricciones.

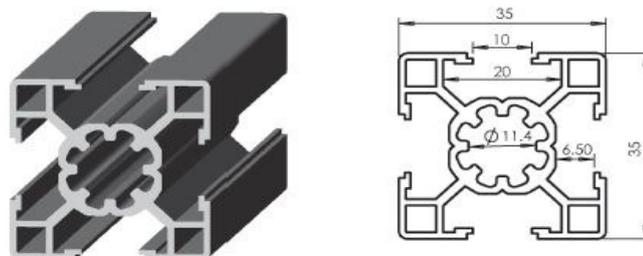


Figura 3.10. Sección del perfil 35x35[w6]

Otro punto a tener en cuenta con respecto al banco era que se quería tener una placa horizontal a modo de mesa para poder apuntar los datos al hacer los

ensayos. Se consideró que la altura a la que debería estar dicha placa deberían ser unos 1000mm.

### Tuberías

Constituyen el nexo entre los elementos de la instalación. Como ya se ha contado anteriormente, el serpentín está formado por una tubería de cobre en rollo de diámetro 22mm. En un principio, se barajó la posibilidad de utilizar tubo de ese mismo diámetro para los tramos rectos consiguiéndose así una instalación homogénea en cuanto a diámetros de tubería. Sin embargo, dado que las conexiones de la bomba son terminales macho de rosca 1 1/2", y no existe un elemento que suelde en tubo de 22mm y rosque en esa misma rosca, se estimó oportuno tomar una tubería de cobre de diámetro 35mm para la aspiración y de diámetro 42 para la impulsión de la misma.

Entonces se tendrá entre la aspiración de la bomba y el depósito tubería de diámetro 35mm; entre la impulsión y el serpentín se tendrá tubería de 22mm de diámetro, ya que se hará una reducción de diámetro inmediatamente después de la impulsión de la misma; desde la salida del serpentín hasta la salida de la válvula de regulación la tubería seguirá siendo de diámetro de 22mm; y a partir de ahí, se ampliará el diámetro a 35mm hasta finalizar en el depósito.

Una vez estaban claros los elementos integrantes de la instalación, el siguiente paso era pensar cómo colocarlos en el espacio.

## 4. Construcción y puesta a punto

En el apartado anterior, se realizó una selección de los elementos necesarios para la instalación. A continuación se detalla la colocación de cada uno de ellos.

Se partió de los requerimientos que se citan a continuación:

- ▶ El banco de ensayos debía tener una mesa de apoyo para la toma de los resultados a una altura, medida desde el suelo, de alrededor de 1000mm.
- ▶ El rotámetro debía estar situado a una altura estándar de ojos para poder tomar la medida adecuadamente.
- ▶ La válvula de esfera debería estar accesible con el fin de poder actuar sobre ella fácilmente.
- ▶ Todos los elementos tenían que estar accesibles para futuros casos de mantenimiento y/o reparación.
- ▶ La instalación debería ser fácilmente desmontable, por lo que habría que colocar conexiones roscadas en vez de soldadas en determinados puntos de la misma.

A partir de esas ideas iniciales, se estudió la posible disposición espacial de los distintos elementos y se comenzó a dibujar en un modelo 3D de Catia.

Tras varios bocetos, se decidió colocar una placa de policarbonato que cubriese toda la base inferior del banco donde irían apoyados la bomba y el serpentín. El depósito podría estar colocado en otro nivel, pero se prefirió introducirlo en el interior del serpentín para conseguir un diseño más compacto y apoyarlo sobre la misma placa. Como se indicó en el apartado 3.2, el depósito tendría una forma cilíndrica por el hecho de estar contenido en el hueco interno generado por el serpentín. El resultado es el que se muestra en la figura 4.1.

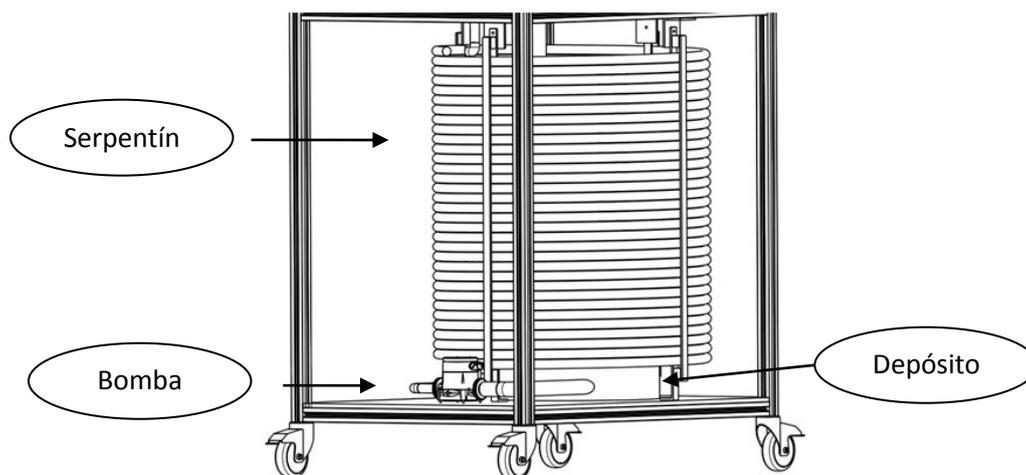


Figura 4.1 Colocación del depósito, serpentín y bomba

Una vez se tuvo la disposición de los elementos principales de la instalación, se comenzó a pensar en el resto de los componentes. La salida del serpentín, que estaría en su parte superior, iría conectada a una tubería recta horizontal donde irían colocados el captador de presión, a continuación la válvula de esfera y aguas abajo de la misma, la válvula de compuerta. La figura 4.2 facilita la comprensión de lo que se acaba de explicar:

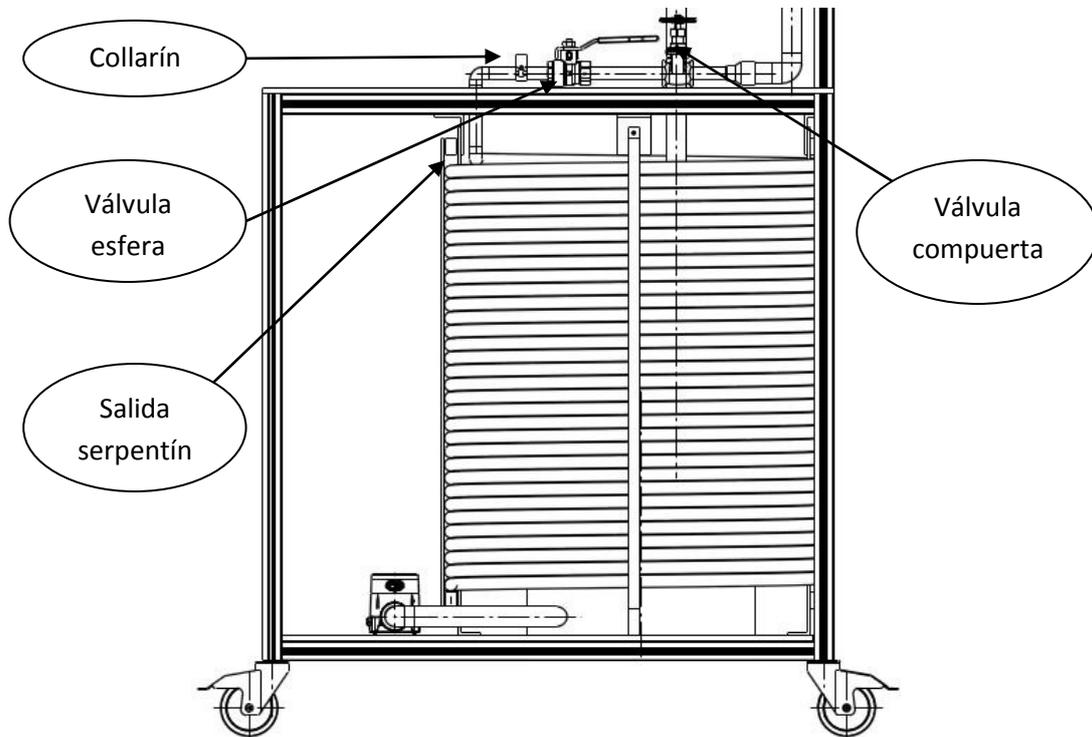


Figura 4.2 Colocación del collarín y válvulas de esfera y de compuerta

El siguiente elemento a situar era el rotámetro. Para medir correctamente, ha de estar colocado en una tubería vertical y contar con una longitud de  $10 \times DN$  aguas arriba y  $5 \times DN$  aguas abajo, libre de perturbación de flujo. Es decir, que en ese tramo no debería haber ningún elemento conectado.

Teniendo clara la colocación de cada elemento, el siguiente paso era pensar en las conexiones y el anclaje al banco de cada uno de ellos:

- El depósito: iría apoyado sobre la placa base del banco, sin ningún tipo de anclaje, como se puede ver en la figura 4.3.

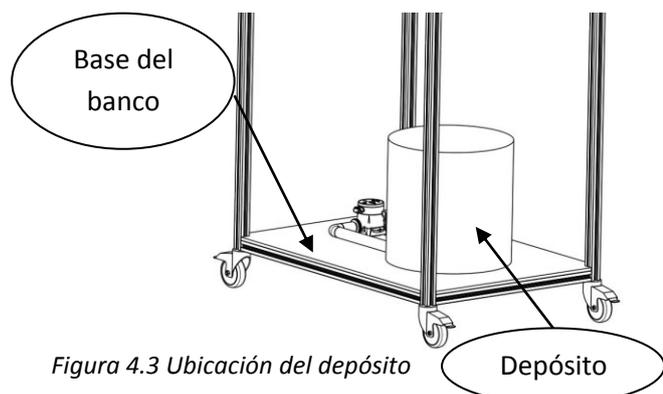


Figura 4.3 Ubicación del depósito

- El serpentín: por una parte había que sujetar todo el rollo de tubería y por otra parte, anclarla al banco. Para unir todo el rollo de tubería, se diseñó una pletina a medida, paralela al serpentín, con unas patas en la base para poder atornillarla a la placa del banco, tal y como se observa en la vista de la figura 4.4. Se colocaron cuatro pletinas dispuestas en los cuatro radios de la circunferencia. Una vez sujetado el rollo de tubería y unido al banco, se decidió anclarlo a la parte superior, para lo que fue necesario diseñar una nueva pletina que uniera la anterior con el perfil superior del banco. Dicha pletina se encuentra en la vista auxiliar de la figura 4.5. De esa manera, se evitarían los movimientos del serpentín.

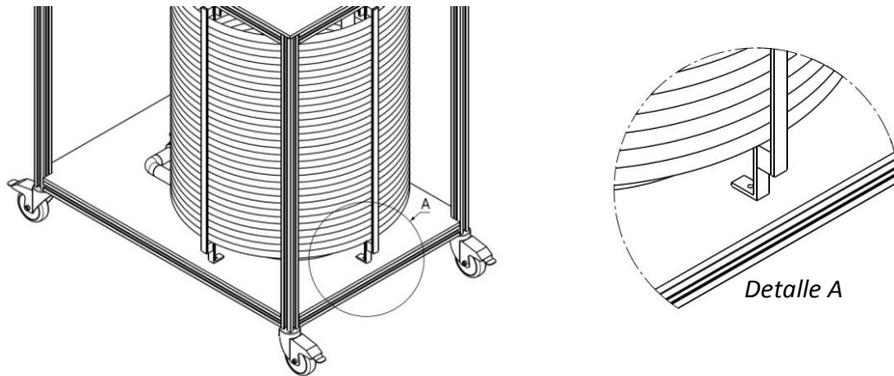


Figura 4.4 Anclaje inferior del serpentín

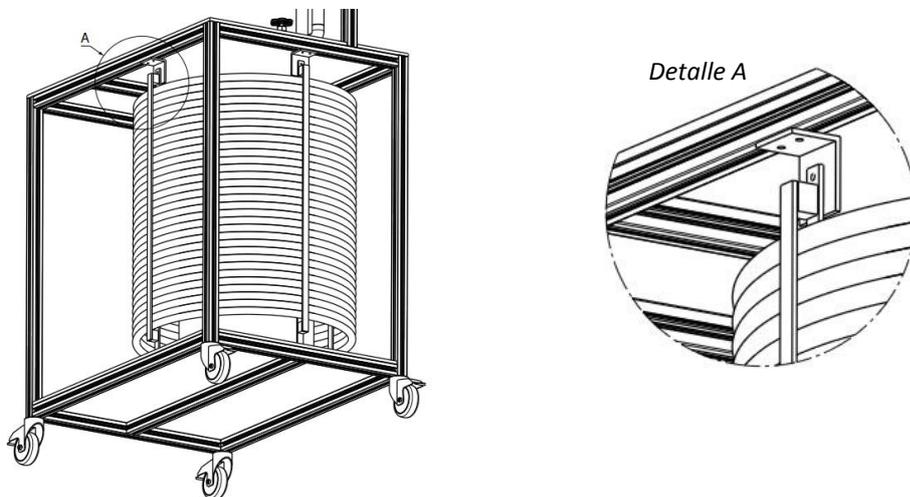


Figura 4.5 Anclaje superior del serpentín

- La bomba: el modelo elegido es un modelo de pequeño tamaño, se pueden consultar las dimensiones en el Anexo I-Planos. Consta de cuatro patas en los extremos, por lo que se consideró adecuado apoyarlas sobre la base del banco. En la imagen 4.6 se muestra la posición de la bomba en el banco y se incluye una vista auxiliar ampliada de las patas de la misma.

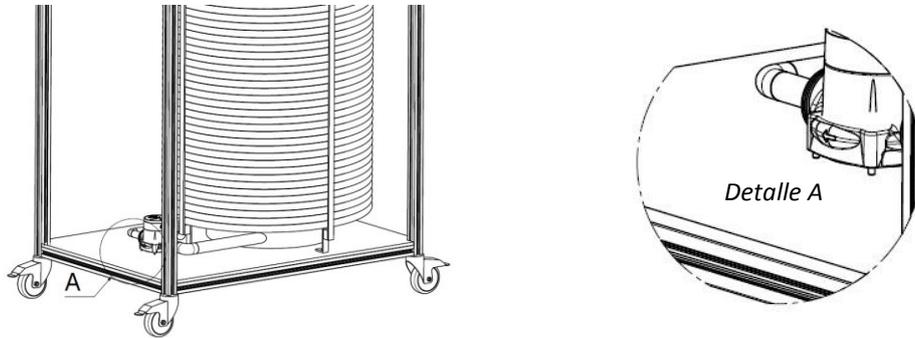


Figura 4.6 Posición de la bomba y patas

- El rotámetro: este elemento fue el que marcó la altura del banco ya que, debido a los requisitos de su colocación, se debía tener una tubería en vertical con las dimensiones indicadas. Para sujetar esa tubería vertical, se decidió colocar un perfil paralelo a la misma. Para unir la tubería a ese perfil, fue preciso colocar unas abrazaderas en la tubería y diseñar una pletina que uniera dicha abrazadera con el perfil. Todo ello se puede apreciar en la imagen 4.7.

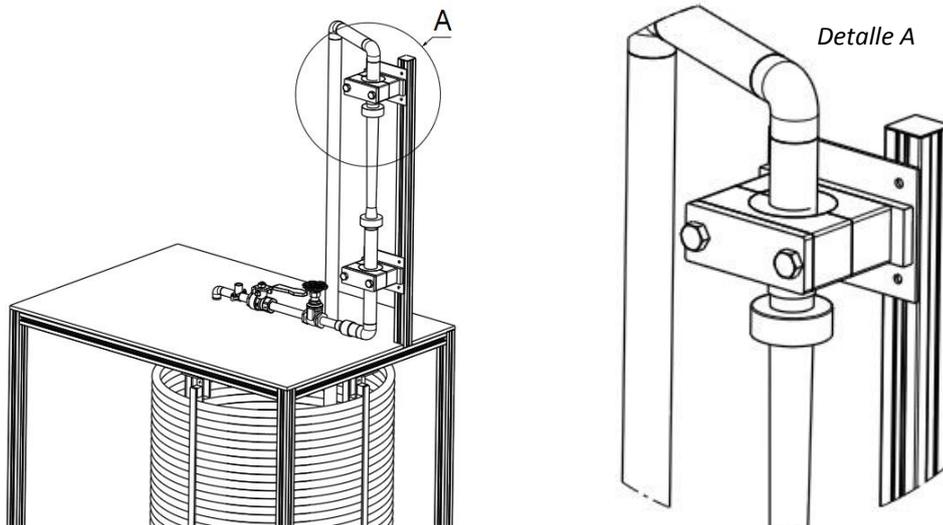
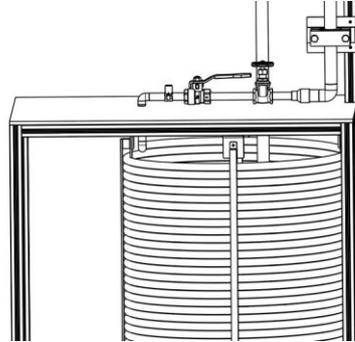


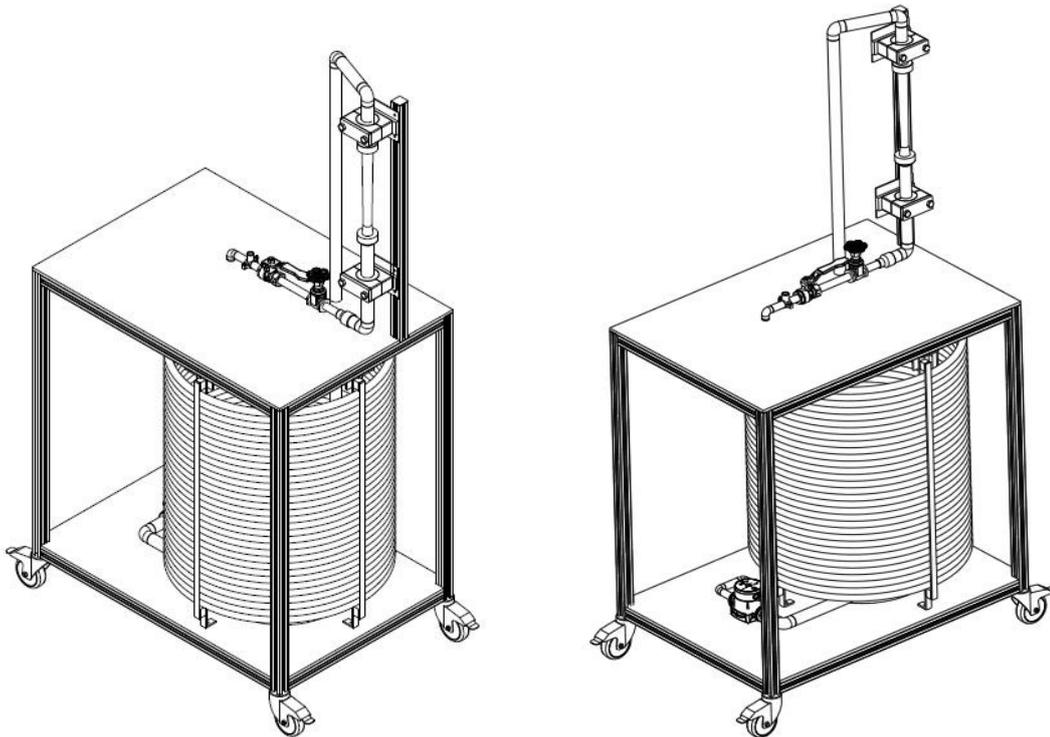
Figura 4.7 Ubicación del rotámetro y abrazaderas

- El collarín, la válvula de esfera y la de compuerta, irían colocadas sobre una tubería horizontal, a la salida del serpentín, y estarían situadas a una altura superior a la de la mesa. Se decidió hacer un taladro en la mesa con el fin de atravesar por él la tubería.



*Figura 4.8 Situación de la tubería donde van colocadas las válvulas*

En la figura 4.9 se muestran perspectivas de la instalación con todos los elementos integrados.



*Figura 4.9 Perspectivas de la instalación*

Para hacer las conexiones de elementos, fueron necesarios racores y manguitos reducidos, ya que, como se comentó anteriormente, se trabajó con dos diámetros distintos de tubería.

Los planos dimensionales de la instalación y de los elementos que han tenido que ser diseñados se encuentran en el Anexo I-Planos.

#### 4.1 Montaje de la instalación

En el presente apartado se resume el proceso seguido para montar la instalación, así como los problemas surgidos a lo largo del mismo.

Como se anticipó en el apartado anterior, el serpentín iba sujeto por unas pletinas ancladas al banco. Se enrolló el tubo de cobre alrededor de las pletinas internas, pero cuando se intentó unir las externas con las internas, no fue posible, ya que éstas, se habían doblado. En la figura 4.10, se puede visualizar la estructura formada por las pletinas y el proceso de enrollado del tubo alrededor de las mismas.



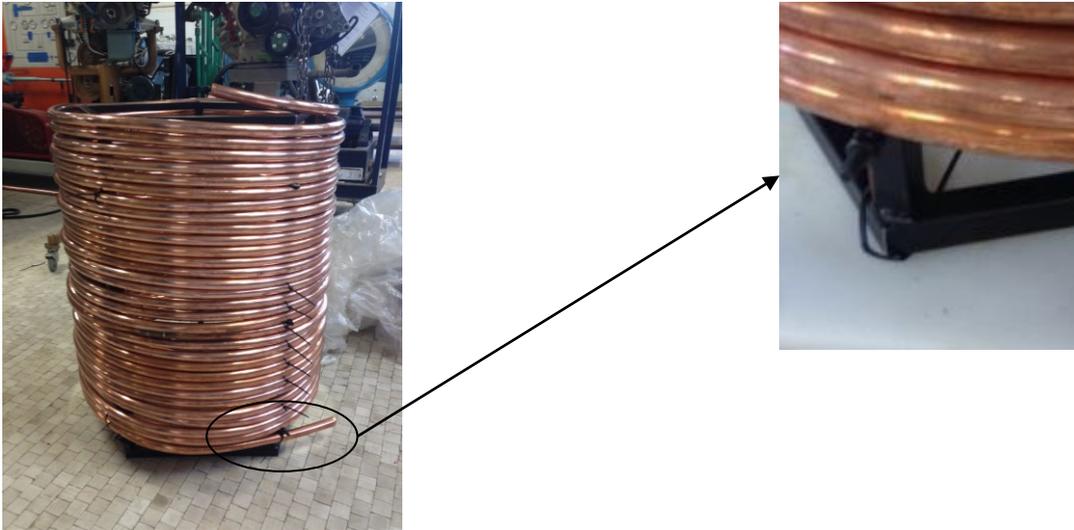
*Figura 4.10 Proceso de montaje del serpentín en la estructura formada por pletinas*

Puesto que las pletinas no soportaron el serpentín, se tuvo que pensar en otra estructura para el mismo. Se barajaron varias opciones, como introducir el serpentín en un tubo de chapa, pero en ese caso, no se vería la tubería enrollada, por lo que finalmente se optó por hacer una estructura pentagonal formada por perfiles cuadrados de hierro y enrollar por su exterior el serpentín.

Se comenzó pintando la estructura, primero se le dio una capa de spray antioxidante y posteriormente se pintó de color negro. A continuación, se colocó una cinta de neopreno a lo largo de la cara externa de los pilares de la estructura pentagonal, con el fin de evitar el rozamiento entre el cobre del serpentín y el hierro de la misma. Una vez colocada la cinta, se procedió a enrollar el tubo de cobre alrededor, tensando cada una de las vueltas del mismo y amarrando las espiras a uno de los pilares de la estructura mediante bridas. Fue un proceso bastante laborioso, ya que se realizó manualmente.

Puesto que el serpentín debía estar elevado por encima de la toma del depósito, se hizo un taladro en los perfiles verticales y se introdujo un tornillo en cada uno de ellos, con el fin de apoyar el serpentín sobre los mismos.

El serpentín junto con un zoom del tornillo que lo sujeta, se ilustran en la imagen 4.11.



*Figura 4.11 Montaje del serpentín*

El siguiente paso fue introducir el depósito en el interior del serpentín y colocarlo sobre la base del banco, después se atornilló la base del pentágono a la placa inferior. Por otro lado, se colocaron tornillos alrededor del depósito con el fin de inmovilizarlo.

Posteriormente se situó la bomba sobre la base del banco y se procedió a hacer las conexiones con el depósito y con el serpentín. También se colocó el collarín y la llave grifo destinada al llenado y vaciado de la instalación. Ambas tuberías se fijaron a la base del banco mediante abrazaderas, como se puede observar en la figura 4.12.



*Figura 4.12 Conexiones de la bomba*

A continuación se situó el rotámetro, mediante las abrazaderas y las pletinas atornilladas al perfil destinado a ese fin. Colocada la tubería vertical sobre la que

se encuentra el rotámetro, se continuó con la tubería horizontal donde se sitúan las válvulas y el captador de presión, y posteriormente, con la tubería conectada con el depósito. Previamente hubo que realizar dos taladros en la mesa del banco para poder atravesar las tuberías que conectan con el serpentín y con el depósito. La parte superior de la instalación montada se muestra en la figura 4.13.

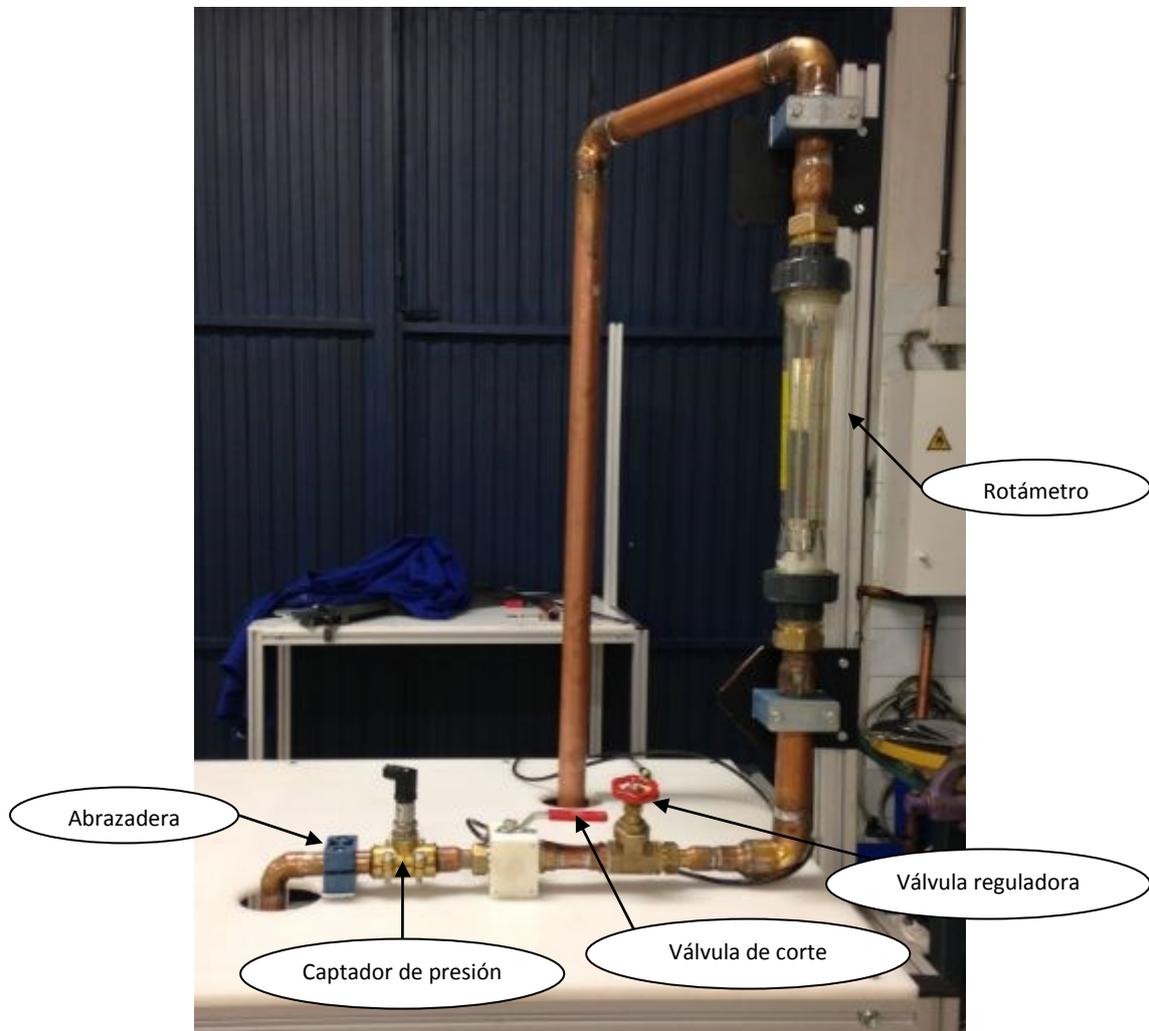


Figura 4.13 Parte superior de la instalación.

Para evitar los desplazamientos de la tubería donde se sitúan las válvulas, se colocó una abrazadera, anclada a la mesa del banco.

La última conexión para cerrar el circuito, fue la de la tubería horizontal con el serpentín, ilustrada en la figura 4.14.



*Figura 4.14 Conexión serpentín-tubería llaves*

El resultado de la instalación es el mostrado en la figura 4.15.



*Figura 4.15 Alzado de la instalación*

## 4.2 Puesta a punto

Una vez finalizada la parte mecánica, se procedió a llenar el circuito de agua para comprobar la existencia de fugas. Aparecieron en diversos sitios, concretamente en los racores en los que se habían colocado juntas de goma y en el collarín donde va colocado el presostato. Se solucionó sustituyendo las juntas de goma por juntas rígidas de teflón y cambiando el collarín.

Puesto que el circuito no estaba provisto de un escape de aire, de forma provisional, hasta instalar un purgador en el tramo de tubería horizontal de la parte más elevada, fue necesario desenroscar una de las tuercas del rotámetro para propiciar la salida del mismo. Acto seguido, el circuito se llenó por completo.

Tras comprobar que ya no existían fugas, se puso en funcionamiento la bomba. No aparecieron problemas, por lo que se cerró la válvula de esfera rápidamente para provocar el primer golpe de ariete.

El siguiente paso fue conectar la pantalla para proceder a realizar las primeras pruebas. Como los valores de presión obtenidos eran demasiado bajos, se procedió a conectar un manómetro como el mostrado en la figura 4.16.



*Figura 4.16 Manómetro conectado en el collarín*

Una vez comprobado que las medidas de presión eran coherentes, se conectó el presostato de nuevo. Tras realizar nuevos ensayos de golpe de ariete, se comprobó que la onda producida no se visualizaba por completo en la pantalla, sino que se cortaba en la línea de, aproximadamente, 0 bares, como se muestra en la figura 4.17.

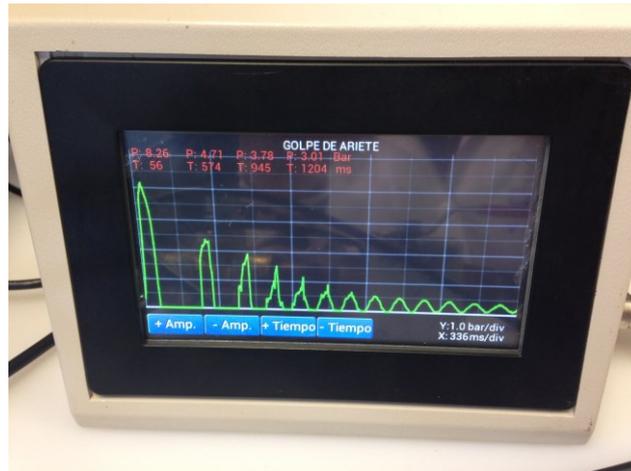


Figura 4.17 Onda producida por un golpe de ariete

Esto se debe a que el presostato únicamente medía presiones comprendidas entre 0 y 10 bares, por lo que no podía medir presiones negativas. Como no existen presiones por debajo de 0bar, ya que nos encontraríamos con el vacío absoluto, no merecía la pena comprar otro nuevo porque seguiríamos sin ver la onda en su parte negativa.

Para poder visualizar la onda completa, se pensó en subir la presión de la instalación. Para ello, se llenó el circuito sin purgarlo. La idea no fue satisfactoria ya que el depósito reventó y hubo que sustituirlo por otro igual. En la figura 4.18, se puede visualizar la rotura del mismo.



Figura 4.18 Rotura del depósito

El problema no se pudo solucionar ya que si se aumentaba la presión, el golpe de ariete sería mayor de 10 bares, y entonces la bomba no podría soportarlo. Se decidió continuar adelante y extraer las máximas conclusiones con la parte positiva de la onda.

Existe otro inconveniente que se va a encontrar ya que, al no poder presurizar el sistema, el decremento de presión en la segunda parte del ciclo, hará que la presión total caiga por debajo de la presión de vapor del líquido, dando lugar al fenómeno de cavitación. Esto va a complicar mucho el problema.

Otro de los problemas que aparecieron al hacer ensayos fue que para cierres rápidos, la onda que se visualizaba aparecía cortada, ya que al sistema no le daba tiempo a medir al inicio de la onda. Esto es debido a que el tiempo de muestreo es de 7milisegundos, y a la cercanía entre el presostato y la válvula de esfera.

Con el fin de intentar solucionar este problema, se bajó el tiempo de muestreo, por lo que se podía medir cada menos tiempo. El problema derivado de ello era que el tiempo durante el que el sistema tomaba medidas, se iba a reducir, ya que el procesador no tenía memoria suficiente. No interesó tomar esta solución ya que, en ese caso, se visualizaba una menor parte de la onda, dejándose de ver el amortiguamiento de la misma.

En el apartado 8.1, se plantearán posibles medidas futuras para subsanar este inconveniente.

## 5. Ensayos y resultados

Una vez montada la instalación y puesta en funcionamiento, se comenzaron a hacer los ensayos para comprobar que funcionaba correctamente y poder sacar conclusiones de ello.

El procedimiento se basa en medir la sobrepresión producida para distintos caudales (160l/h, 200l/h, 250l/h, 300l/h, 350l/h, 400l/h, 450l/h, 500l/h, 550l/h, 600l/h, 650l/h, 700l/h, 750l/h y 800l/h) y tiempos de cierre. Se estimó oportuno realizar, para cada caudal, unas diez pruebas de cierre diferentes con diferentes tiempos de cierre. Se intentó, en la medida de lo posible, conseguir los mismos tiempos de cierre para cada uno de los caudales.

A continuación se presentan las tablas con los valores obtenidos en cada uno de los experimentos junto con las gráficas donde se representa el valor de la primera sobrepresión que experimenta el sensor junto con la teórica, en función del tiempo de cierre.

En cada tabla se muestra el tiempo de cierre, la presión inicial (es decir, la anterior al cierre) y la máxima, la sobrepresión experimental y la teórica, y el tipo de cierre, que será rápido si se produce en un tiempo menor que el crítico, que según el criterio de Allievi será de 107ms.

Tcierre (ms)	Pinicial (bar)	Pmáxima (bar)	$\Delta P_{\text{experimental}}$	$\Delta P_{\text{teórico}}$	Tipo de cierre
21	0,37	2,11	1,74	1,69	Rápido
28	0,37	2,23	1,86	1,69	Rápido
29	0,36	2,16	1,8	1,69	Rápido
70	0,38	2,14	1,76	1,69	Rápido
71	0,37	2,13	1,76	1,69	Rápido
154	0,35	2,13	1,78	1,17	Lento
288	0,37	2,02	1,65	0,63	Lento
316	0,36	1,98	1,62	0,57	Lento
407	0,37	1,99	1,62	0,44	Lento
415	0,35	1,69	1,34	0,43	Lento

Tabla 4.1 Resultados del caudal 160l/h

### Q=160l/h

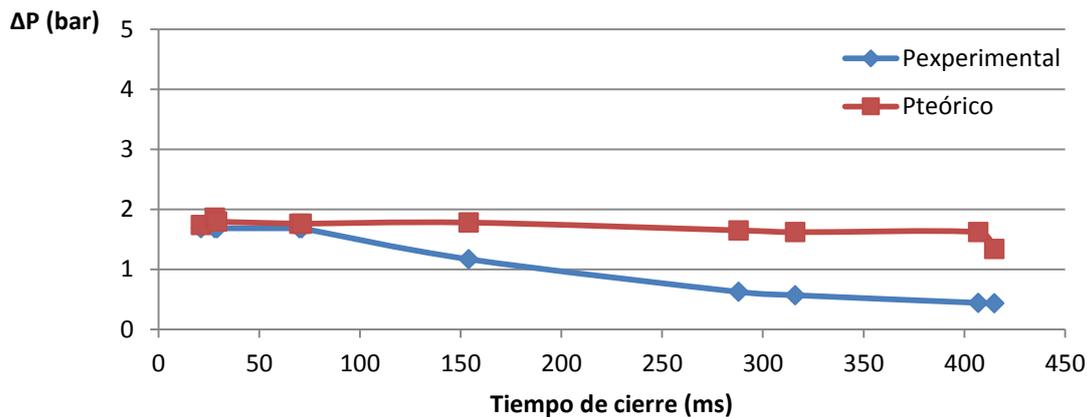


Figura 4.19 Comparación del resultado experimental con el teórico para Q=160l/h

Tcierre (ms)	Pinicial (bar)	Pmáxima (bar)	ΔPexperimental	ΔPteórico	Tipo de cierre
42	0,37	2,75	2,38	2,11	Rápido
57	0,35	2,71	2,36	2,11	Rápido
84	0,35	2,77	2,42	2,11	Rápido
100	0,36	2,71	2,35	2,11	Rápido
218	0,34	2,44	2,1	1,03	Lento
316	0,34	2,41	2,07	0,71	Lento
408	0,36	2,16	1,8	0,55	Lento
414	0,34	2,46	2,12	0,54	Lento
478	0,35	1,74	1,39	0,47	Lento
695	0,36	1,36	1	0,32	Lento

Tabla 4.2 Resultados del caudal 200l/h

### Q=200l/h

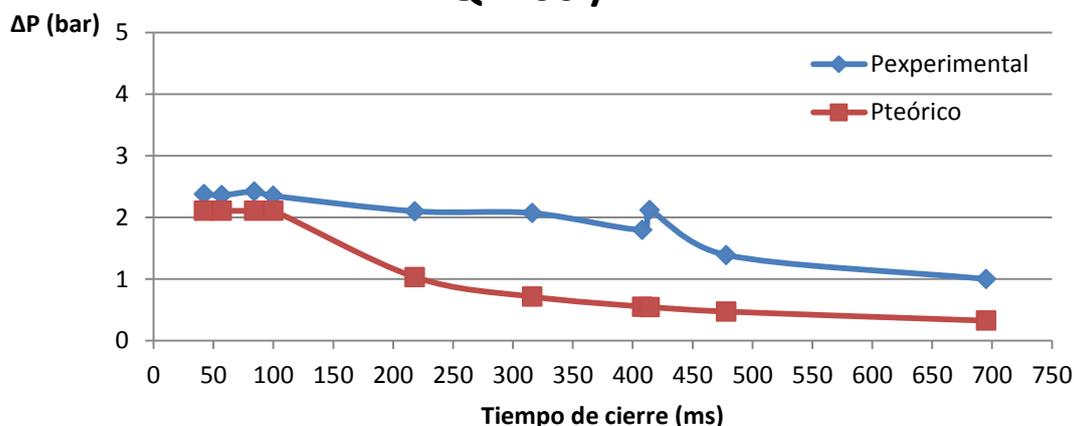


Figura 4.20 Comparación del resultado experimental con el teórico para Q=200l/h

Tcierre (ms)	Pinicial (bar)	Pmáxima (bar)	$\Delta P_{\text{experimental}}$	$\Delta P_{\text{teórico}}$	Tipo de cierre
49	0,35	3,16	2,38	2,63	Rápido
57	0,36	3,19	2,36	2,63	Rápido
63	0,34	3,15	2,42	2,63	Rápido
92	0,33	3,15	2,35	2,63	Rápido
98	0,35	3,13	2,1	2,63	Rápido
316	0,33	2,87	2,07	0,89	Lento
344	0,33	2,81	1,8	0,82	Lento
380	0,34	2,54	2,12	0,74	Lento
471	0,33	2,52	1,39	0,60	Lento
583	0,35	1,91	1	0,48	Lento

Tabla 4.3 Resultados del caudal 250l/h

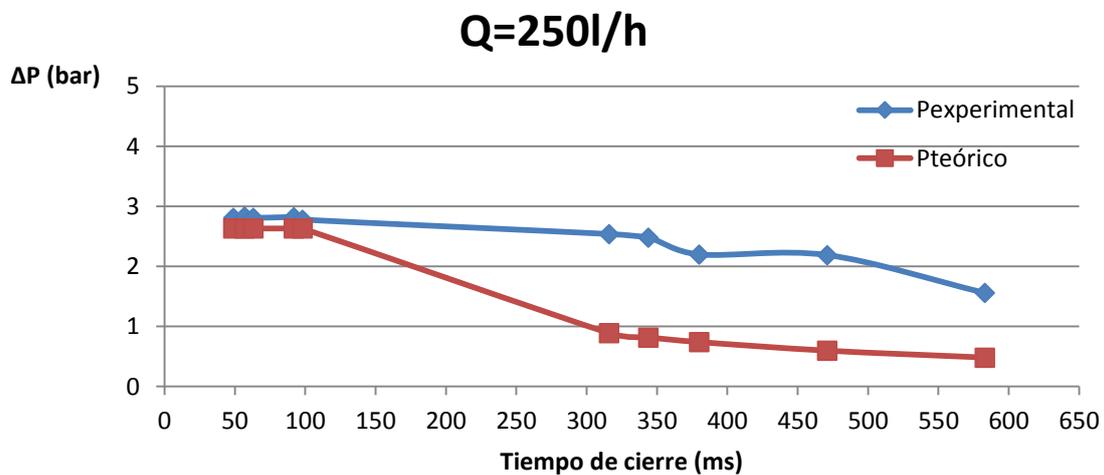


Figura 4.21 Comparación del resultado experimental con el teórico para Q=250l/h

Tcierre (ms)	Pinicial (bar)	Pmáxima (bar)	$\Delta P_{\text{experimental}}$	$\Delta P_{\text{teórico}}$	Tipo de cierre
22	0,33	3,72	3,39	3,16	Rápido
64	0,34	3,76	3,42	3,16	Rápido
78	0,34	3,71	3,37	3,16	Rápido
225	0,34	3,06	2,72	1,50	Lento
253	0,35	3,28	2,93	1,33	Lento
303	0,33	3,32	2,99	1,11	Lento
379	0,35	2,86	2,51	0,89	Lento
408	0,36	2,98	2,62	0,83	Lento
513	0,34	2,22	1,88	0,66	Lento
640	0,33	1,84	1,51	0,53	Lento

Tabla 4.4 Resultados del caudal 300l/h

### Q=300l/h

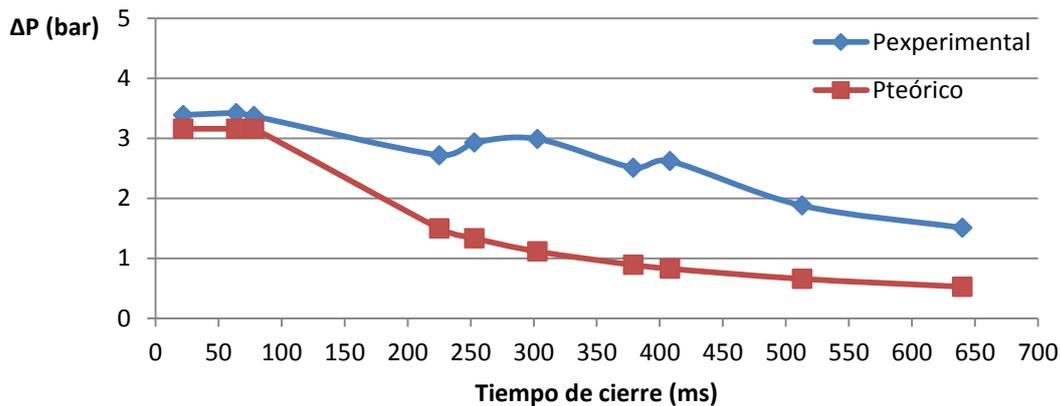


Figura 4.22 Comparación del resultado experimental con el teórico para Q=300l/h

Tcierre (ms)	Pinicial (bar)	Pmáxima (bar)	ΔPexperimental	ΔPteórico	Tipo de cierre
7	0,38	4,09	3,71	3,69	Rápido
13	0,41	4,04	3,63	3,69	Rápido
56	0,33	4,13	3,8	3,69	Rápido
64	0,34	4,06	3,72	3,69	Rápido
71	0,34	4,11	3,77	3,69	Rápido
499	0,32	3,28	2,96	0,79	Lento
569	0,34	2,08	1,74	0,69	Lento
582	0,33	2,08	1,75	0,68	Lento
646	0,32	2,29	1,97	0,61	Lento
891	0,34	1,59	1,25	0,44	Lento

Tabla 4.5 Resultados del caudal 350l/h

### Q=350l/h

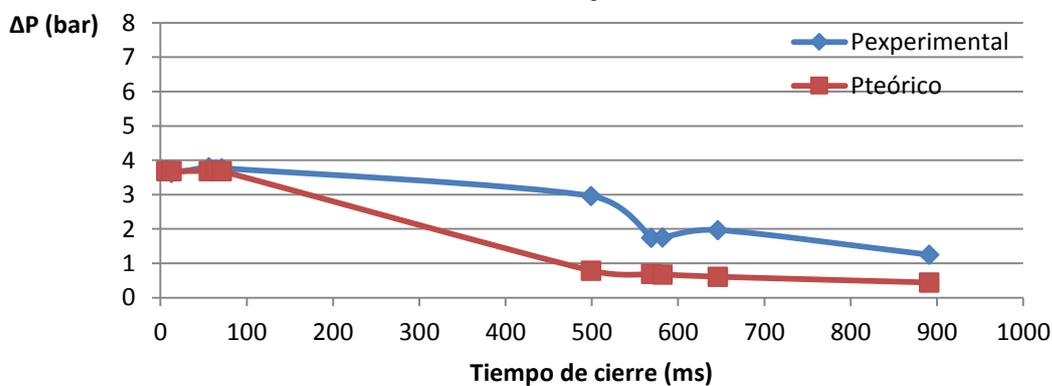


Figura 4.23 Comparación del resultado experimental con el teórico para Q=350l/h

Tcierre (ms)	Pinicial (bar)	Pmáxima (bar)	$\Delta P_{\text{experimental}}$	$\Delta P_{\text{teórico}}$	Tipo de cierre
35	0,33	4,6	4,27	4,21	Rápido
42	0,32	4,67	4,35	4,21	Rápido
71	0,31	4,54	4,23	4,21	Rápido
113	0,34	4,55	4,21	3,98	Lento
189	0,31	4,27	3,96	2,38	Lento
231	0,32	3,96	3,64	1,95	Lento
401	0,33	3,21	2,88	1,12	Lento
520	0,34	3,07	2,73	0,87	Lento
527	0,33	2,66	2,33	0,85	Lento
535	0,3	2,59	2,29	0,84	Lento

Tabla 4.6 Resultados del caudal 400l/h

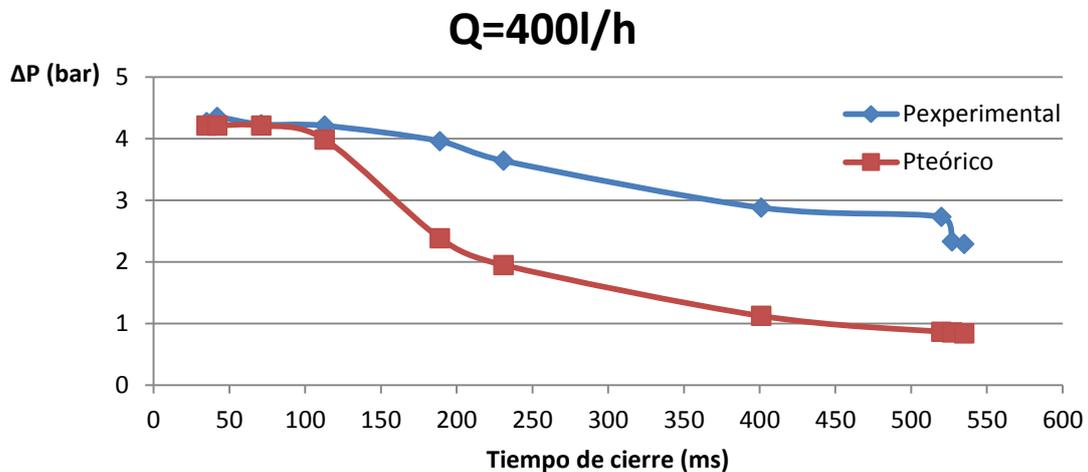


Figura 4.24 Comparación del resultado experimental con el teórico para Q=400l/h

Tcierre (ms)	Pinicial (bar)	Pmáxima (bar)	$\Delta P_{\text{experimental}}$	$\Delta P_{\text{teórico}}$	Tipo de cierre
22	0,37	5,16	4,79	4,74	Rápido
28	0,36	5,21	4,85	4,74	Rápido
64	0,31	5,22	4,91	4,74	Rápido
106	0,29	5,19	4,9	4,74	Rápido
224	0,31	4,5	4,19	2,26	Lento
260	0,3	4,56	4,26	1,95	Lento
273	0,3	3,71	3,41	1,86	Lento
315	0,3	4,27	3,97	1,61	Lento
435	0,3	3,99	3,69	1,16	Lento
730	0,31	2	1,69	0,69	Lento

Tabla 4.7 Resultados del caudal 450l/h

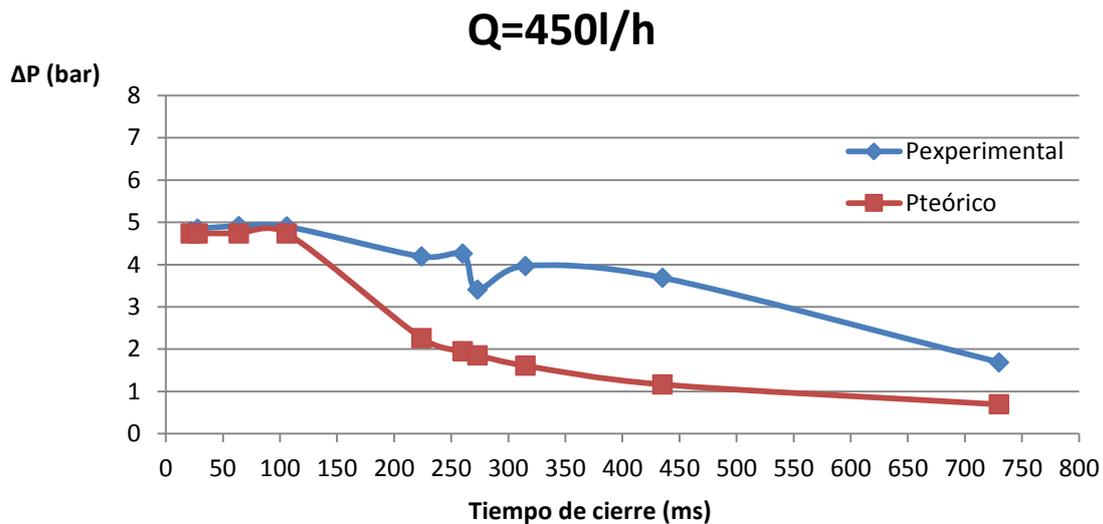


Figura 4.25 Comparación del resultado experimental con el teórico para Q=450l/h

Tcierre (ms)	Pinicial (bar)	Pmáxima (bar)	ΔPexperimental	ΔPteórico	Tipo de cierre
15	0,36	5,69	5,33	5,27	Rápido
49	0,29	5,68	5,39	5,27	Rápido
56	0,29	5,71	5,42	5,27	Rápido
63	0,29	5,71	5,42	5,27	Rápido
112	0,3	5,7	5,4	5,03	Lento
492	0,29	4,54	4,25	1,14	Lento
499	0,27	4,37	4,1	1,13	Lento
528	0,28	3,39	3,11	1,07	Lento
576	0,27	3,35	3,08	0,98	Lento
1398	0,28	0,8	0,52	0,40	Lento

Tabla 4.8 Resultados del caudal 500l/h

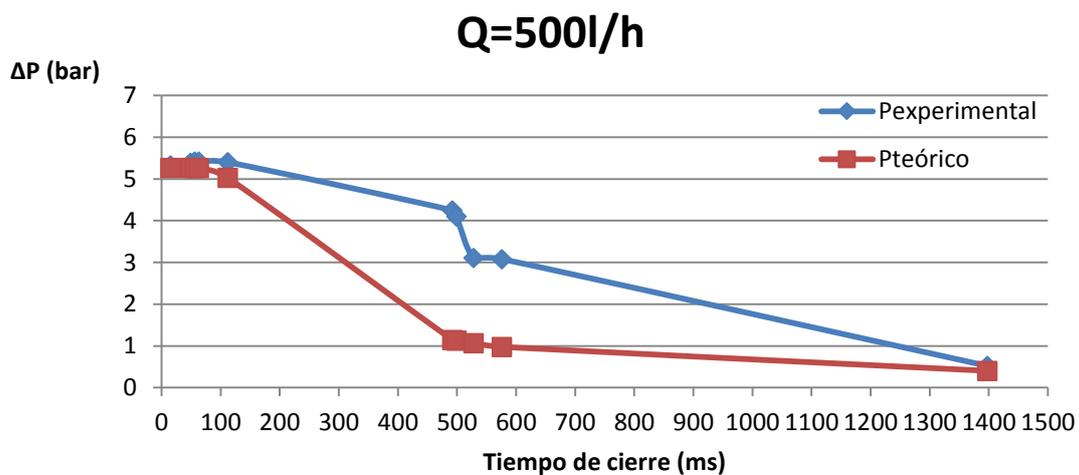


Figura 4.26 Comparación del resultado experimental con el teórico para Q=500l/h

Tcierre (ms)	Pinicial (bar)	Pmáxima (bar)	$\Delta P_{\text{experimental}}$	$\Delta P_{\text{teórico}}$	Tipo de cierre
21	0,32	6,13	5,81	5,79	Rápido
77	0,27	6	5,73	5,79	Rápido
105	0,26	6,05	5,79	5,79	Rápido
260	0,25	5,47	5,22	2,38	Lento
344	0,25	5,24	4,99	1,80	Lento
477	0,26	3,79	3,53	1,30	Lento
675	0,28	3,59	3,31	0,92	Lento
814	0,27	2	1,73	0,76	Lento
913	0,27	2,66	2,39	0,68	Lento
1321	0,27	1	0,73	0,47	Lento

Tabla 4.9 Resultados del caudal 550l/h

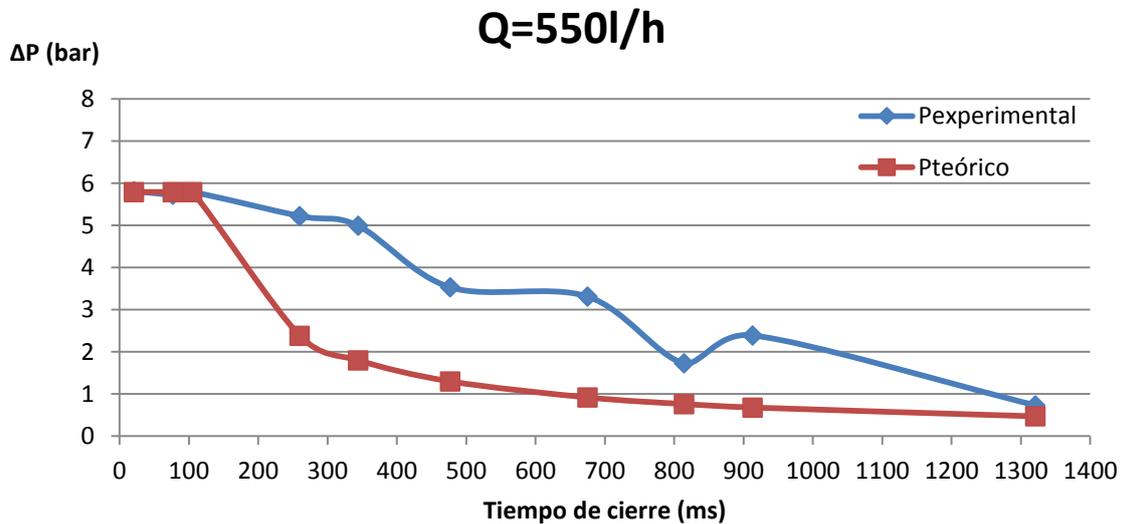


Figura 4.27 Comparación del resultado experimental con el teórico para Q=550l/h

Tcierre (ms)	Pinicial (bar)	Pmáxima (bar)	$\Delta P_{\text{experimental}}$	$\Delta P_{\text{teórico}}$	Tipo de cierre
21	0,29	6,73	6,44	6,32	Rápido
57	0,26	6,72	6,46	6,32	Rápido
84	0,25	6,68	6,43	6,32	Rápido
106	0,23	6,64	6,41	6,32	Rápido
464	0,26	4,03	3,77	1,46	Lento
492	0,23	3,96	3,73	1,37	Lento
584	0,26	3,66	3,4	1,16	Lento
850	0,24	1,4	1,16	0,79	Lento
907	0,24	3,12	2,88	0,74	Lento
1025	0,24	1,8	1,56	0,66	Lento

Tabla 4.10 Resultados del caudal 600l/h

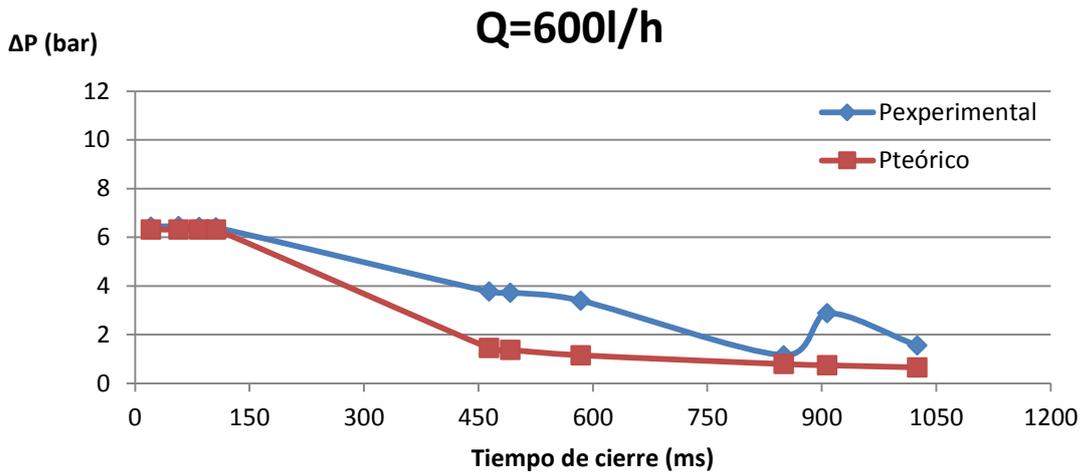


Figura 4.28 Comparación del resultado experimental con el teórico para Q=600l/h

Tcierre (ms)	Pinicial (bar)	Pmáxima (bar)	$\Delta P_{\text{Experimental}}$	$\Delta P_{\text{Teórico}}$	Tipo de cierre
64	0,22	6,94	6,72	6,85	Rápido
99	0,21	6,78	6,57	6,85	Rápido
106	0,22	6,89	6,67	6,85	Rápido
127	0,19	7,23	7,04	5,76	Lento
533	0,21	3,81	3,6	1,37	Lento
562	0,21	3,3	3,09	1,30	Lento
605	0,23	5,53	5,3	1,21	Lento
647	0,21	3,13	2,92	1,13	Lento

Tabla 4.11 Resultados del caudal 650l/h

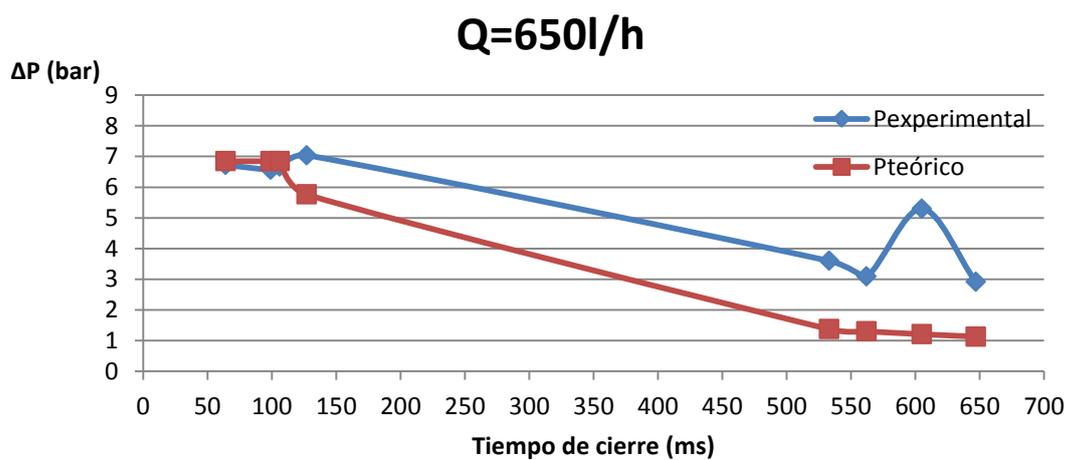


Figura 4.29 Comparación del resultado experimental con el teórico para Q=650l/h

Tcierre (ms)	Pinicial (bar)	Pmáxima (bar)	$\Delta P_{\text{experimental}}$	$\Delta P_{\text{teórico}}$	Tipo de cierre
42	0,36	7,22	6,86	7,37	Rápido
84	0,31	7,35	7,04	7,37	Rápido
120	0,31	7,15	6,84	6,57	Lento
162	0,31	7,25	6,94	4,86	Lento
317	0,28	5,61	5,33	2,49	Lento
375	0,29	5,35	5,06	2,10	Lento
415	0,3	5,14	4,84	1,90	Lento
421	0,3	3,92	3,62	1,87	Lento
674	0,32	2,6	2,28	1,17	Lento
1328	0,3	1,4	1,1	0,59	Lento

Tabla 4.12 Resultados del caudal 700l/h

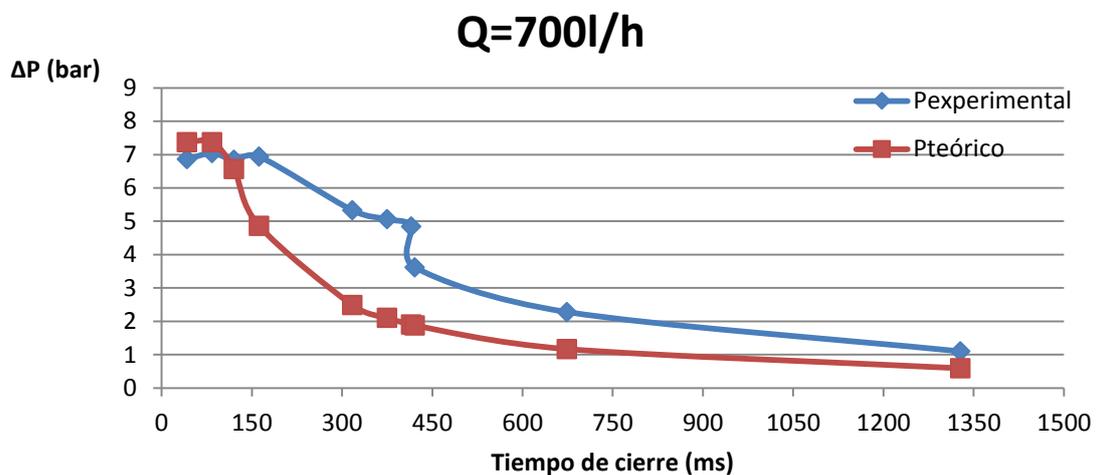


Figura 4.30 Comparación del resultado experimental con el teórico para Q=700l/h

Tcierre (ms)	Pinicial (bar)	Pmáxima (bar)	$\Delta P_{\text{experimental}}$	$\Delta P_{\text{teórico}}$	Tipo de cierre
22	0,64	7,68	7,04	7,90	Rápido
50	0,2	7,84	7,64	7,90	Rápido
106	0,19	7,52	7,33	7,90	Rápido
127	0,16	7,35	7,19	6,65	Lento
133	0,19	7,71	7,52	6,35	Lento
197	0,18	7,53	7,35	4,29	Lento
513	0,17	3,45	3,28	1,65	Lento
640	0,2	4,74	4,54	1,32	Lento
856	0,2	2,4	2,2	0,99	Lento
990	0,17	1,25	1,08	0,85	Lento

Tabla 4.13 Resultados del caudal 750l/h

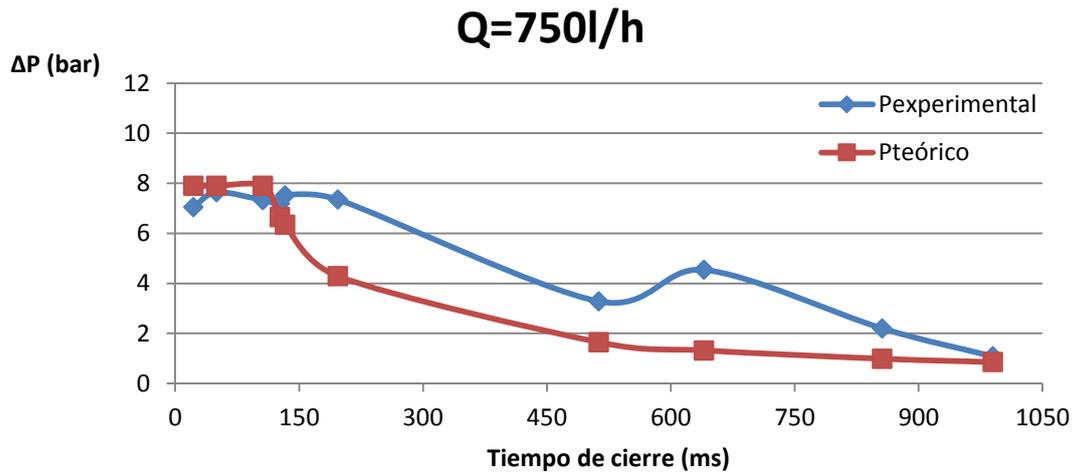


Figura 4.31 Comparación del resultado experimental con el teórico para Q=750l/h

Tcierre (ms)	Pinicial (bar)	Pmáxima (bar)	$\Delta P_{\text{Experimental}}$	$\Delta P_{\text{Teórico}}$	Tipo de cierre
22	0,28	8,26	7,98	8,43	Rápido
91	0,16	8,08	7,92	8,43	Rápido
106	0,18	8,01	7,83	8,43	Rápido
111	0,18	7,89	7,71	8,11	Lento
161	0,16	7,61	7,45	5,59	Lento
274	0,14	4,95	4,81	3,29	Lento
491	0,14	3,2	3,06	1,83	Lento
604	0,15	4,19	4,04	1,49	Lento

Tabla 4.14 Resultados del caudal 800l/h

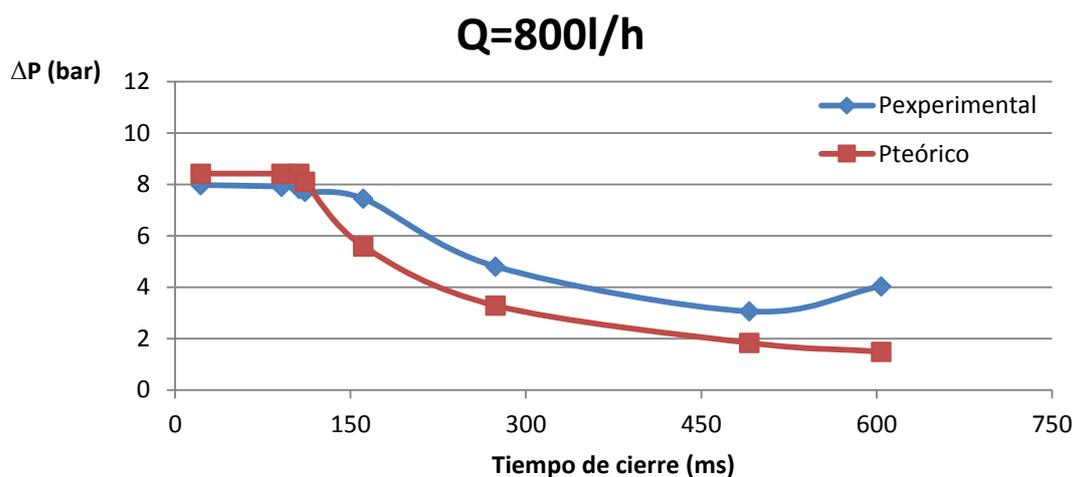


Figura 4.32 Comparación del resultado experimental con el teórico para Q=800l/h

Analizando los resultados obtenidos para los diferentes caudales y tiempos de cierre, se extrae como conclusión que para cierres rápidos, es decir, para aquellos en los que se produce golpe de ariete, el valor experimental de la sobrepresión, prácticamente coincide con el valor teórico.

En los casos en los que el cierre es lento, el valor experimental, difiere bastante del teórico. Por tanto, se requiere un estudio más detallado de los fenómenos involucrados puesto que con el que se ha realizado en el presente trabajo se podría llegar a concluir que el criterio de Allievi mostrado a continuación, no se cumple.

$$\Delta P = \rho \frac{2L}{t_{\text{cierre}}} \Delta v$$

Igualmente para algunos de los considerados cierres lentos, se escucha golpe de ariete, por lo que se podría tratar de determinar de forma empírica el tiempo crítico de cierre. De esa forma, se podría comparar con el teórico calculado.

En la mayoría de las medidas realizadas la sobrepresión producida en los cierres lentos considerados sigue un patrón decreciente, tal y como indican los valores teóricos obtenidos mediante el criterio de Allievi arriba citado. Sin embargo, los valores medidos experimentalmente distan en algunos casos, hasta un 300% de los obtenidos de forma teórica.

### 5.1 Evolución temporal de la presión provocada por el golpe de ariete en el presostato cercano a la válvula

En el presente apartado, se compara la gráfica teórica de la evolución de la presión en el presostato con la gráfica de la presión obtenida de forma experimental.

Se decidió hacer la comparación para los caudales de 160l/h y de 800l/h, con el fin de extraer mayores conclusiones.

En la figura 4.33, se representa la gráfica correspondiente al caudal de 800l/h.

## Comparación de la evolución de la presión experimental con la teórica en el presostato

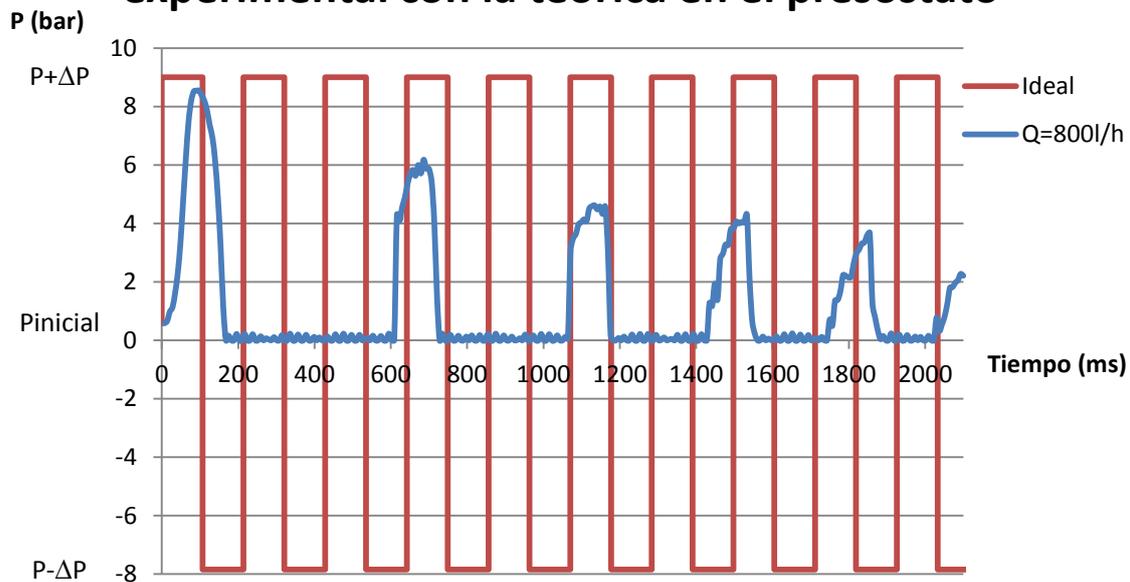


Figura 4.33 Comparación de la onda de presión experimental con la teórica para  $Q=800\text{l/h}$

Atendiendo a la gráfica anterior, se comprueba que la onda experimental aparece desfasada con respecto a la teórica. Esto puede ser debido a dos factores: que el tiempo de cierre de la válvula no es instantáneo y a la propia inercia del sistema mecánico del presostato.

Se extrae también que la máxima amplitud de la primera onda experimental, se ajusta muy bien a la teórica, y conforme avanza en el tiempo, la diferencia entre ambas aumenta. El motivo es que la onda teórica que se ha representado se corresponde con el caso ideal, es decir, para el caso el que no existe amortiguamiento.

Se observa que el semiperíodo de la onda experimental concuerda muy bien con el de la onda teórica. Sin embargo, cuando llega la primera onda de expansión, no se produce la depresión esperada. Esto es lógico, ya que una vez se alcanza la presión de vapor, se produce cavitación.

El fluido cercano a la válvula pasará a fase vapor. El vapor ya no es incompresible, como ocurre en el líquido del caso ideal, por lo que se mezclan varios fenómenos que pueden hacer que la velocidad de transmisión de la onda se ralentice. Eso podría explicar la diferencia de tiempos entre el segundo período de la onda experimental y el de la onda teórica. Dicha diferencia va disminuyendo con el transcurso del tiempo como consecuencia de que cada vez la depresión producida es menor, por lo que en los últimos ciclos puede que ya no exista cavitación.

A continuación, en la figura 4.34, se presenta la comparación de las dos ondas de presión para el caso del caudal  $200\text{l/h}$ :

## Comparación de la evolución de la presión teórica con la experimental en el presostato

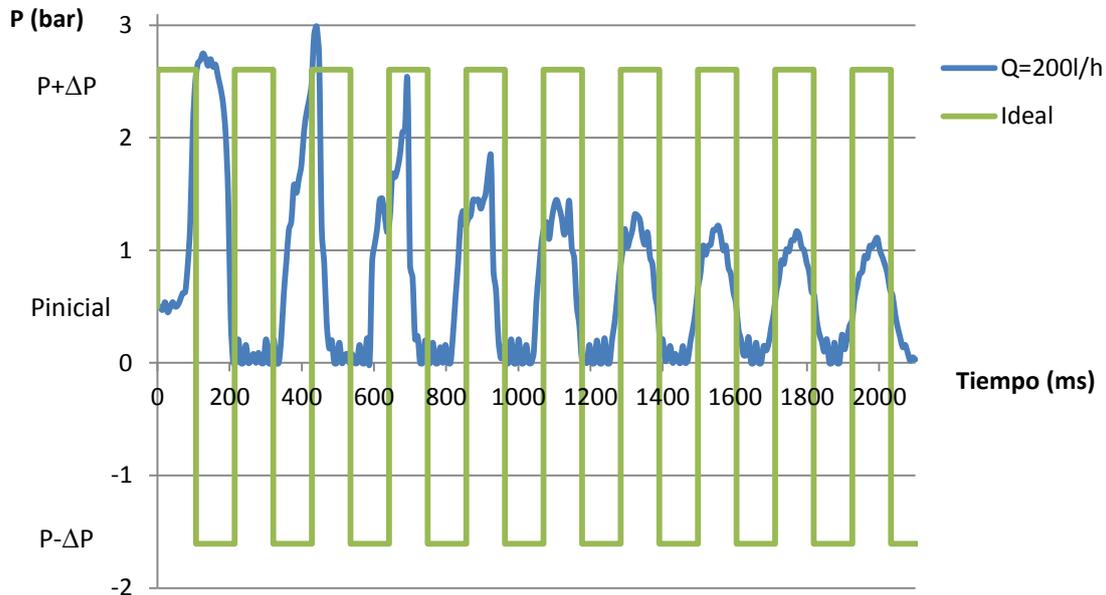


Figura 4.34 Comparación de la onda de presión experimental con la teórica para  $Q=200\text{l/h}$

Atendiendo a la gráfica, se comprueba que la onda de presión en este caso también aparece desfasada, por el mismo motivo que en el caudal de  $800\text{l/h}$ .

La diferencia con respecto al caudal de  $800\text{l/h}$ , es que el período de ambas ondas para el caso actual es prácticamente el mismo. Esto se debe a que, al ser el caudal menor, la sobrepresión producida también será menor, por lo que las presiones inferiores no serán tan bajas y la cavitación no será tan acusada. Se concluye que cuanto menor es el caudal, mejor es el ajuste entre la onda teórica y la experimental.



## 6. Prácticas de laboratorio

### 6.1 Introducción

Como ya se anticipó al inicio de la memoria, este TFG se hizo con fines docentes, para incorporarlo en el conjunto de prácticas de laboratorio. Por ese motivo se adjunta una propuesta de guión de prácticas que permita al alumno entender en profundidad el fenómeno del golpe de ariete.

### 6.2 Guión de prácticas

#### 6.2.1 Objetivo

Se pretende estudiar la sobrepresión producida por el golpe de ariete en la instalación para diferentes caudales y tiempos de cierre.

#### 6.2.2 Fundamento teórico

El golpe de ariete es un fenómeno que se produce por el cambio brusco en el movimiento de un fluido que circula por el interior de un conducto cerrado. Dicho cambio, puede deberse al cierre brusco de una válvula en algún punto de la conducción.

Como consecuencia de ello, se produce una onda de presión que viaja aguas arriba a lo largo del conducto a una velocidad  $c$ , transmitiendo la información del cierre. Dicha velocidad  $c$ , cuando el módulo de elasticidad de la tubería y el inverso de la compresibilidad del fluido son comparables, viene dada por la ecuación 6.1. Sólo es válida para el caso en el que la tubería sea circular.

$$c = \sqrt{\left[ \frac{1}{a^2} + \frac{\rho}{E} \left( \frac{2R}{e} \right) \right]^{-1}} \quad \text{Ecuación 6.1}$$

Siendo:  $a$  la velocidad del sonido  
 $\rho$  la densidad del fluido de trabajo  
 $E$  el módulo de elasticidad de la tubería  
 $R$  el radio de la tubería  
 $e$  el espesor de la tubería

Si se toma un volumen de control que englobe a la onda y se mueva solidario a ella, se demuestra, aplicando las ecuaciones de conservación de la masa y cantidad de movimiento, que el incremento de presión producido es el presentado en la ecuación 6.2:

$$\Delta P = \rho c \Delta v \quad \text{Ecuación 6.2}$$

Siendo:  $\rho$  la densidad del fluido de trabajo  
 $c$  la velocidad de propagación de la onda  
 $\Delta v$  la diferencia de velocidades a ambos lados de la onda de presión

Por último, se entenderá como cierre brusco todo aquel que se lleve a cabo en un tiempo menor que el crítico, que está definido por la ecuación 6.3:

$$t_{\text{crí}} = \frac{2L}{c} \quad \text{Ecuación 6.3}$$

En el caso de tener un cierre lento, es decir, en un tiempo mayor que el tiempo crítico, el incremento de presión vendrá dado por la siguiente ecuación 6.4:

$$\Delta P = \rho \frac{2L}{t_{\text{cierre}}} \Delta v \quad \text{Ecuación 6.4}$$

### 6.2.3 Descripción de la instalación

La instalación consta de una bomba, cuya aspiración está conectada a un depósito mediante una tubería y cuya impulsión va unida a una tubería de diámetro 22mm enrollada en espiral, con el fin de poder tener una longitud de 63.66m de tubería en poco espacio.

El fluido asciende por el serpentín hasta llegar a un captador de presión. A continuación existe una válvula de esfera, que será la responsable de producir el denominado golpe de ariete. Aguas abajo de la misma, se sitúa una válvula reguladora de caudal, que permitirá ajustar el caudal, y un rotámetro. Éste último está conectado con la base superior del depósito.

### 6.2.4 Procedimiento para la toma de datos

- 1) Comprobar que la válvula reguladora de caudal está completamente abierta.
- 2) Poner en funcionamiento la bomba, pulsando el botón verde del cuadro de mandos, y encender la pantalla. En la pantalla aparecerá el mensaje “Por favor. Pulse en los puntos”, aparecerán 3. Pulsar sobre ellos.
- 3) Ajustar el caudal deseado, que deberá estar comprendido entre 160l/h y 800l/h, mediante la válvula de compuerta, visualizando el mismo en la escala del rotámetro.
- 4) Realizar un cierre brusco mediante la válvula de esfera. Anotar el valor de la presión inicial que aparecerá en la pantalla. Acto seguido, aparecerá el tiempo de cierre y la presión máxima producida, anotarlos. Tocar la pantalla, mostrará el mensaje “Coloque antes la válvula en OPEN”. Abrir la válvula de esfera, se visualizará la onda.
- 5) Repetir el experimento para diferentes caudales y tiempos de cierre, probando con cierres más lentos y más rápidos, y rellenar la siguiente tabla:



Representar en una misma gráfica  $\Delta P_{\text{teórico}}$  y  $\Delta P_{\text{exp}}$  en función del tiempo de cierre, para cada uno de los caudales.

¿Qué conclusión se puede extraer de la gráfica anterior?

Representar en una misma gráfica, la evolución ideal de la presión en el captador y la obtenida experimentalmente. Comentar las diferencias y los posibles fenómenos involucrados.

Datos:  $a=1400\text{m/s}$        $L= 63.66\text{m}$   
 $\rho =1000\text{kg/m}^3$        $R=11\text{mm}$   
 $E_{\text{Cu}}=1.1 \times 10^5\text{MPa}$        $e=1\text{mm}$

## 7. Estudio económico

El presente capítulo está dedicado a detallar los costes derivados de la realización del proyecto tanto de material, como de personal.

En la tabla 7.1, se muestran todos los elementos que han sido necesarios para construir la instalación. Junto a cada elemento aparecen el número de unidades que se han utilizado y el precio unitario de cada una de ellas.

Componente	Precio unitario €	Unidades	TOTAL €
Bomba circuladora electrónica Grundfos ALPHA1	220.22	1	220.22
Collarín d=22mm	13.43	1	13.43
Captador de presión	150	1	150
Válvula de esfera M-H ¾"	4.84	1	4.84
Válvula de compuerta ¾"	7.74	2	15.48
Rotámetro Tecfluid PT-314-1600	164.20	1	164.20
Depósito PVC	295	1	295
Abrazaderas DIN3015 d=35mm	4.24	4	16.94
Banco y pletinas	507	1	507
Estructura pentagonal	2.95	1	2.95
Rollo neopreno	32.5	1	32.5
Pantalla	172	1	172
Otros (racores, codos, juntas)			112.09

Tipo de tubería	Precio/m	Nº de m	TOTAL €
Tubería recta de cobre d=22mm	7.16	2	14.32
Tubería en rollo de cobre d=22mm	7.14	75	535.43
Tubería recta de cobre d=35mm	22.4	2	44.8

<b>TOTAL INSTALACIÓN</b>	<b>2301.2 €</b>
--------------------------	-----------------

Tabla 7.1 Resumen de los costes asociados al material

Al coste derivado de los materiales, hay que sumarle el coste asociado a la mano de obra. En este caso los encargados han sido el alumno y el personal del laboratorio. En la tabla 7.2 se ofrece un cuadro resumen con las horas invertidas en la realización del proyecto y el coste de todas ellas. Se ha supuesto un coste por hora de 10€.

Concepto	Coste / h	Nº de h	TOTAL €
Alumno	10	300	3000
Técnico de laboratorio	10	100	1000

<b>TOTAL PERSONAL</b>	<b>4000€</b>
-----------------------	--------------

*Tabla 7.2 Costes derivados del personal*

Al gasto procedente del material y de la mano de obra, habría que sumarle el gasto de suministro de agua y electricidad. Se ha considerado oportuno realizar una estimación de los mismos, del 1% del coste del material.

Finalmente, el coste total del proyecto se presenta en la tabla 7.3.

Concepto	Coste
Material	2301.2
Personal	4000
Suministros	23

<b>TOTAL PROYECTO</b>	<b>6324.2€</b>
-----------------------	----------------

*Tabla 7.3 Coste total del proyecto*

Cabe destacar que el coste económico no ha sido un impedimento a la hora de la realización del proyecto, ya que no existía límite de presupuesto. No obstante, se ha intentado construirlo de la forma más eficiente posible.

## 8. Conclusiones

Para concluir, se presentan las conclusiones extraídas de la realización del proyecto.

A nivel profesional, ha sido un proyecto muy enriquecedor ya que en él, se han podido aplicar directamente conocimientos de diferentes áreas de la ingeniería. Por otro lado, se ha abarcado todo el proceso de diseño, construcción y puesta a punto de la instalación por lo que ha resultado todo un reto ya que en todas las etapas han ido surgiendo errores que ha habido que subsanar para poder continuar. Como conclusión más importante en este aspecto, se extrae la importancia que tiene realizar un buen diseño para evitar, en la medida de lo posible, errores en etapas posteriores.

En cuanto a las conclusiones extraídas de la instalación:

- ✓ Se ha conseguido construir una instalación donde se produce golpe de ariete, cumpliéndose así el objetivo principal. Ha sido un éxito ya que no sólo se produce el fenómeno sino que además es perfectamente audible y visible. Al cerrar rápidamente la válvula de esfera, el golpe que se produce es capaz de provocar el movimiento del banco, incluso con los frenos de las ruedas puestos, y se oye el sonido que provoca el movimiento de la onda a lo largo de la tubería.
- ✓ Como ya se anticipó en el apartado 4.3, el depósito reventó y fue necesario sustituirlo. Debido a la ubicación del mismo, se tuvo que desmontar prácticamente la instalación completa. En ese momento se evidenció que la instalación había sido bien diseñada, ya que el tiempo que llevó desmontarla y volver a montarla fue muy reducido. Con esto se cumple el objetivo de diseñar una instalación fácilmente desmontable para futuras tareas de mantenimiento.
- ✓ Al realizar los diversos ensayos, se visualiza perfectamente la onda que se produce. Se puede apreciar el amortiguamiento progresivo de la misma.
- ✓ Tras varios experimentos, la válvula de compuerta y el collarín comenzaron a tener fugas por lo que necesario apretar las respectivas tuercas. Esto implica, que el golpe de ariete ya comenzó a dañar ciertos elementos, por lo que es muy posible que haya que realizar un mantenimiento bastante frecuente de la instalación.

Respecto a las conclusiones derivadas de los ensayos realizados:

- ✓ Se comprobó que para cierres rápidos, es decir, donde se produce el golpe de ariete, el valor de la sobrepresión experimental es bastante parecida a la calculada de forma teórica.
- ✓ Sin embargo, para cierres lentos, la sobrepresión experimental difiere bastante de la calcula teóricamente mediante el criterio de Allievi. Por este

motivo, es necesario un estudio más profundo de los fenómenos involucrados para poder validar dicho criterio.

- ✓ Se ha observado la presencia del fenómeno de la cavitación conjuntamente con el del golpe de ariete cuando el decremento de presión es grande. Este hecho complica bastante el estudio del golpe de ariete de forma independiente porque se produce una ralentización de la velocidad de la onda de presión. Por tanto, para el estudio del golpe de ariete sería recomendable tratar de evitar la aparición de cavitación.

## 8.1 Posibles líneas de acción futuras

En primer lugar, se debería colocar un purgador en la parte superior de la instalación. Para ello, sería necesario colocar un collarín en la tubería superior horizontal, que conecta el rotámetro con el depósito, y roscar en la toma un purgador. De ese modo se evitaría utilizar la rosca del rotámetro como purgador y se garantizaría la ausencia de aire en la instalación.

Dado que a lo largo de la instalación existen pérdidas por fricción, pérdidas en el rotámetro... sería interesante poder cuantificarlas, para determinar con mayor exactitud el punto de funcionamiento.

Otra de las posibles acciones futuras sería colocar una caja de mandos para la bomba con el interruptor de la misma. A lo largo del proyecto, se enchufaba directamente a la corriente. Por otro lado, la fuente de alimentación de la pantalla también convendría que estuviese en el interior de una caja, con el fin de aislarla del posible contacto con el agua.

Para solucionar el problema de la visualización cortada de la onda para cierres rápidos, existen dos posibles soluciones. Una de ellas consistiría en comprar un procesador más potente, con mayor capacidad de memoria, que permita bajar el tiempo de muestreo sin perder tiempo de medida. La otra opción sería alejar el presostato de la válvula de esfera. Esta última solución es más rápida y económica. A continuación se muestra el cálculo de la distancia a la que debería colocarse el presostato de la válvula de esfera:

Puesto que la velocidad teórica de la onda es de  $c=1191\text{m/s}$  y el tiempo de muestreo es de  $7\text{ms}$ , la distancia a la que debería colocarse es de  $8.337\text{m}$ .

Para determinar experimentalmente la velocidad y compararla con la teórica, bastaría con colocar otro presostato en la instalación.

Debido a la existencia de cavitación, podría incluirse un trozo de tubería transparente cercano a la válvula de esfera, con el fin de poder visualizar el fenómeno y la conversión del líquido a vapor.

Para poder visualizar la parte negativa de la onda, habría que estudiar cómo subir la presión de la instalación sin dañarla.

Por último, la última medida que se podría llevar a cabo sería conectar un servomotor a la válvula de esfera, para poder realizar los cierres a velocidad constante y elegir el tiempo de cierre. Esta mejora permitiría obtener quizás medidas más precisas, pero eliminaría la parte manual del experimento, que también se considera interesante.



## 9. Bibliografía

### Libros

[L1] Frío Industrial: Mantenimiento y servicios a la producción, volumen 1. Ricard Giménez López. Marcombo. 2005.

[L2] MANCEBO DEL CASTILLO, Uriel. Teoría del Golpe de Ariete y sus aplicaciones en la ingeniería hidráulica. Noriega editores. 1987.

[L3] IV Reunión Nacional sobre sistemas de captación de lluvia. Sociedad mexicana de la ciencia del suelo, colegio de postgraduados en ciencias agrícolas. México. 1997.

### Apuntes, Proyectos Fin de Carrera y tesis

[AP1] Apuntes de la asignatura de Ingeniería Fluidomecánica. EII Universidad de Valladolid.

[AP2] El mayor accidente de una central hidroeléctrica de Rusia. Universidad Tecnológica de Panamá. Segundo semestre 2011.

[AP3] Primeras Jornadas Internacionales sobre bombas manuales y de ariete. Luis Lorenzo Gutiérrez, José Antonio Mancebo Piqueras. Universidad Politécnica de Madrid.

[PFC1] Estudio teórico y experimental de la bomba de ariete. Francisco Javier Acitores Martínez. Universidad Carlos III de Madrid. Febrero 2012.

[T1] El fenómeno del golpe de ariete: causas, efectos y prevención. Ángel Piñero Lugo, Universidad de Puerto Rico. 2014.

### Webs

[w1] <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/waterhammer-cause-location.html>

[w2] <http://eupro.jimdo.com/noticias-1/poco-probable-hallar-vivos-a-64-desaparecidos-en-central-hidroel%C3%A9ctrica-rusa/>

[w3] [http://product-selection.grundfos.com/product-detail.catalogue.product%20families.alpha.html?from\\_suid=147446811271205412834131339587&pumpsystemid=144067417&qcid=72405744](http://product-selection.grundfos.com/product-detail.catalogue.product%20families.alpha.html?from_suid=147446811271205412834131339587&pumpsystemid=144067417&qcid=72405744)

[w4] <http://www.genebre.es/>

[w5] <http://www.tecfluid.es/producto.php?id=4&Caudal-Area-variable-Tubo-medidor-plastico-Serie-PT/PS>

[w6] <http://es.slideshare.net/juanorrego2/catlogo-fasten>



## **Anexo I-Planos**

D

C

B

A

4

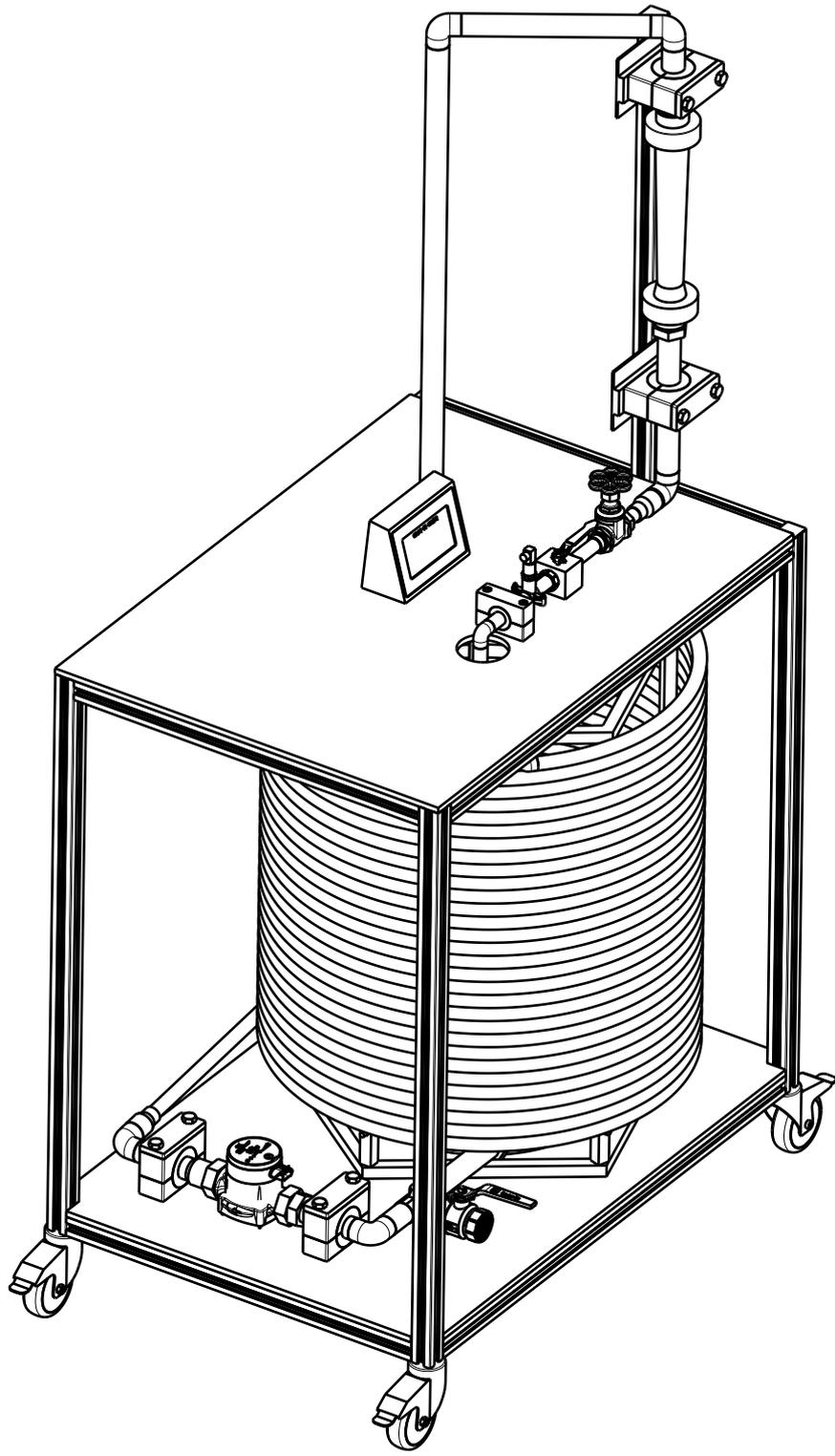
4

3

3

2

2



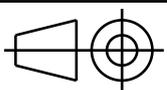
1

1

DESIGNED BY:  
Cynthia  
DATE:  
20/11/2016

CHECKED BY:  
DATE:

SIZE  
A4



TFG:  
Instalación golpe de ariete

Universidad de Valladolid

SCALE  
1:11

DRAWING NUMBER  
Perspectiva izquierda

SHEET  
1/10

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

D

A

D

C

B

A

4

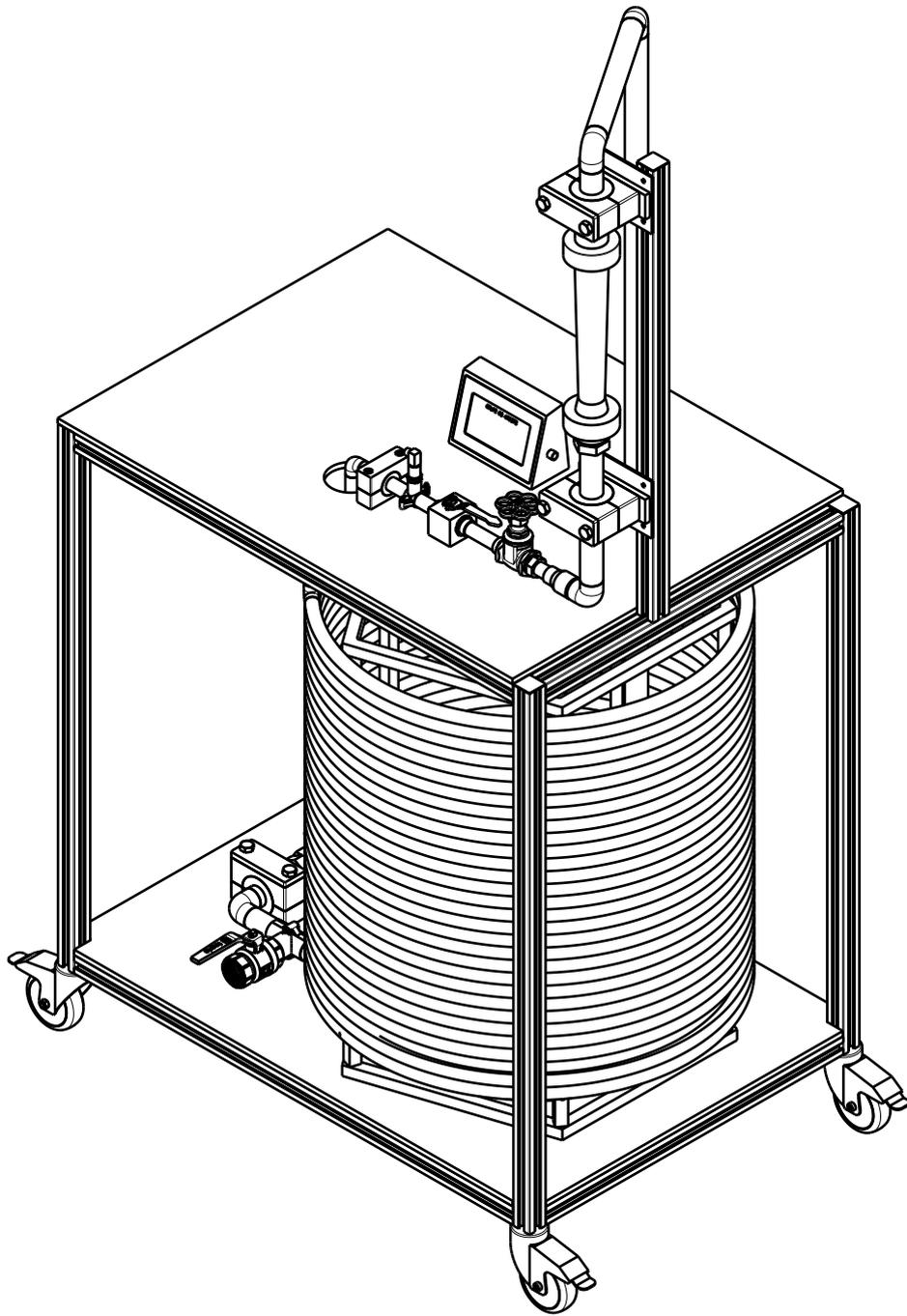
4

3

3

2

2



1

1

DESIGNED BY:  
Cynthia

DATE:  
20/11/2016

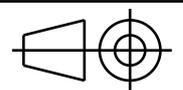
CHECKED BY:

DATE:

TFG:  
Instalación golpe de ariete

Universidad de Valladolid

SIZE  
A4



DRAWING NUMBER  
Perspectiva derecha

SHEET  
2/10

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

D

A

D

C

B

A

4

4

3

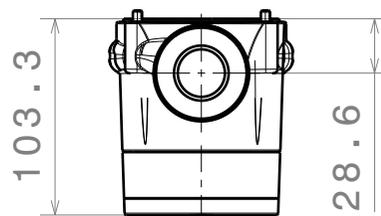
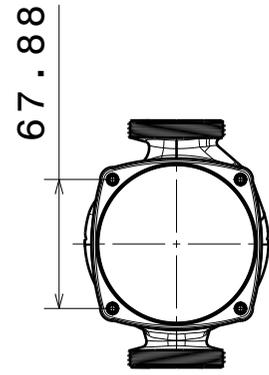
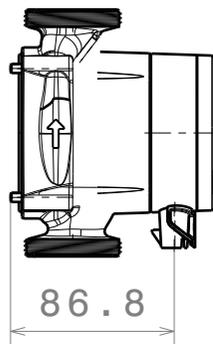
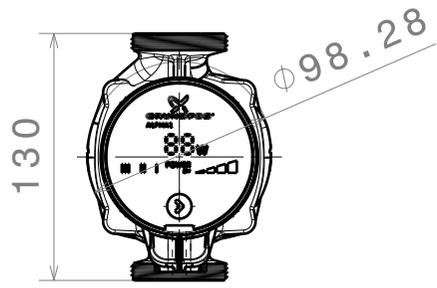
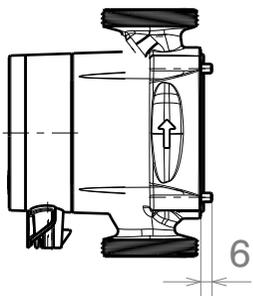
3

2

2

1

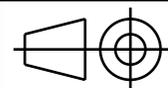
1



DESIGNED BY:  
**Cynthia**  
DATE:  
**27/09/2016**

CHECKED BY:  
DATE:

SIZE  
**A4**



SCALE  
**1:4**

WEIGHT (kg)

**TFG:**  
**Instalación golpe de ariete**

**Universidad de Valladolid**

DRAWING NUMBER  
**Bomba: ALPHA1 25-60 130**

SHEET  
**3/10**

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

This drawing is our property; it can't be reproduced or communicated without our written agreement.

D

A

D

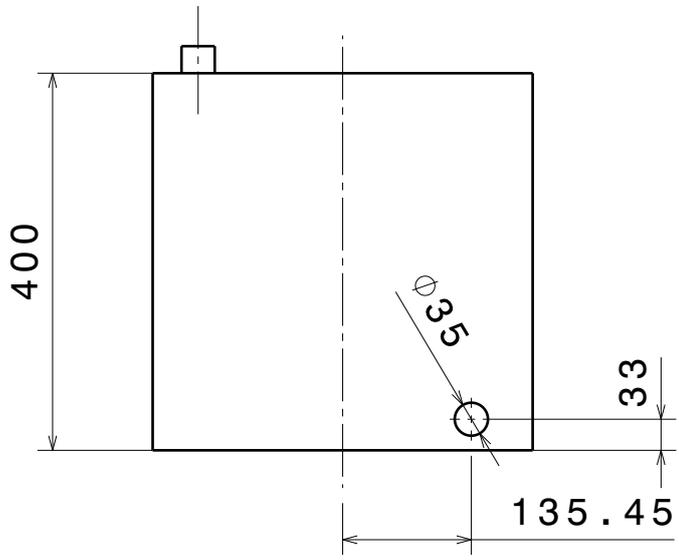
C

B

A

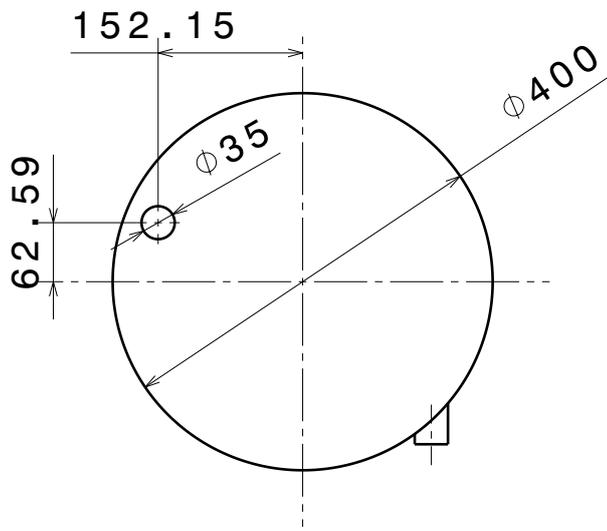
4

4



3

3



2

2

1

1

DESIGNED BY:  
Cynthia  
DATE:  
27/09/2016

CHECKED BY:  
DATE:

SIZE  
A4

SCALE  
1:8

TFG:  
Instalación golpe de ariete

Universidad de Valladolid

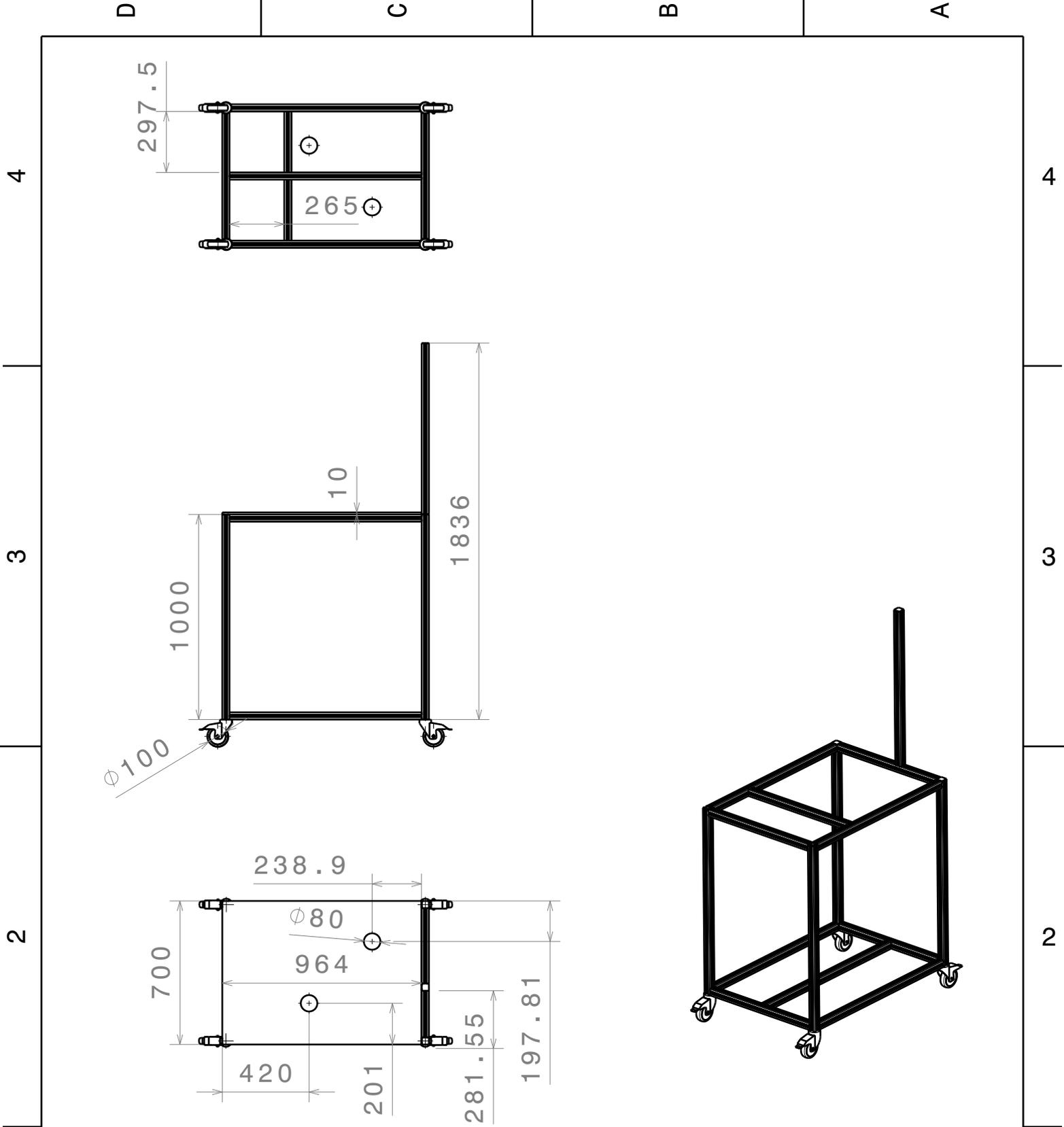
DRAWING NUMBER  
Depósito

SHEET  
4/10

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

D

A

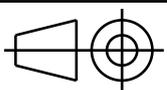


DESIGNED BY:  
Cynthia  
DATE:  
20/11/2016

CHECKED BY:  
DATE:

TFG:  
Instalación golpe de ariete

SIZE  
A4



Universidad de Valladolid

SCALE  
1:25

DRAWING NUMBER  
Banco

SHEET  
5/10

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

D

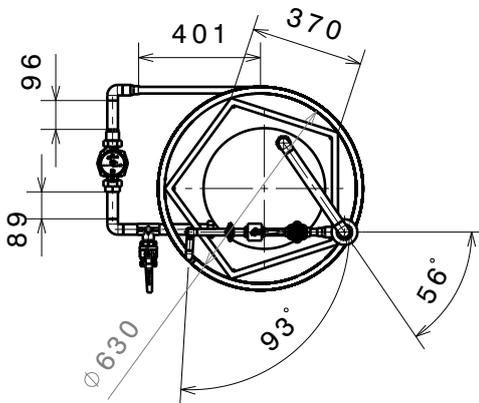
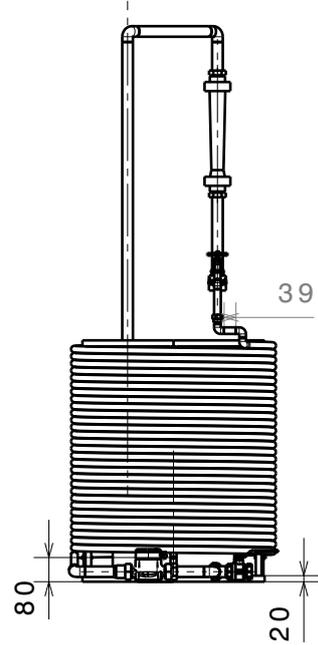
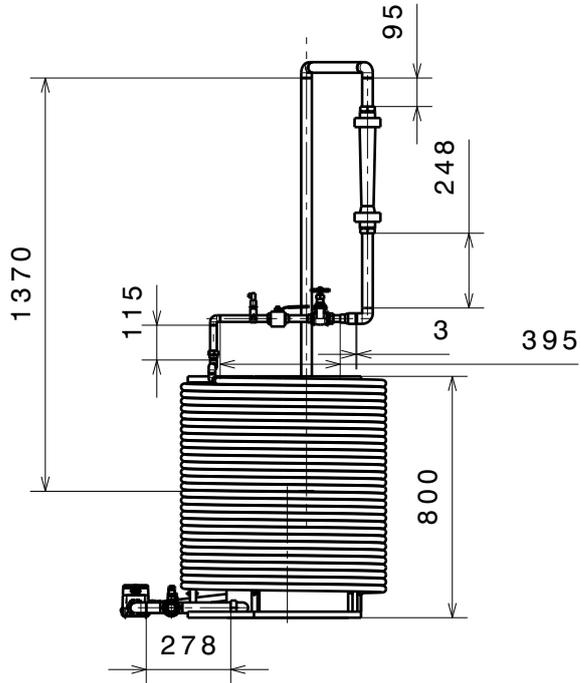
C

B

A

4

4



3

3

2

2

1

1

DESIGNED BY:

Cynthia

DATE:

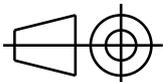
27/09/2016

CHECKED BY:

DATE:

SIZE

A4



TFG:

Instalación golpe de ariete

Universidad de Valladolid

SCALE

1:25

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER

Tuberías

SHEET

6/10

I

-

H

-

G

-

F

-

E

-

D

-

C

-

B

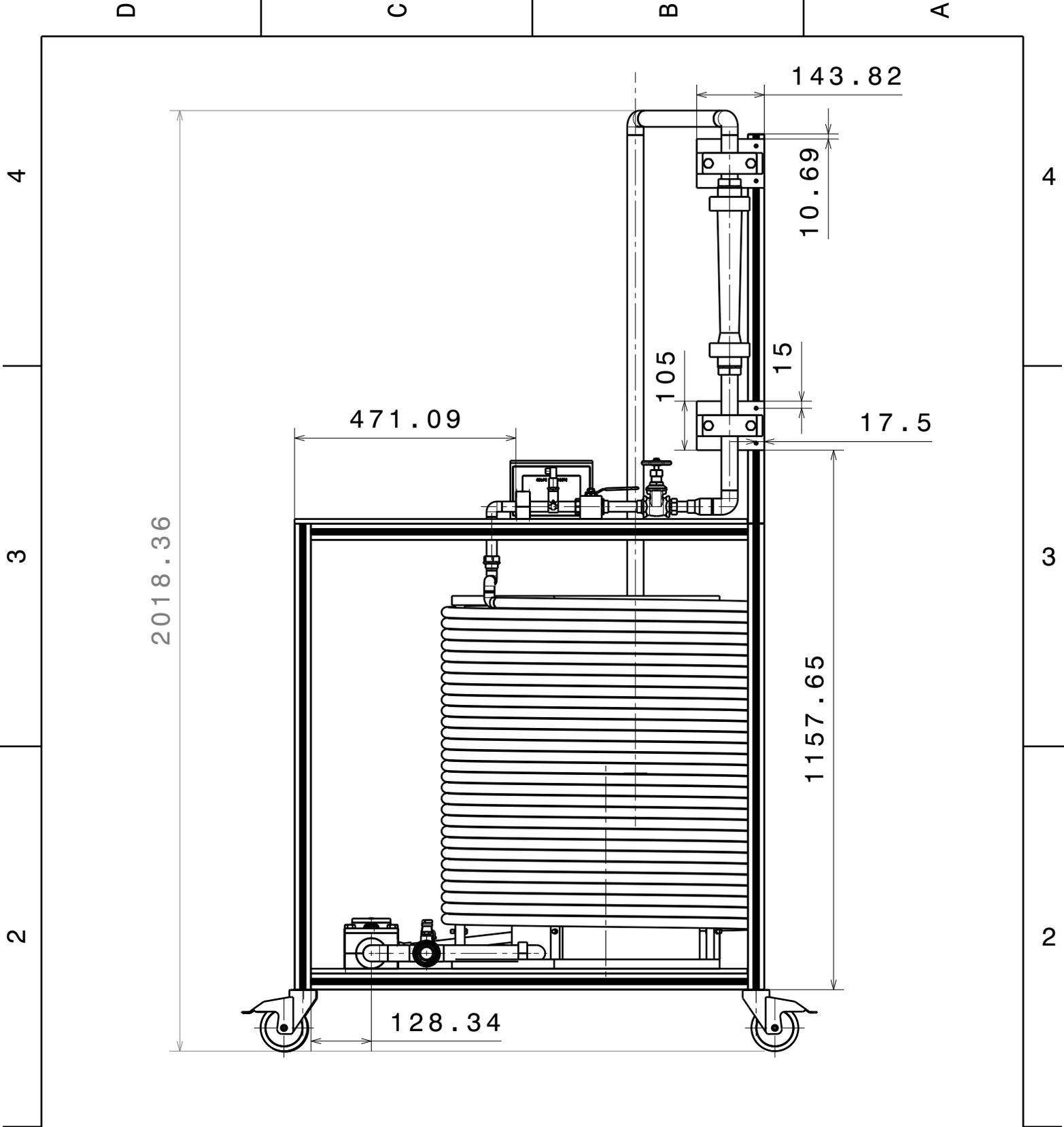
-

A

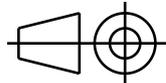
-

D

A



DESIGNED BY:  
Cynthia  
DATE:  
27/09/2016  
CHECKED BY:  
DATE:  
SIZE  
A4



TFG:  
Instalación golpe de ariete

Universidad de Valladolid

SCALE  
1:11

WEIGHT (kg)  
DRAWING NUMBER  
Alzado

SHEET  
7/10

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

D

C

B

A

4

4

3

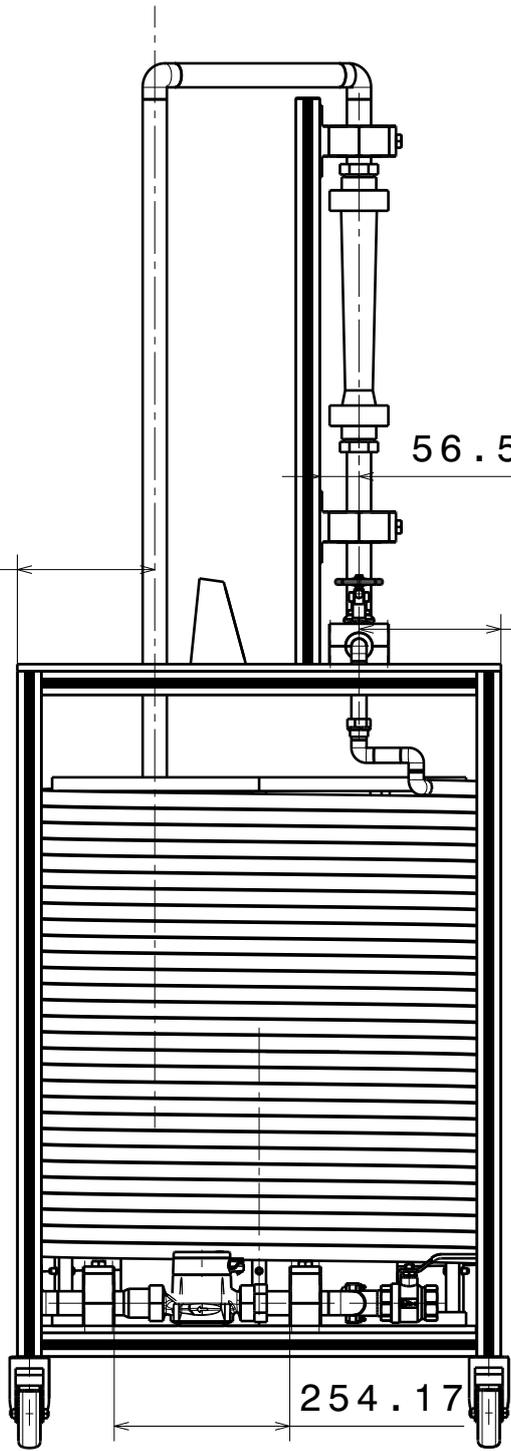
3

2

2

1

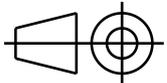
1



DESIGNED BY:  
Cynthia  
DATE:  
27/09/2016

CHECKED BY:  
DATE:

SIZE  
A4



TFG:  
Instalación golpe de ariete

Universidad de Valladolid

SCALE  
1:11

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER  
Vista lateral izquierda

SHEET  
8/10

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

D

A

D

C

B

A

4

4

3

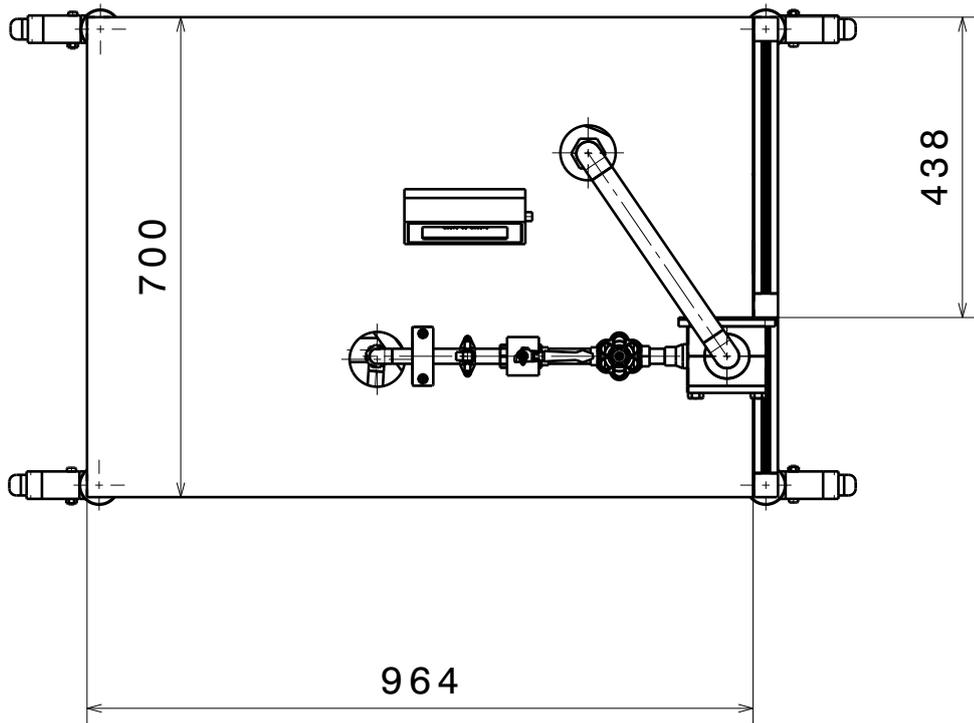
3

2

2

1

1

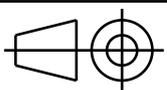


DESIGNED BY:  
Cynthia  
DATE:  
27/09/2016

CHECKED BY:  
DATE:

TFG:  
Instalación golpe de ariete

SIZE  
A4



Universidad de Valladolid

SCALE  
1:11

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER  
Planta

SHEET  
9/10

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

D

A

D

C

B

A

4

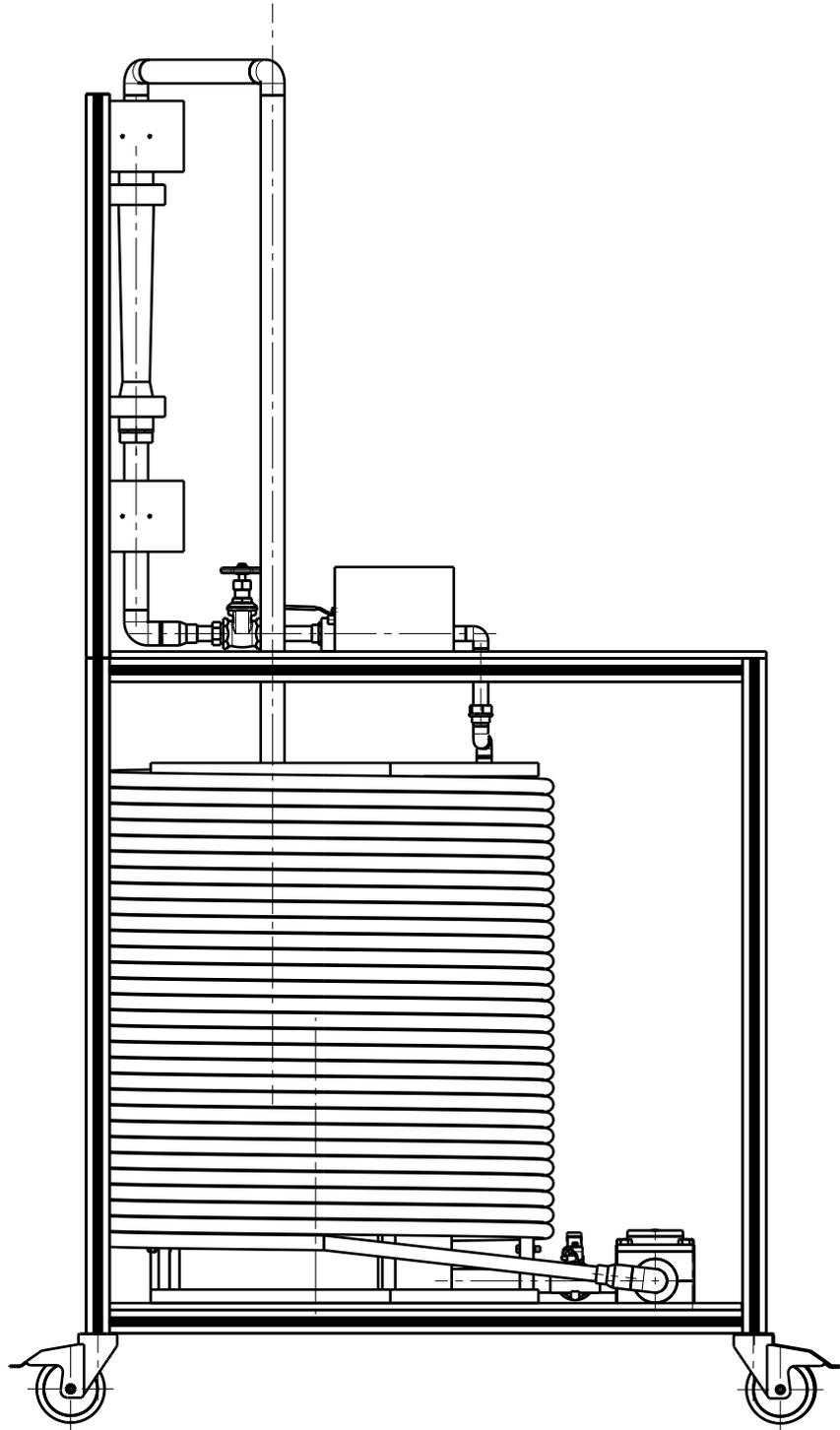
4

3

3

2

2



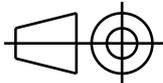
1

1

DESIGNED BY:  
Cynthia  
DATE:  
27/09/2016

CHECKED BY:  
DATE:

SIZE  
A4



TFG:  
Instalación golpe de ariete

Universidad de Valladolid

SCALE  
1:11

WEIGHT (kg)

DRAWING NUMBER  
Alzado posterior

SHEET  
10/10

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-

D

A

**ANEXO II- Manuales de la bomba, del rotámetro y del presostato**

# GRUNDFOS ALPHA1

Instrucciones de instalación y funcionamiento



## Declaración de conformidad

### GB: EC declaration of conformity

We, Grundfos, declare under our sole responsibility that the product GRUNDFOS ALPHA1, to which this declaration relates, is in conformity with these Council directives on the approximation of the laws of the EC member states:

- Low Voltage Directive (2006/95/EC).  
Standard used: EN 60335-2-51:2003.
- EMC Directive (2004/108/EC).  
Standards used: EN 55014-1:2006 and EN 55014-2:1997.
- Ecodesign Directive (2009/125/EC).  
Circulators:  
Commission Regulation Nos 641/2009 and 622/2012.  
Applies only to circulators marked with the energy efficiency index EEI. See the pump nameplate.  
Standards used: EN 16297-1:2012 and EN 16297-2:2012.

This EC declaration of conformity is only valid when published as part of the Grundfos installation and operating instructions (publication number 98500744 0114).

### CZ: ES prohlášení o shodě

My firma Grundfos prohlašujeme na svou plnou odpovědnost, že výrobek GRUNDFOS ALPHA1, na nějž se toto prohlášení vztahuje, je v souladu s ustanoveními směrnice Rady pro sblížení právních předpisů členských států Evropského společenství v oblastech:

- Směrnice pro nízkonapěťové aplikace (2006/95/ES).  
Použitá norma: EN 60335-2-51:2003.
- Směrnice pro elektromagnetickou kompatibilitu (EMC) (2004/108/ES).  
Použité normy: EN 55014-1:2006 a EN 55014-2:1997.
- Směrnice o požadavcích na ekodesign (2009/125/ES).  
Oběhová čerpadla:  
Nařízení Komise č. 641/2009 a 622/2012.  
Platí pouze pro oběhová čerpadla s vyznačeným indexem energetické účinnosti EEI. Viz typový štítek čerpadla.  
Použité normy: EN 16297-1:2012 a EN 16297-2:2012.

Toto ES prohlášení o shodě je platné pouze tehdy, pokud je zveřejněno jako součást instalačních a provozních návodů Grundfos (publikace číslo 98500744 0114).

### DE: EG-Konformitätserklärung

Wir, Grundfos, erklären in alleiniger Verantwortung, dass das Produkt GRUNDFOS ALPHA1, auf das sich diese Erklärung bezieht, mit den folgenden Richtlinien des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der EU-Mitgliedsstaaten übereinstimmt:

- Niederspannungsrichtlinie (2006/95/EG).  
Norm, die verwendet wurde: EN 60335-2-51:2003.
- EMV-Richtlinie (2004/108/EG).  
Normen, die verwendet wurden: EN 55014-1:2006 und EN 55014-2:1997.
- Ökodesign-Richtlinie (2009/125/EG).  
Umwälzpumpen:  
Verordnung der EU-Kommission Nr. 641/2009 und 622/2012.  
Gilt nur für Umwälzpumpen, bei denen das Kennzeichen EEI auf dem Typenschild aufgeführt ist. EEI steht für Energieeffizienzindex.  
Normen, die verwendet wurden: EN 16297-1:2012 und EN 16297-2:2012.

Diese EG-Konformitätserklärung gilt nur, wenn sie in Verbindung mit der Grundfos Montage- und Betriebsanleitung (Veröffentlichungsnummer 98500744 0114) veröffentlicht wird.

### GR: Δήλωση συμμόρφωσης EC

Εμείς, η Grundfos, δηλώνουμε με αποκλειστικά δική μας ευθύνη ότι τα προϊόντα GRUNDFOS ALPHA1, στα οποία αναφέρεται η παρούσα δήλωση, συμμορφώνονται με τις εξής Οδηγίες του Συμβουλίου περί προσέγγισης των νομοθεσιών των κρατών μελών της ΕΕ:

- Οδηγία χαμηλής τάσης (2006/95/EC).  
Πρότυπο που χρησιμοποιήθηκε: EN 60335-2-51:2003.
- Οδηγία Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας (EMC) (2004/108/EC).  
Πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν: EN 55014-1:2006 και EN 55014-2:1997.
- Οδηγία Οικολογικού Σχεδιασμού (2009/125/EC).  
Κυκλοφορητές:  
Κανονισμός Αρ. 641/2009 και 622/2012 της Επιτροπής.  
Ισχύει μόνο για κυκλοφορητές που φέρουν τον δείκτη ενεργειακής απόδοσης EEI. Βλέπε πινακίδα κυκλοφορητή.  
Πρότυπα που χρησιμοποιήθηκαν: EN 16297-1:2012 και EN 16297-2:2012.

Αυτή η δήλωση συμμόρφωσης EC ισχύει μόνον όταν συνοδεύει τις οδηγίες εγκατάστασης και λειτουργίας της Grundfos (κωδικός εντύπου 98500744 0114).

### BG: ЕС декларация за съответствие

Ние, фирма Grundfos, заявяваме с пълна отговорност, че продукта GRUNDFOS ALPHA1, за който се отнася настоящата декларация, отговаря на следните указания на Съвета за уеднаквяване на правните разпоредби на държавите членки на ЕС:

- Директива за нисковолтови системи (2006/95/EC).  
Приложен стандарт: EN 60335-2-51:2003.
- Директива за електромагнитна съвместимост (2004/108/EC).  
Приложени стандарти: EN 55014-1:2006 и EN 55014-2:1997.
- Директива за екодизайн (2009/125/EC).  
Циркулатори:  
Наредба No 641/2009 и 622/2012 на Европейската комисия.  
Прилага се само за циркулатори, маркирани с индекс за енергийна ефективност EEI. Вижте табелата с данни на помпата.  
Приложени стандарти: EN 16297-1:2012 и EN 16297-2:2012.

Тази ЕС декларация за съответствие е валидна само когато е публикувана като част от инструкциите за монтаж и експлоатация на Grundfos (номер на публикацията 98500744 0114).

### DK: EF-overensstemmelseserklæring

Vi, Grundfos, erklærer under ansvar at produktet GRUNDFOS ALPHA1 som denne erklæring omhandler, er i overensstemmelse med disse af Rådets direktiver om indbyrdes tilnærmelse til EF-medlemsstaternes lovgivning:

- Lavspændingsdirektivet (2006/95/EF).  
Anvendt standard: EN 60335-2-51:2003.
- EMC-direktivet (2004/108/EF).  
Anvendte standarder: EN 55014-1:2006 og EN 55014-2:1997.
- Ecodesigndirektivet (2009/125/EF).  
Cirkulationspumper:  
Kommissionens forordning nr. 641/2009 og 622/2012.  
Gælder kun cirkulationspumper der er mærket med energieffektivitetsindeks EEI. Se pumpens typeskilt.  
Anvendte standarder: EN 16297-1:2012 og EN 16297-2:2012.

Denne EF-overensstemmelseserklæring er kun gyldig når den publiceres som en del af Grundfos-monterings- og driftsinstruktionen (publikationsnummer 98500744 0114).

### EE: EL vastavusdeklaratsioon

Meie, Grundfos, deklareerime enda ainuvastutusel, et toode GRUNDFOS ALPHA1, mille kohta käesolev juhend käib, on vastavuses EÜ Nõukogu direktiividega EMÜ liikmesriikide seaduste ühitamise kohta, mis käsitlevad:

- Madalpinge direktiiv (2006/95/EC).  
Kasutatud standard: EN 60335-2-51:2003.
- Elektromagnetiline ühilduvus (EMC direktiiv) (2004/108/EC).  
Kasutatud standardid: EN 55014-1:2006 ja EN 55014-2:1997.
- Ökodesaini direktiiv (2009/125/EC).  
Ringluspumbad:  
Komisjoni määrus nr 641/2009 ja 622/2012.  
Rakendub ainult ringluspumpadele, mis on tähistatud energiatõhususe märgistusega EEI. Vt pumba andmeplaat.  
Kasutatud standardid: EN 16297-1:2012 ja EN 16297-2:2012.

Käesolev EL-i vastavusdeklaratsioon kehtib ainult siis, kui see avaldatakse Grundfosi paigaldus- ja kasutusjuhendi (avaldamisnumber 98500744 0114) osana.

### ES: Declaración CE de conformidad

Nosotros, Grundfos, declaramos bajo nuestra propia responsabilidad que el producto GRUNDFOS ALPHA1, al cual se refiere esta declaración, está conforme con las Directivas del Consejo en la aproximación de las leyes de los Estados Miembros del EM:

- Directiva de Baja Tensión (2006/95/CE).  
Norma aplicada: EN 60335-2-51:2003.
- Directiva EMC (2004/108/CE).  
Normas aplicadas: EN 55014-1:2006 y EN 55014-2:1997.
- Directiva sobre diseño ecológico (2009/125/CE).  
Bombas circuladoras:  
Reglamento de la Comisión nº 641/2009 y 622/2012.  
Aplicable únicamente a las bombas circuladoras marcadas con el índice de eficiencia energética IEE. Véase la placa de características de la bomba.  
Normas aplicadas: EN 16297-1:2012 y EN 16297-2:2012.

Esta declaración CE de conformidad sólo es válida cuando se publique como parte de las instrucciones de instalación y funcionamiento de Grundfos (número de publicación 98500744 0114).

**FR: Déclaration de conformité CE**

Nous, Grundfos, déclarons sous notre seule responsabilité, que le produit GRUNDFOS ALPHA1, auquel se réfère cette déclaration, est conforme aux Directives du Conseil concernant le rapprochement des législations des Etats membres CE relatives aux normes énoncées ci-dessous :

- Directive Basse Tension (2006/95/CE).  
Norme utilisée : EN 60335-2-51:2003.
- Directive Compatibilité Electromagnétique CEM (2004/108/CE).  
Normes utilisées : EN 55014-1:2006 et EN 55014-2:1997.
- Directive sur l'éco-conception (2009/125/CE).  
Circulateurs :  
Règlement de la Commission N° 641/2009 et 622/2012.  
S'applique uniquement aux circulateurs marqués de l'indice de performance énergétique EEI. Voir plaque signalétique du circulateur.  
Normes utilisées : EN 16297-1:2012 et EN 16297-2:2012.

Cette déclaration de conformité CE est uniquement valide lors de sa publication dans la notice d'installation et de fonctionnement Grundfos (numéro de publication 98500744 0114).

**IT: Dichiarazione di conformità CE**

Grundfos dichiara sotto la sua esclusiva responsabilità che il prodotto GRUNDFOS ALPHA1, al quale si riferisce questa dichiarazione, è conforme alle seguenti direttive del Consiglio riguardanti il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri CE:

- Direttiva Bassa Tensione (2006/95/CE).  
Norma applicata: EN 60335-2-51:2003.
- Direttiva EMC (2004/108/CE).  
Norme applicate: EN 55014-1:2006 e EN 55014-2:1997.
- Direttiva Ecodesign (2009/125/CE).  
Circolatori:  
Regolamento della Commissione N. 641/2009 e 622/2012.  
Applicabile solo ai circolatori dotati di indice di efficienza EEI. Vedi la targhetta identificativa del circolatore.  
Norme applicate: EN 16297-1:2012 e EN 16297-2:2012.

Questa dichiarazione di conformità CE è valida solo quando pubblicata come parte delle istruzioni di installazione e funzionamento Grundfos (pubblicazione numero 98500744 0114).

**LT: EB atitikties deklaracija**

Mes, Grundfos, su visa atsakomybe pareiškiame, kad gaminys GRUNDFOS ALPHA1, kuriam skirta ši deklaracija, atitinka šias Tarybos Direktyvas dėl Europos Ekonominės Bendrijos šalių narių įstatymų suderinimo:

- Žemų įtampų direktyva (2006/95/EB).  
Taikomas standartas: EN 60335-2-51:2003.
- EMS direktyva (2004/108/EB).  
Taikomi standartai: EN 55014-1:2006 ir EN 55014-2:1997.
- Ekologinio projektavimo direktyva (2009/125/EB).  
Cirkuliaciniai siurbliai:  
Komisijos reglamentas Nr. 641/2009 ir 622/2012.  
Galiauja tik cirkuliaciniams siurbliams, pažymėtiems energijos efektyvumo indeksu EEI. Žr. siurblio vardinę plokštelę.  
Taikomi standartai: EN 16297-1:2012 ir EN 16297-2:2012.

Ši EB atitikties deklaracija galioja tik tuo atveju, kai yra pateikta kaip "Grundfos" įrengimo ir naudojimo instrukcijos (leidinio numeris 98500744 0114) dalis.

**NL: EC overeenkomstigheidsverklaring**

Wij, Grundfos, verklaren geheel onder eigen verantwoordelijkheid dat het product GRUNDFOS ALPHA1 waarop deze verklaring betrekking heeft, in overeenstemming is met de Richtlijnen van de Raad in zake de onderlinge aanpassing van de wetgeving van de EG lidstaten betreffende:

- Laagspannings Richtlijn (2006/95/EC).  
Gebruikte norm: EN 60335-2-51:2003.
- EMC Richtlijn (2004/108/EC).  
Gebruikte normen: EN EN 55014-1:2006 en EN 55014-2:1997.
- Ecodesign Richtlijn (2009/125/EC).  
Circulatiepompen:  
Verordening van de Commissie nr. 641/2009 en 622/2012.  
Alleen van toepassing op circulatiepompen gemarkeerd met de energie efficiëntie index EEI. Zie het typeplaatje van de pomp.  
Gebruikte normen: EN 16297-1:2012 en EN 16297-2:2012.

Deze EC overeenkomstigheidsverklaring is alleen geldig wanneer deze gepubliceerd is als onderdeel van de Grundfos installatie- en bedieningsinstructies (publicatienummer 98500744 0114).

**HR: EZ izjava o usklađenosti**

Mi, Grundfos, izjavljujemo pod vlastitom odgovornošću da je proizvod GRUNDFOS ALPHA1, na koji se ova izjava odnosi, u skladu s direktivama ovog Vijeća o usklađivanju zakona država članica EU:

- Direktiva za niski napon (2006/95/EZ).  
Korištena norma: EN 60335-2-51:2003.
- Direktiva za elektromagnetsku kompatibilnost (2004/108/EZ).  
Korištene norme: EN 55014-1:2006 i EN 55014-2:1997.
- Direktiva o ekološkoj izvedbi (2009/125/EZ).  
Optočne crpke:  
Regulativa komisije br. 641/2009 i 622/2012.  
Odnosi se samo na optočne crpke označene indeksom energetske učinkovitosti EEI. Pogledajte natpisnu pločicu crpke.  
Korištene norme: EN 16297-1:2012 i EN 16297-2:2012.

Ova EZ izjava o usklađenosti važeća je jedino kada je izdana kao dio Grundfos montažnih i pogonskih uputa (broj izdanja 98500744 0114).

**LV: EK atbilstības deklarācija**

Sabiedrība GRUNDFOS ar pilnu atbildību dara zināmu, ka produkts GRUNDFOS ALPHA1, uz kuru attiecas šis paziņojums, atbilst šādām Padomes direktīvām par tuvināšanas EK dalībvalstu likumdošanas normām:

- Zema sprieguma direktīva (2006/95/EK).  
Piemērotais standarts: EN 60335-2-51:2003.
- Elektromagnētiskās saderības direktīva (2004/108/EK).  
Piemērotie standarti: EN 55014-1:2006 un EN 55014-2:1997.
- Ekodizaina direktīva (2009/125/EK).  
Cirkulācijas sūkņi:  
Komisijas Regula Nr. 641/2009 un 622/2012.  
Attiecas tikai uz tādiem cirkulācijas sūkņiem, kuriem ir energoefektivitātes indeksa EEI marķējums. Sk. sūkņa pasas datu plāksnītē.  
Piemērotie standarti: EN 16297-1:2012 un EN 16297-2:2012.

Šī EK atbilstības deklarācija ir derīga vienīgi tad, ja ir publicēta kā daļa no GRUNDFOS uzstādīšanas un ekspluatācijas instrukcijām (publikācijas numurs 98500744 0114).

**HU: EK megfeleléségi nyilatkozat**

Mi, a Grundfos, egyedüli felelősséggel kijelentjük, hogy a GRUNDFOS ALPHA1 termék, amelyre jelen nyilatkozik vonatkozik, megfelel az Európai Unió tagállamainak jogi irányelveit összehangoló tanács alábbi előírásainak:

- Kisfeszültségű Direktíva (2006/95/EK).  
Alkalmazott szabvány: EN 60335-2-51:2003.
- EMC Direktíva (2004/108/EK).  
Alkalmazott szabványok: EN 55014-1:2006 és EN 55014-2:1997.
- Környezetbarát tervezésre vonatkozó irányelv (2009/125/EK).  
Keringető szivattyúk:  
Az Európai Bizottság 641/2009. és 622/2012. számú rendelete.  
Kizárólag azokra a keringető szivattyúkra vonatkozik, amelyek adattábláján szerepel az EEI. energiahatékonysági index.  
Alkalmazott szabványok: EN 16297-1:2012 és EN 16297-2:2012.

Ez az EK megfeleléségi nyilatkozat kizárólag akkor érvényes, ha Grundfos telepítési és üzemeltetési utasítás (kiadvány szám 98500744 0114) részeként kerül kiadásra.

**UA: Декларация відповідності ЄС**

Компанія Grundfos заявляє про свою виключну відповідальність за те, що продукт GRUNDFOS ALPHA1, на який поширюється дана декларація, відповідає таким рекомендаціям Ради з уніфікації правових норм країн - членів ЄС:

- Низька напруга (2006/95/ЄС).  
Стандарти, що застосовувалися: EN 60335-2-51:2003.
- Електромагнітна сумісність (2004/108/ЄС).  
Стандарти, що застосовувалися: EN 55014-1:2006 та EN 55014-2:1997.
- Директива з екодизайну (2009/125/ЄС).  
Циркулятори:  
Регламент Комісії № 641/2009 та 622/2012.  
Застосовується тільки для циркуляторів, позначених індексом енергоефективності EEI. Див. заводську табличку на насосі.  
Стандарти, що застосовувалися: EN 16297-1:2012 та EN 16297-2:2012.

Ця декларація відповідності ЄС дійсна тільки в тому випадку, якщо публікується як частина інструкцій Grundfos з монтажу та експлуатації (номер публікації 98500744 0114).

**PL: Deklaracja zgodności WE**

My, Grundfos, oświadczamy z pełną odpowiedzialnością, że nasze wyroby GRUNDFOS ALPHA1, których deklaracja niniejsza dotyczy, są zgodne z następującymi wytycznymi Rady d/s ujednolicenia przepisów prawnych krajów członkowskich WE:

- Dyrektywa Niskonapięciowa (LVD) (2006/95/WE). Zastosowana norma: EN 60335-2-51:2003.
- Dyrektywa EMC (2004/108/WE). Zastosowana norma: EN 55014-1:2006 oraz EN 55014-2:1997.
- Dyrektywa Ekoprojektowa (2009/125/WE). Pompy obiegowe: Rozporządzenie Komisji (WE) Nr 641/2009 oraz 622/2012. Dotyczy tylko pomp obiegowych oznaczonych sprawnością energetyczną EEI. Patrz tabliczka znamionowa na pompie. Zastosowane normy: EN 16297-1:2012 oraz EN 16297-2:2012.

Deklaracja zgodności WE jest ważna tylko i wyłącznie wtedy kiedy jest opublikowana przez firmę Grundfos i umieszczona w instrukcji montażu i eksploatacji (numer publikacji 98500744 0114).

**RO: Declarație de conformitate CE**

Noi, Grundfos, declarăm pe propria răspundere că produsele GRUNDFOS ALPHA1, la care se referă această declarație, sunt în conformitate cu aceste Directive de Consiliu asupra armonizării legilor Statelor Membre CE:

- Directiva Tensiune Joasă (2006/95/CE). Standard utilizat: EN 60335-2-51:2003.
- Directiva EMC (2004/108/CE). Standarde utilizate: EN 55014-1:2006 și EN 55014-2:1997.
- Directiva Ecodesign (2009/125/CE). Circulatorii: Regulamentul Comisiei nr. 641/2009 și 622/2012. Se aplică numai pomelor de circulație marcate cu indexul de eficiență energetică EEI. Vezi plăcuța de identificare a pompei. Standarde utilizate: EN 16297-1:2012 și EN 16297-2:2012.

Această declarație de conformitate CE este valabilă numai când este publicată ca parte a instrucțiunilor Grundfos de instalare și funcționare (număr publicație 98500744 0114).

**SI: ES izjava o skladnosti**

V Grundfosu s polno odgovornostjo izjavljamo, da so naši izdelki GRUNDFOS ALPHA1, na katere se ta izjava nanaša, v skladu z naslednjimi direktivami Sveta o približevanju zakonodaje za izenačevanje pravnih predpisov držav članic ES:

- Direktiva o nizki napetosti (2006/95/ES). Uporabljena norma: EN 60335-2-51:2003.
- Direktiva o elektromagnetni združljivosti (EMC) (2004/108/ES). Uporabljeni normi: EN 55014-1:2006 in EN 55014-2:1997.
- Eco-design direktiva (2009/125/ES). Črpalke: Uredba Komisije št. 641/2009 in 622/2012. Velja samo za obtočne črpalke označene z indeksom energetske učinkovitosti EEI. Poglejte napisno ploščico črpalke. Uporabljeni normi: EN 16297-1:2012 in EN 16297-2:2012.

ES izjava o skladnosti velja samo kadar je izdana kot del Grundfos instalacije in navodil delovanja (publikacija številka 98500744 0114).

**FI: EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus**

Me, Grundfos, vakuutamme omalla vastuullamme, että tuote GRUNDFOS ALPHA1, jota tämä vakuutus koskee, on EY:n jäsenvaltioiden lainsäädännön yhdenmukaistamiseen tähtäävien Euroopan neuvoston direktiivien vaatimusten mukainen seuraavasti:

- Pienjännitedirektiivi (2006/95/EY). Sovellettu standardi: EN 60335-2-51:2003.
- EMC-direktiivi (2004/108/EY). Sovellettavat standardit: EN 55014-1:2006 ja EN 55014-2:1997.
- Ekologista suunnittelua koskeva direktiivi (2009/125/EY). Kiertovesipumput: Komission asetus (EY) N:o 641/2009 ja 622/2012. Koskee vain kiertovesipumppuja, jotka on merkitty energiatehokkuusindeksillä EEI. Ks. pumpun tyyppikilpi. Sovellettavat standardit: EN 16297-1:2012 ja EN 16297-2:2012.

Tämä EY-vaatimustenmukaisuusvakuutus on voimassa vain, kun se julkaistaan osana Grundfosin asennus- ja käyttöohjeita (julkaisun numero 98500744 0114).

**PT: Declaração de conformidade CE**

A Grundfos declara sob sua única responsabilidade que o produto GRUNDFOS ALPHA1, ao qual diz respeito esta declaração, está em conformidade com as seguintes Directivas do Conselho sobre a aproximação das legislações dos Estados Membros da CE:

- Directiva Baixa Tensão (2006/95/CE). Norma utilizada: EN 60335-2-51:2003.
- Directiva EMC (compatibilidade electromagnética) (2004/108/CE). Normas utilizadas: EN 55014-1:2006 e EN 55014-2:1997.
- Directiva de Concepção Ecológica (2009/125/CE). Circuladores: Disposição Regulamentar da Comissão n.º 641/2009 e 622/2012. Aplica-se apenas a circuladores marcados com o Índice de Eficiência Energética EEI. Ver chapa de características do circulador. Normas utilizadas: EN 16297-1:2012 e EN 16297-2:2012.

Esta declaração de conformidade CE é apenas válida quando publicada como parte das instruções de instalação e funcionamento Grundfos (número de publicação 98500744 0114).

**SK: Prehlásenie o konformite ES**

My firma Grundfos prehlasujeme na svoju plnú zodpovednosť, že výrobok GRUNDFOS ALPHA1, na ktorý sa toto prehlásenie vzťahuje, je v súlade s ustanovením smernice Rady pre zblíženie právnych predpisov členských štátov Európskeho spoločenstva v oblastiach:

- Smernica pre nízkonapäťové aplikácie (2006/95/ES). Použitá norma: EN 60335-2-51:2003.
- Smernica pre elektromagnetickú kompatibilitu (2004/108/ES). Použité normy: EN 55014-1:2006 a EN 55014-2:1997.
- Smernica o ekodizajne (2009/125/ES). Obehové čerpadlá: Nariadenie Komisie č 641/2009 a 622/2012. Platí iba pre obehové čerpadlá s vyznačeným indexom energetickej účinnosti EEI. Viď typový štítko čerpadla. Použité normy: EN 16297-1:2012 a EN 16297-2:2012.

Toto prehlásenie o konformite ES je platné iba vtedy, ak je zverejnené ako súčasť montážnych a prevádzkových pokynov Grundfos (publikácia číslo 98500744 0114).

**RS: EC deklaracija o usaglašenosti**

Mi, Grundfos, izjavljujemo pod vlastitom odgovornošću da je proizvod GRUNDFOS ALPHA1, na koji se ova izjava odnosi, u skladu sa direktivama Saveta za usklađivanje zakona država članica EU:

- Direktiva niskog napona (2006/95/EC). Korišćen standard: EN 60335-2-51:2003.
- EMC direktiva (2004/108/EC). Korišćeni standardi: EN 55014-1:2006 i EN 55014-2:1997.
- Direktiva o ekološkom projektovanju (2009/125/EC). Cirkulacione pumpe: Propis Komisije br. 641/2009 i 622/2012. Odnosi se samo na cirkulacione pumpe označene indeksom energetske efikasnosti EEI. Pogledajte napisnu pločicu pumpe. Korišćeni standardi: EN 16297-1:2012 i EN 16297-2:2012.

Ova EC deklaracija o usaglašenosti važeća je jedino kada je izdata kao deo Grundfos uputstava za instalaciju i rad (broj izdanja 98500744 0114).

**SE: EG-försäkran om överensstämmelse**

Vi, Grundfos, försäkrar under ansvar att produkten GRUNDFOS ALPHA1, som omfattas av denna försäkran, är i överensstämmelse med rådets direktiv om inbördes närmande till EU-medlemsstaternas lagstiftning, avseende:

- Lågspänningsdirektivet (2006/95/EG). Tillämpad standard: EN 60335-2-51:2003.
- EMC-direktivet (2004/108/EG). Tillämpade standarder: EN 55014-1:2006 och EN 55014-2:1997.
- Ekodesigndirektivet (2009/125/EG). Cirkulationspumpar: Kommissionens förordning nr 641/2009 och 622/2012. Gäller endast cirkulationspumpar märkta med energieffektivitetsindex EEI. Se pumpens typskylt. Tillämpade standarder: EN 16297-1:2012 och EN 16297-2:2012.

Denna EG-försäkran om överensstämmelse är endast giltig när den publiceras som en del av Grundfos monterings- och driftsinstruktion (publikation nummer 98500744 0114).

## TR: EC uygunluk bildirgesi

Grundfos olarak bu beyannameye konu olan GRUNDFOS ALPHA1 ürünlerinin, AB Üyesi Ülkelerin kanunlarını birbirine yaklaştırma üzerine Konsey Direktifleriyle uyumlu olduğunun yalnızca bizim sorumluluğumuz altında olduğunu beyan ederiz:

- Düşük Voltaj Yönetmeliği (2006/95/EC).  
Kullanılan standart: EN 60335-2-51:2003.
  - EMC Direktifi (2004/108/EC).  
Kullanılan standartlar: EN 55014-1:2006 ve EN 55014-2:1997.
  - Çevreye duyarlı tasarım (Ecodesign) Yönetmeliği (2009/125/EC).  
Sirkülasyon pompaları:  
641/2009 ve 622/2012 sayılı Komisyon Yönetmeliği.  
Yalnızca enerji verimlilik endeksi (EEL) ile işaretlenen sirkülasyon pompaları için geçerlidir. Pompa üzerindeki bilgi etiketine bakın.  
Kullanılan standartlar: EN 16297-1:2012 ve EN 16297-2:2012.
- İşbu EC uygunluk bildirgesi, yalnızca Grundfos kurulum ve çalıştırma talimatlarının (basım numarası 98500744 0114) bir parçası olarak basıldığı takdirde geçerlilik kazanmaktadır.

Bjerringbro, 1st August 2013



Svend Aage Kaae  
Technical Director  
Grundfos Holding A/S  
Poul Due Jensens Vej 7  
8850 Bjerringbro, Denmark

Person authorised to compile technical file and  
empowered to sign the EC declaration of conformity.

Traducción de la versión original en inglés.

## CONTENIDO

	Página
<b>1. Símbolos utilizados en este documento</b>	<b>6</b>
<b>2. Descripción general</b>	<b>7</b>
2.1 Ventajas de instalar una bomba GRUNDFOS ALPHA1	7
<b>3. Identificación</b>	<b>8</b>
3.1 Placa de características	8
3.2 Nomenclatura	8
<b>4. Aplicaciones</b>	<b>9</b>
4.1 Tipos de sistema	9
4.2 Líquidos bombeados	9
4.3 Presión del sistema	9
4.4 Humedad relativa del aire (HR)	9
4.5 Clase de protección	9
4.6 Presión de entrada	9
<b>5. Instalación mecánica</b>	<b>10</b>
5.1 Montaje	10
5.2 Posiciones de la caja de control	11
5.3 Cambio de la posición de la caja de control	11
5.4 Aislamiento de la carcasa de la bomba	12
<b>6. Instalación eléctrica</b>	<b>13</b>
<b>7. Panel de control</b>	<b>14</b>
7.1 Elementos del panel de control	14
7.2 Pantalla	14
7.3 Campo luminoso "POWER ON"	14
7.4 Campos luminosos que indican la configuración de la bomba	14
7.5 Pulsador para la configuración de la bomba	14
<b>8. Configuración de la bomba</b>	<b>15</b>
8.1 Configuración de la bomba según el tipo de sistema	15
8.2 Control de la bomba	15
<b>9. Sistemas con válvula de bypass entre las tuberías de alimentación y retorno</b>	<b>16</b>
9.1 Utilidad de la válvula de bypass	16
9.2 Válvula de bypass de accionamiento manual	16
9.3 Válvula de bypass automática (controlada termostáticamente)	16
<b>10. Puesta en marcha</b>	<b>17</b>
10.1 Antes de la puesta en marcha	17
10.2 Purgado de la bomba	17
10.3 Purgado de sistemas de calefacción	17
<b>11. Configuración y rendimiento de la bomba</b>	<b>18</b>
<b>12. Localización de averías</b>	<b>19</b>
<b>13. Datos técnicos y dimensiones de instalación</b>	<b>20</b>
13.1 Datos técnicos	20
13.2 Dimensiones de instalación, GRUNDFOS ALPHA1 XX-40, XX-45, XX-50 y XX-60 (mercados internacionales)	21
13.3 Dimensiones de instalación, GRUNDFOS ALPHA1 XX-40, XX-45 y XX-60 (mercado alemán)	22
13.4 Dimensiones de instalación, GRUNDFOS ALPHA1 XX-40, XX-45 y XX-60 (mercados austríaco y suizo)	23
<b>14. Curvas características</b>	<b>24</b>
14.1 Guía de las curvas de rendimiento	24
14.2 Condiciones de las curvas	24
14.3 Curvas de rendimiento, ALPHA1 XX-40	25
14.4 Curvas de rendimiento, ALPHA1 20-45 N 150	26
14.5 Curvas de rendimiento, ALPHA1 XX-50	27
14.6 Curvas de rendimiento, ALPHA1 XX-60	28
<b>15. Accesorios</b>	<b>29</b>
<b>16. Eliminación</b>	<b>29</b>

**Aviso**

Leer estas instrucciones de instalación y funcionamiento antes de realizar la instalación. La instalación y el funcionamiento deben cumplir con las normativas locales en vigor.

**Aviso**

La utilización de este producto requiere experiencia y conocimiento sobre el mismo. Este producto no debe ser utilizado por personas con capacidades físicas, sensoriales o mentales reducidas, a menos que lo hagan bajo supervisión o hayan recibido instrucciones sobre el uso de este producto de una persona responsable de su seguridad. Los niños no pueden utilizar o jugar con este producto.

**1. Símbolos utilizados en este documento****Aviso**

Si estas instrucciones no son observadas puede tener como resultado daños personales.

**Aviso**

Si no se presta atención a estas instrucciones, puede haber un corto circuito con riesgo de ser dañado o muerte.

Precaución

Si estas instrucciones de seguridad no son observadas puede tener como resultado daños para los equipos.

Nota

Notas o instrucciones que hacen el trabajo más sencillo garantizando un funcionamiento seguro.

## 2. Descripción general

La bomba circuladora GRUNDFOS ALPHA1 ha sido diseñada para hacer circular agua en sistemas de calefacción.

La bomba es apta para los siguiente sistemas:

- sistemas de calefacción por suelo radiante;
- sistemas monotubo;
- sistemas bitubo.

La bomba incorpora un motor de imán permanente y un control de presión diferencial que facilita el ajuste continuo de su rendimiento de acuerdo con los requisitos reales del sistema.

Asimismo, posee un panel de control frontal de fácil uso. Consulte las secciones 3. *Identificación* y 7. *Panel de control*.

### 2.1 Ventajas de instalar una bomba GRUNDFOS ALPHA1

La instalación de una bomba GRUNDFOS ALPHA1 representa:

#### Fácil instalación y puesta en marcha

- La bomba es fácil de instalar.  
En la mayoría de los casos, la bomba se puede poner en marcha sin modificar su configuración, usando la configuración de fábrica.

#### Alto grado de confort

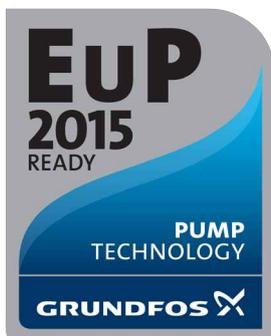
- Las válvulas generan un nivel mínimo de ruido, etc.

#### Bajo consumo de energía

- Bajo consumo de energía en comparación con las bombas circuladoras convencionales.

#### Índice de eficiencia energética (IEE)

- Las Directivas de diseño ecológico para productos que utilizan energía (EuP) y productos relacionados con la energía (ErP) componen un marco legal promulgado por la UE que exige a los fabricantes la reducción del impacto medioambiental de sus productos en términos generales.
- Las bombas circuladoras cumplirán los requisitos establecidos por la Directiva EuP a partir de 2015.



TM05 7745 1613

Fig. 1 Etiqueta EuP-ready

### 3. Identificación

#### 3.1 Placa de características

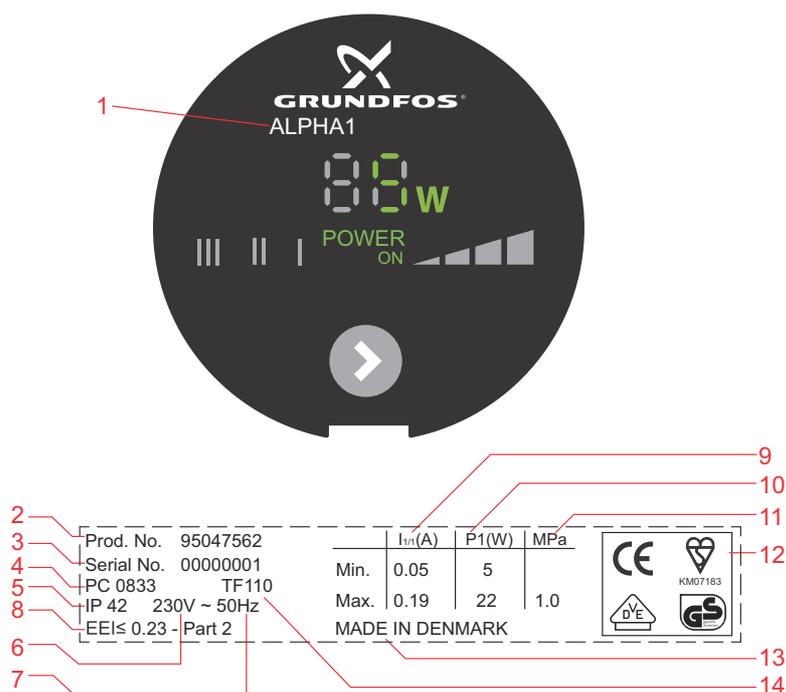


Fig. 2 Ejemplo de placa de características

Pos.	Descripción	Pos.	Descripción
1	Tipo de bomba	8	Índice de eficiencia energética (IEE)
2	Referencia	9	Corriente nominal [A]: Mín.: Corriente mínima [A] Máx.: Corriente máxima [A]
3	Número de serie	10	Potencia de entrada P1 [W]: Mín.: Potencia de entrada mínima P1 [W] Máx.: Potencia de entrada máxima P1 [W]
4	Código de fabricación: Cifras 1 y 2 = año Cifras 3 y 4 = semana	11	Presión máxima del sistema [MPa]
5	Grado de protección	12	Marcado CE y homologaciones
6	Tensión [V]	13	País de fabricación
7	Frecuencia [Hz]	14	Clase de temperatura

#### 3.2 Nomenclatura

Ejemplo	ALPHA1	25	-40	180
Tipo de bomba				
Diámetro nominal (DN) de los puertos de aspiración y descarga [mm]				
Altura máxima [dm]				
: Cuerpo de la bomba en fundición				
N: Cuerpo de la bomba en acero inoxidable				
A: Carcasa de la bomba con separador de aire				
Longitud de puerto a puerto [mm]				

## 4. Aplicaciones

### 4.1 Tipos de sistema

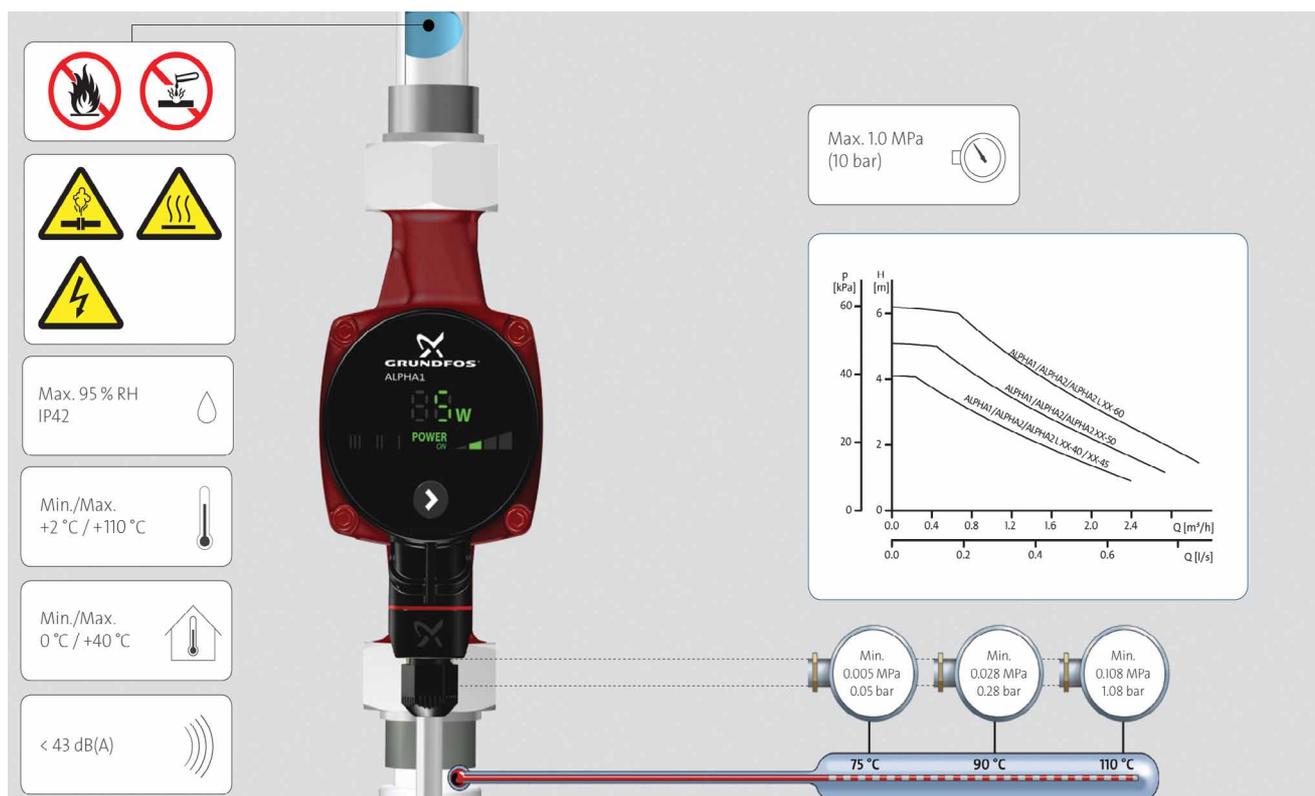


Fig. 3 Líquidos bombeados y condiciones de funcionamiento

La bomba GRUNDFOS ALPHA1 es apta para:

- sistemas con caudales constantes o variables en los que es deseable optimizar el ajuste del punto de trabajo de la bomba;
- sistemas cuya tubería de alimentación presente una temperatura variable.

### 4.2 Líquidos bombeados

Líquidos limpios, ligeros, no agresivos ni explosivos, que no contengan partículas sólidas, fibras o aceites minerales. Consulte la fig. 3.

En sistemas de calefacción, el agua deberá cumplir los requisitos establecidos por las normas generalmente aceptadas en materia de calidad del agua para sistemas de calefacción (como, por ejemplo, la norma alemana VDI 2035).



#### Aviso

**La bomba no debe emplearse para el trasiego de líquidos inflamables, como gasóleo, petróleo u otros líquidos similares.**

### 4.3 Presión del sistema

1,0 MPa (10 bar), máx. Consulte la fig. 3.

### 4.4 Humedad relativa del aire (HR)

95 %, máx. Consulte la fig. 3.

### 4.5 Clase de protección

IP42. Consulte la fig. 3.

### 4.6 Presión de entrada

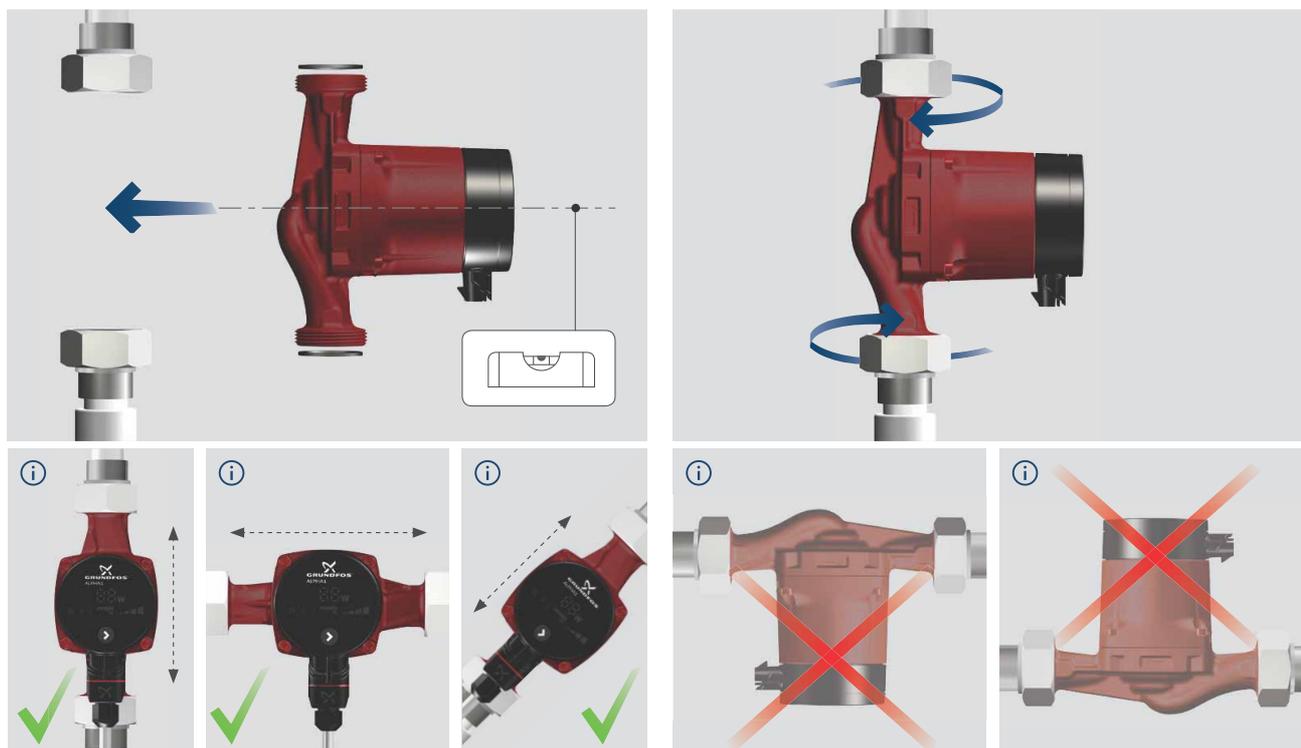
Presión de entrada mínima en relación con la temperatura del líquido. Consulte la fig. 3.

Temperatura del líquido	Presión de entrada mínima	
	[MPa]	[bar]
≤ 75 °C	0,005	0,05
90 °C	0,028	0,28
110 °C	0,108	1,08

TM05 8145 2013

## 5. Instalación mecánica

### 5.1 Montaje



**Fig. 4** Montaje de la bomba GRUNDFOS ALPHA1

Las flechas grabadas en la carcasa de la bomba indican el sentido del caudal a través de la misma.

Consulte la sección 13.2 *Dimensiones de instalación*, GRUNDFOS ALPHA1 XX-40, XX-45, XX-50 y XX-60 (mercados internacionales).

- Instale las dos juntas suministradas una vez que la bomba se encuentre montada en la tubería.
- Instale la bomba con el eje del motor en posición horizontal. Consulte la fig. 4.

## 5.2 Posiciones de la caja de control

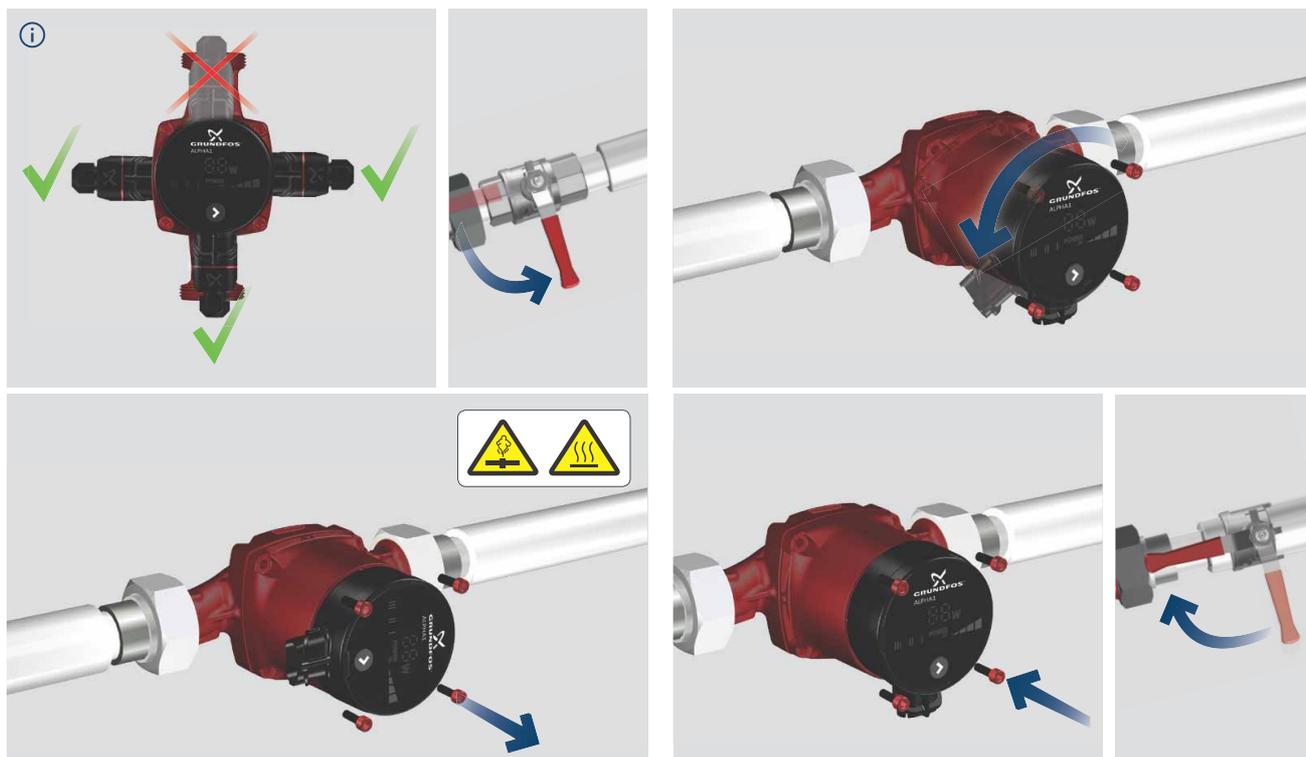


Fig. 5 Posiciones de la caja de control

### Aviso



**Puede que el líquido bombeado se encuentre a una temperatura suficiente como para provocar quemaduras y sometido a una presión elevada. Antes de desenroscar los tornillos, drene el sistema o cierre las válvulas de corte instaladas a ambos lados de la bomba.**

### Precaución

**Llene el sistema con el líquido que se deba bombear o abra las válvulas de corte después de cambiar la posición de la caja de control.**

## 5.3 Cambio de la posición de la caja de control

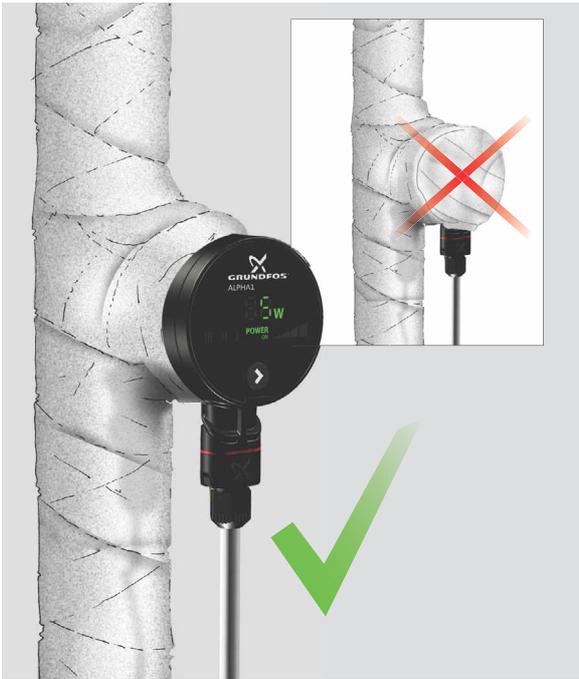
La posición de la caja de control se puede cambiar en pasos de 90°.

Las posiciones posibles/permitidas y el procedimiento que permite cambiar la posición de la caja de control se ilustran en la fig. 5.

Procedimiento:

1. Afloje y extraiga los cuatro tornillos de cabeza hexagonal mientras sujeta el cabezal de la bomba con una llave en T (M4).
2. Gire el cabezal de la bomba hasta la posición deseada.
3. Inserte y apriete los tornillos en orden cruzado.

## 5.4 Aislamiento de la carcasa de la bomba



TM05 8002 1713

**Fig. 6** Aislamiento de la carcasa de la bomba

**Nota** *Deben limitarse las pérdidas de calor a través de la carcasa de la bomba y las tuberías.*

Las pérdidas de calor a través de la carcasa de la bomba y las tuberías se pueden reducir aislando ambas cosas. Consulte la fig. 6.

Como alternativa, pueden colocarse láminas aislantes de poliestireno sobre la bomba. Consulte la sección 15. *Accesorios*.

**Precaución** *No aisle la caja de control ni cubra el panel de control.*

## 6. Instalación eléctrica

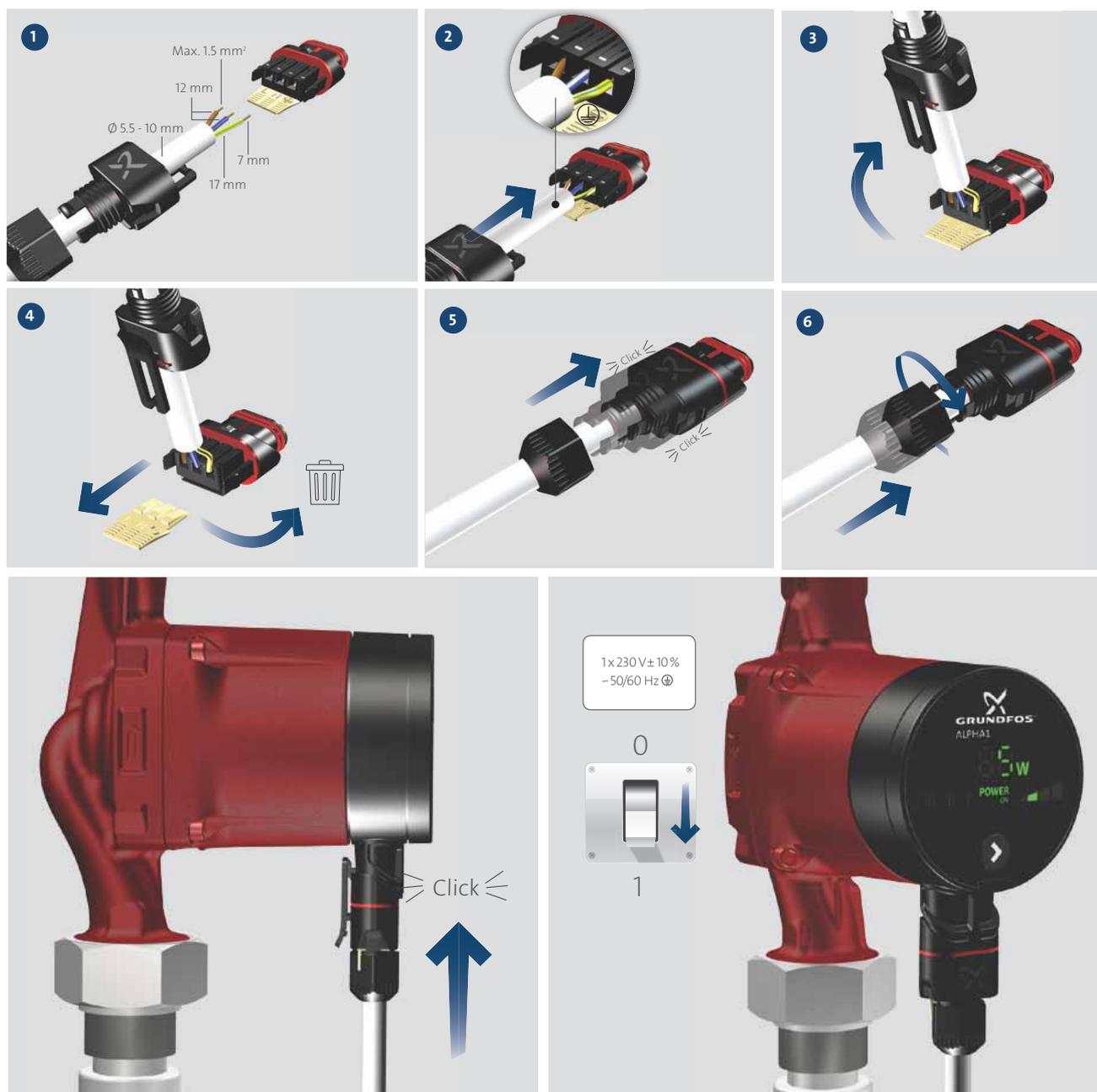


Fig. 7 Conexión eléctrica

Lleve a cabo las actividades de conexión eléctrica y protección de acuerdo con la normativa local.



### Aviso

**La bomba debe contar con conexión a tierra  $\oplus$ .**  
**La bomba debe conectarse a un interruptor de red externo con una separación de contacto mínima de 3 mm en todos los polos.**

- El motor de la bomba no precisa protección externa.
- Compruebe que los valores de tensión y frecuencia de alimentación coincidan con los indicados en la placa de características. Consulte la sección 3.1 Placa de características.
- Conecte la bomba al suministro eléctrico empleando el enchufe suministrado con la bomba, como se muestra en la fig. 7.
- Los indicadores luminosos del panel de control permiten determinar si el suministro eléctrico está conectado.

## 7. Panel de control

### 7.1 Elementos del panel de control



Fig. 8 Panel de control de la bomba GRUNDFOS ALPHA1

El panel de control se compone de:

Pos.	Descripción
1	Pantalla que muestra el consumo de potencia real de la bomba en vatios
2	Campo luminoso "POWER ON"
3	Siete campos luminosos que indican la configuración de la bomba
4	Pulsador para la configuración de la bomba

### 7.2 Pantalla

La pantalla (fig. 8, pos. 1) se enciende al conectar el suministro eléctrico.

La pantalla muestra el consumo de potencia real de la bomba en vatios (en números enteros) durante el funcionamiento.

#### Nota

**Los fallos que impiden que la bomba funcione correctamente (como, por ejemplo, las obstrucciones) se indican en la pantalla empleando los símbolos "- -". Consulte la sección 12. Localización de averías.**

Si se indica un fallo, corríjalo y restablezca la bomba desconectando y conectando de nuevo el suministro eléctrico.

#### Nota

**La rotación del impulsor de la bomba (por ejemplo, al llenar la bomba de agua) puede dar lugar a la generación de energía suficiente como para iluminar la pantalla, incluso aunque el suministro eléctrico se encuentre desconectado.**

### 7.3 Campo luminoso "POWER ON"

El campo luminoso "POWER ON" (fig. 8, pos. 2) se ilumina al conectar el suministro eléctrico.

#### Nota

**Si sólo se ilumina el campo luminoso "POWER ON", significará que se ha producido un fallo que impide que la bomba funcione con normalidad (como, por ejemplo, una obstrucción). Consulte la sección 12. Localización de averías.**

Si se indica un fallo, corríjalo y restablezca la bomba desconectando y conectando de nuevo el suministro eléctrico.

### 7.4 Campos luminosos que indican la configuración de la bomba

La bomba posee siete ajustes opcionales que se pueden seleccionar empleando el pulsador. Consulte la fig. 8, pos. 4.

La configuración de la bomba se indica por medio de siete campos luminosos diferentes. Consulte la fig. 9.

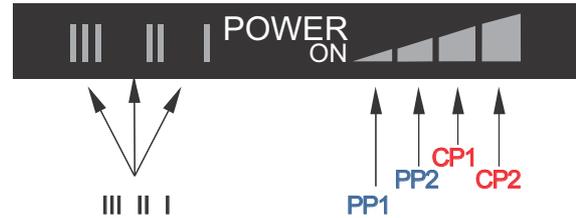


Fig. 9 Siete campos luminosos

Número de pulsaciones	Campo luminoso	Descripción
0	PP2 (ajuste de fábrica)	Curva de presión proporcional más alta
1	CP1	Curva de presión constante más baja
2	CP2	Curva de presión constante más alta
3	III	Velocidad constante, velocidad III
4	II	Velocidad constante, velocidad II
5	I	Velocidad constante, velocidad I
6	PP1	Curva de presión proporcional más baja
7	PP2	Curva de presión proporcional más alta

Consulte la sección 11. Configuración y rendimiento de la bomba si desea obtener información acerca de los ajustes.

### 7.5 Pulsador para la configuración de la bomba

Cada vez que se presiona el pulsador (fig. 8, pos. 4), cambia la configuración de la bomba.

Un ciclo se recorre presionando el pulsador siete veces.

Consulte la sección 7.4 Campos luminosos que indican la configuración de la bomba.

## 8. Configuración de la bomba

### 8.1 Configuración de la bomba según el tipo de sistema

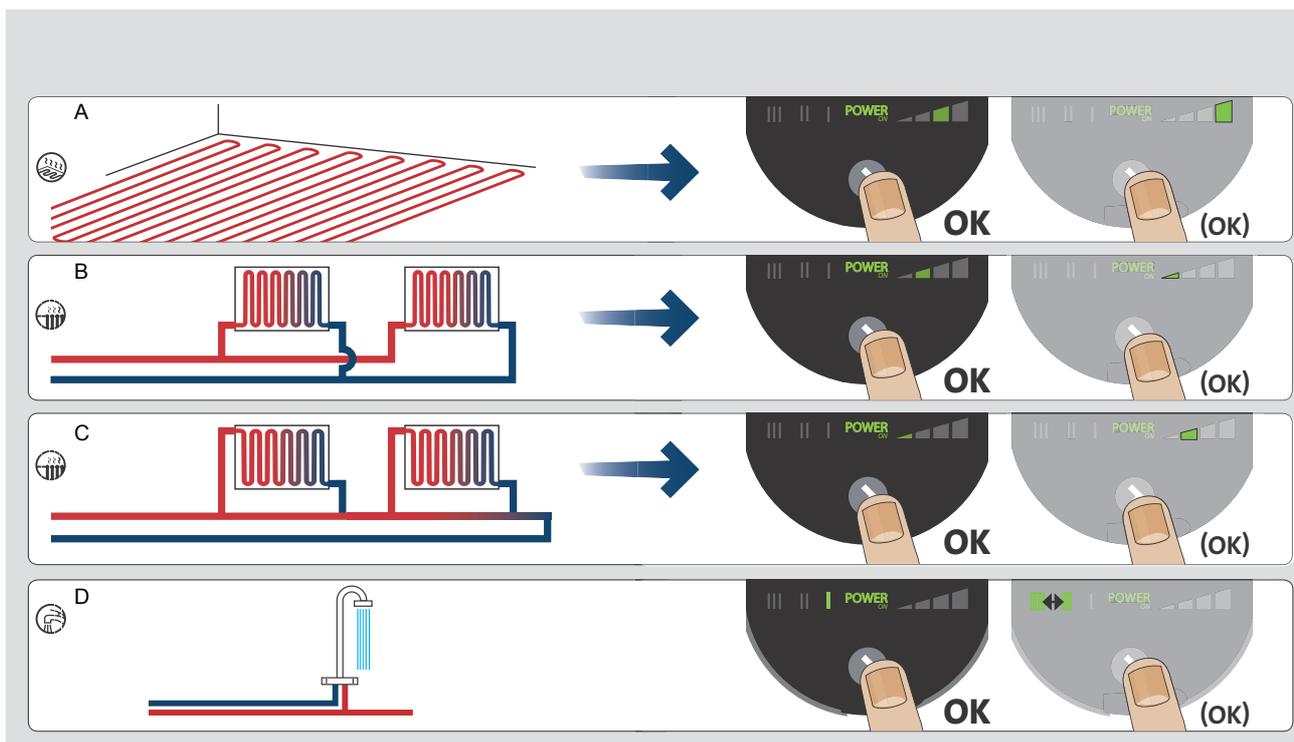


Fig. 10 Selección de configuración de la bomba según el tipo de sistema

Ajuste de fábrica = curva de presión proporcional más alta (PP2).

Configuración recomendada y alternativa de la bomba según la fig. 10:

Pos.	Tipo de sistema	Configuración de la bomba	
		Recomendada	Alternativa
A	Calefacción por suelo radiante	Curva de presión constante más baja (CP1)*	Curva de presión constante más alta (CP2)*
B	Sistemas bitubo	Curva de presión proporcional más alta (PP2)*	Curva de presión proporcional más baja (PP1)*
C	Sistemas monotubo	Curva de presión proporcional más baja (PP1)*	Curva de presión proporcional más alta (PP2)*
D	Agua para uso doméstico	Velocidad constante, velocidad I*	Velocidad constante, velocidad II o III*

\* Consulte la sección 14.1 Guía de las curvas de rendimiento.

#### Cambio de la configuración recomendada de la bomba a la alternativa

Los sistemas de calefacción son sistemas "lentos" que no se pueden ajustar al funcionamiento óptimo en minutos u horas.

Si la configuración recomendada de la bomba no da lugar a la distribución de calor deseada en las habitaciones de la casa, seleccione en su lugar la configuración alternativa de la bomba.

Si desea obtener información detallada acerca de la configuración de la bomba en relación con las curvas de rendimiento, consulte la sección 11. Configuración y rendimiento de la bomba.

#### 8.2 Control de la bomba

Durante el funcionamiento, la altura de la bomba se controla según el principio de "control de presión proporcional" (PP) o "control de presión constante" (CP).

En tales modos de control, el rendimiento de la bomba y, por tanto, el consumo de potencia, se ajustan de acuerdo con la demanda de calor del sistema.

##### Control de presión proporcional

En este modo de control, la presión diferencial a través de la bomba se controla en función del caudal.

Las curvas de presión proporcional se denominan PP1 y PP2 en los diagramas Q/H. Consulte la sección 11. Configuración y rendimiento de la bomba.

##### Control de presión constante

En este modo de control, se mantiene una presión diferencial constante a través de la bomba, independientemente del caudal.

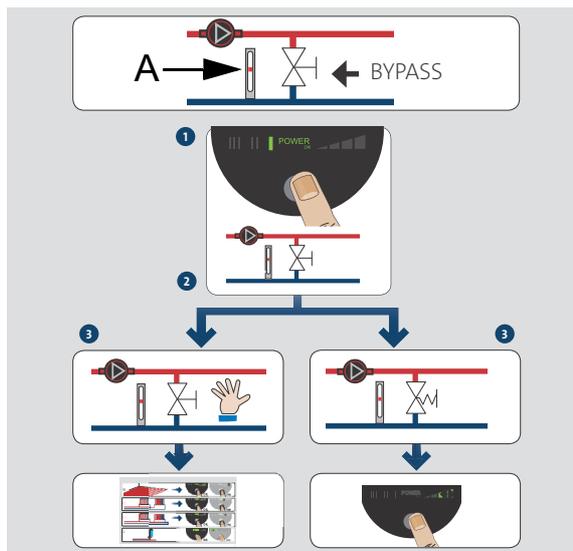
Las curvas de presión constante se denominan CP1 y CP2 y son las curvas de rendimiento horizontales en los diagramas Q/H.

Consulte la sección 11. Configuración y rendimiento de la bomba.

TM05 1921 4512

## 9. Sistemas con válvula de bypass entre las tuberías de alimentación y retorno

### 9.1 Utilidad de la válvula de bypass



TM05 8150 2013

Fig. 11 Sistemas con válvula de bypass

#### Válvula de bypass

La finalidad de la válvula de bypass es garantizar que el calor de la caldera pueda distribuirse cuando estén cerradas todas las válvulas de los circuitos de calefacción por suelo radiante y/o el radiador termostático.

Elementos del sistema:

- válvula de bypass;
- caudalímetro, pos. A.

El caudal mínimo debe estar presente cuando estén cerradas todas las válvulas.

La configuración de la bomba depende del tipo de válvula de bypass en uso (de accionamiento manual o controlada termostáticamente).

#### 9.2 Válvula de bypass de accionamiento manual

Siga el procedimiento descrito a continuación:

1. Ajuste la válvula de bypass con la bomba en el modo I (velocidad I). Debe tenerse siempre en cuenta el caudal mínimo ( $Q_{\min}$ ) del sistema. Consulte las instrucciones del fabricante.
2. Una vez ajustada la válvula de bypass, ajuste la bomba siguiendo los pasos descritos en la sección 8. *Configuración de la bomba.*

#### 9.3 Válvula de bypass automática (controlada termostáticamente)

Siga el procedimiento descrito a continuación:

1. Ajuste la válvula de bypass con la bomba en el modo I (velocidad I). Debe tenerse siempre en cuenta el caudal mínimo ( $Q_{\min}$ ) del sistema. Consulte las instrucciones del fabricante.
2. Una vez ajustada la válvula de bypass, ajuste la bomba a la curva de presión constante más baja o más alta. Si desea obtener información detallada acerca de la configuración de la bomba en relación con las curvas de rendimiento, consulte la sección 11. *Configuración y rendimiento de la bomba.*

## 10. Puesta en marcha

### 10.1 Antes de la puesta en marcha

No ponga en marcha la bomba hasta que el sistema se encuentre lleno de líquido y haya sido purgado. La presión de entrada mínima necesaria debe estar disponible a la entrada de la bomba. Consulte las secciones 4. *Aplicaciones* y 13. *Datos técnicos y dimensiones de instalación*.

### 10.2 Purgado de la bomba



Fig. 12 Purgado de la bomba

La bomba cuenta con función autopurgante. No es preciso purgarla antes de la puesta en marcha.

La existencia de aire en el interior de la bomba puede dar lugar a ruidos. El ruido cesará cuando la bomba pase algunos minutos en funcionamiento.

Es posible purgar rápidamente la bomba ajustándola a la velocidad III durante un breve período de tiempo, dependiendo del tamaño y el diseño del sistema.

Una vez purgada la bomba (es decir, cuando el ruido haya cesado), ajuste la bomba de acuerdo con las recomendaciones. Consulte la sección 8. *Configuración de la bomba*.

**Precaución** La bomba no debe funcionar en seco.

El sistema no se puede purgar a través de la bomba. Consulte la sección 10.3 *Purgado de sistemas de calefacción*.

## 10.3 Purgado de sistemas de calefacción

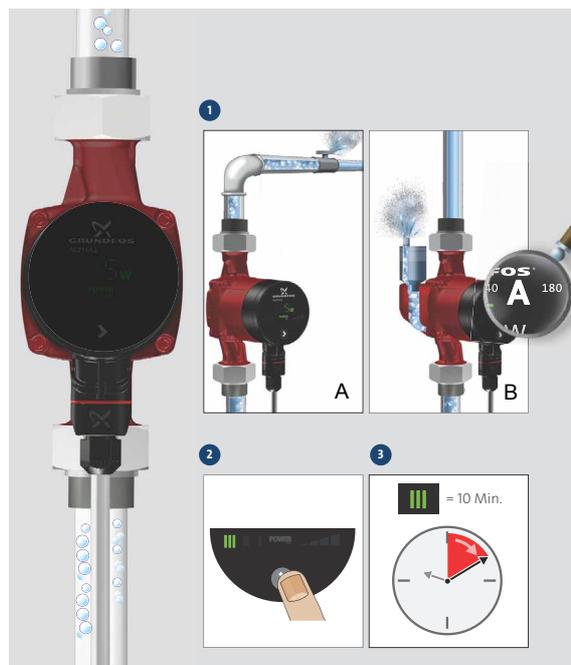


Fig. 13 Purgado de sistemas de calefacción

Un sistema de calefacción se puede purgar de dos formas:

- a través de una válvula de escape de aire instalada por encima de la bomba (A);
- empleando una bomba con carcasa equipada con separador de aire (B).

En el caso de los sistemas de calefacción que suelen contener mucho aire, se recomienda la instalación de bombas cuya carcasa esté equipada con un separador de aire (como es el caso de las bombas ALPHA1 de tipo ALPHA1 XX-XX A).

Siga el procedimiento descrito a continuación cuando el sistema se encuentre lleno de líquido:

1. Abra la válvula de escape de aire.
2. Ajuste la bomba a la velocidad III.
3. Permita que la bomba funcione durante un breve período de tiempo, dependiendo del tamaño y el diseño del sistema.
4. Una vez purgada la bomba (es decir, cuando el posible ruido haya cesado), ajuste la bomba de acuerdo con las recomendaciones. Consulte la sección 8. *Configuración de la bomba*.

Si es necesario, repita el procedimiento.

**Precaución** La bomba no debe funcionar en seco.

TM05 8000 1713

TM05 8000 1713

## 11. Configuración y rendimiento de la bomba

La fig. 14 muestra la relación que existe entre la configuración de la bomba y su rendimiento por medio de curvas. Consulte también la sección 14. *Curvas características*.

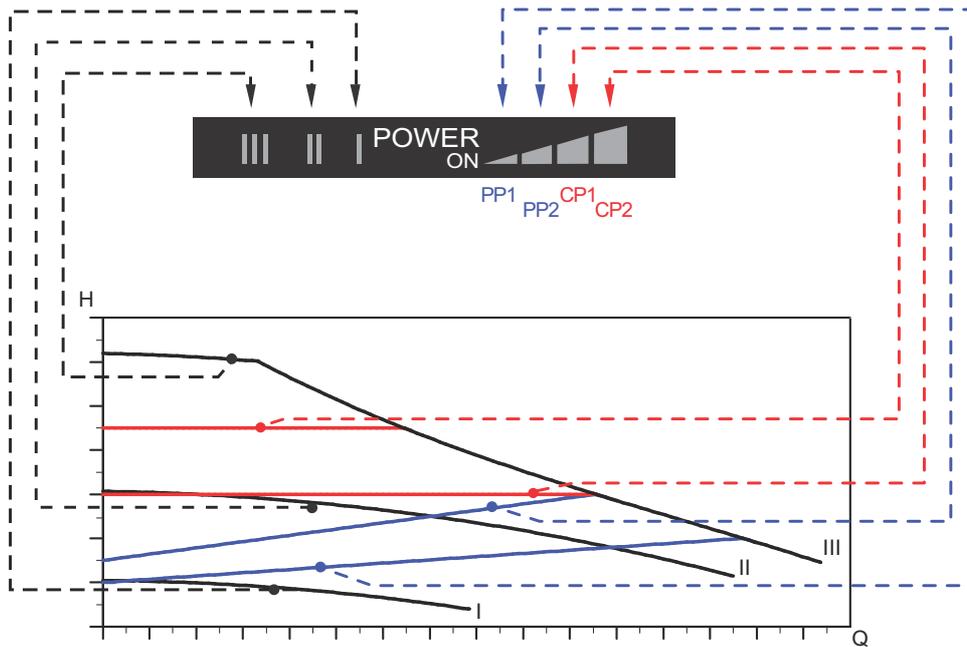


Fig. 14 Configuración de la bomba en relación con su rendimiento

TM04 2532 2608

Configuración	Curva de la bomba	Función
PP1	Curva de presión proporcional más baja	El punto de trabajo de la bomba se moverá hacia arriba o hacia abajo sobre la curva de presión proporcional más baja, dependiendo de la demanda de calor del sistema. Consulte la fig. 14. La altura (presión) descenderá al caer la demanda de calor y ascenderá al crecer la demanda de calor.
PP2 (ajuste de fábrica)	Curva de presión proporcional más alta	El punto de trabajo de la bomba se moverá hacia arriba o hacia abajo sobre la curva de presión proporcional más alta, dependiendo de la demanda de calor del sistema. Consulte la fig. 14. La altura (presión) descenderá al caer la demanda de calor y ascenderá al crecer la demanda de calor.
CP1	Curva de presión constante más baja	El punto de trabajo de la bomba se moverá hacia fuera o hacia dentro sobre la curva de presión constante más baja, dependiendo de la demanda de calor del sistema. Consulte la fig. 14. La altura (presión) se mantendrá constante, independientemente de la demanda de calor.
CP2	Curva de presión constante más alta	El punto de trabajo de la bomba se moverá hacia fuera o hacia dentro sobre la curva de presión constante más alta, dependiendo de la demanda de calor del sistema. Consulte la fig. 14. La altura (presión) se mantendrá constante, independientemente de la demanda de calor.
III	Velocidad III	La bomba funcionará a velocidad constante y, por tanto, sobre una curva constante. A la velocidad III, la bomba funciona sobre la curva máxima independientemente de las condiciones de funcionamiento. Consulte la fig. 14. Es posible purgar rápidamente la bomba ajustándola a la velocidad III durante un breve período de tiempo. Consulte la sección 10.2 <i>Purgado de la bomba</i> .
II	Velocidad II	La bomba funcionará a velocidad constante y, por tanto, sobre una curva constante. A la velocidad II, la bomba funciona sobre la curva intermedia independientemente de las condiciones de funcionamiento. Consulte la fig. 14.
I	Velocidad I	La bomba funcionará a velocidad constante y, por tanto, sobre una curva constante. A la velocidad I, la bomba funciona sobre la curva mínima independientemente de las condiciones de funcionamiento. Consulte la fig. 14.

## 12. Localización de averías



### Aviso

**Desconecte el suministro eléctrico antes de comenzar a trabajar con la bomba. Asegúrese también de que el suministro eléctrico no se pueda conectar accidentalmente.**

Fallo	Panel de control	Causa	Solución
1. La bomba no funciona.	Indicadores luminosos apagados.	a) Se ha fundido un fusible de la instalación.	Sustituya el fusible.
		b) El interruptor diferencial controlado por corriente o tensión se ha disparado.	Conecte el interruptor diferencial.
		c) La bomba sufre un defecto.	Sustituya la bomba.
2. El sistema genera ruido.	La pantalla muestra "- -". Sólo se ilumina el campo luminoso "POWER ON".	a) Fallo del suministro eléctrico. Puede que el suministro eléctrico no sea suficiente.	Compruebe que el suministro eléctrico satisfaga los requisitos de la bomba.
		b) La bomba está obstruida.	Elimine las impurezas.
3. La bomba genera ruido.	La bomba parece funcionar normalmente.	a) El sistema contiene aire.	Purgue el sistema. Consulte la sección <i>10.3 Purgado de sistemas de calefacción</i> .
		b) El caudal es demasiado elevado.	Reduzca la altura de aspiración. Consulte la sección <i>11. Configuración y rendimiento de la bomba</i> .
4. El calor no es suficiente.	La bomba parece funcionar normalmente.	a) La bomba contiene aire.	Permita que la bomba funcione. Se purgará sola con el tiempo. Consulte la sección <i>10.2 Purgado de la bomba</i> .
		b) La presión de entrada es demasiado baja.	Aumente la presión de entrada o compruebe el volumen de aire en el tanque de expansión (si corresponde).
4. El calor no es suficiente.	La bomba parece funcionar normalmente.	a) El rendimiento de la bomba es demasiado bajo.	Aumente la altura de aspiración. Consulte la sección <i>11. Configuración y rendimiento de la bomba</i> .

## 13. Datos técnicos y dimensiones de instalación

### 13.1 Datos técnicos

Tensión de alimentación	1 x 230 V - 10 %/+ 10 %, 50/60 Hz, PE.	
Protección del motor	El motor de la bomba no precisa protección externa.	
Grado de protección	IP42.	
Clase de aislamiento	F.	
Humedad relativa del aire	95 %, máx.	
Presión del sistema	1,0 MPa (10 bar), máx.; altura de 102 m.	
Presión de entrada	<b>Temperatura del líquido</b>	<b>Presión de entrada mínima</b>
	≤ +75 °C	0,05 bar (0,005 MPa); altura de 0,5 m.
	+90 °C	0,28 bar (0,028 MPa); altura de 2,8 m.
	+110 °C	1,08 bar (0,108 MPa); altura de 10,8 m.
EMC	EN 55014-1:2006 y EN 55014-2:1997.	
Nivel de presión sonora	El nivel de presión sonora generado por la bomba es inferior a 43 dB(A).	
Temperatura ambiente	0 a +40 °C.	
Clase de temperatura	TF110 según CEN 335-2-51.	
Temperatura de la superficie	La temperatura máxima de la superficie no supera los +125 °C.	
Temperatura del líquido	+2 a +110 °C.	

Para evitar la condensación de líquido en la caja de control y el estátor, la temperatura del líquido debe ser siempre superior a la temperatura ambiente.

Temperatura ambiente [°C]	Temperatura del líquido	
	Mín. [°C]	Máx. [°C]
0	2	110
10	10	110
20	20	110
30	30	110
35	35	90
40	40	70

## 13.2 Dimensiones de instalación, GRUNDFOS ALPHA1 XX-40, XX-45, XX-50 y XX-60 (mercados internacionales)

## Planos dimensionales y tablas de dimensiones

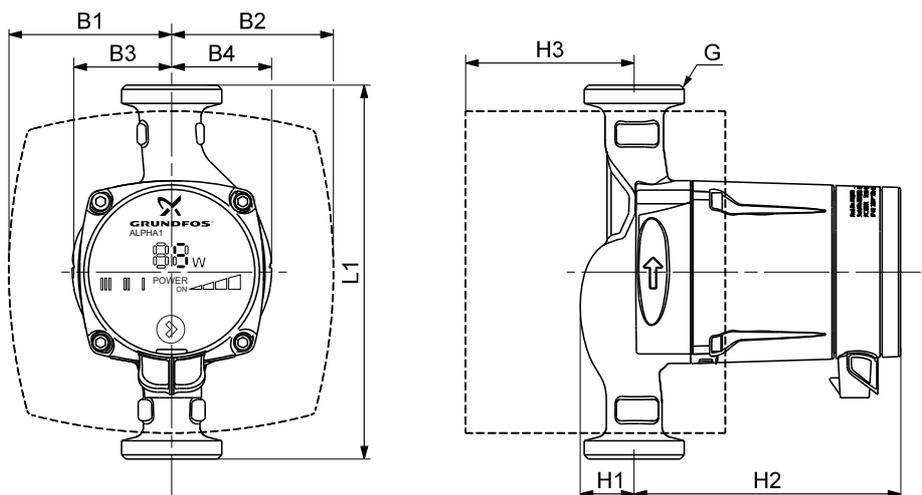


Fig. 15 Planos dimensionales, ALPHA1 XX-40, XX-45, XX-50 y XX-60

TM05 7971 1713

Tipo de bomba	Dimensiones								
	L1	B1	B2	B3	B4	H1	H2	H3	G
ALPHA1 15-40 130	130	78	78	46	49	27	129	58	1
ALPHA1 20-40 130	130	78	78	46	49	27	129	58	1 1/4
ALPHA1 25-40 130	130	78	78	46	49	27	129	58	1 1/2
ALPHA1 25-40 180	180	78	78	47	48	26	127	58	1 1/2
ALPHA1 25-40 A 180	180	63	93	32	65	50	135	82	1 1/2
ALPHA1 32-40 180	180	78	78	47	48	26	127	58	2
ALPHA1 15-50 130	130	78	78	46	49	27	129	58	1
ALPHA1 15-50 130*	130	78	78	46	49	27	127	58	1 1/2
ALPHA1 20-50 130	130	78	78	46	49	27	129	58	1 1/4
ALPHA1 25-50 130	130	78	78	46	49	27	129	58	1 1/2
ALPHA1 25-50 180	180	78	78	47	48	26	127	58	1 1/2
ALPHA1 32-50 180	180	78	78	47	48	26	127	58	2
ALPHA1 15-60 130*	130	77	78	46	49	27	129	58	1 1/2
ALPHA1 15-60 130	130	78	78	46	49	27	129	58	1
ALPHA1 20-60 130	130	78	78	46	49	27	129	58	1 1/4
ALPHA1 25-60 130	130	78	78	46	49	27	129	58	1 1/2
ALPHA1 25-60 180	180	78	78	47	48	26	127	58	1 1/2
ALPHA1 25-60 A 180	180	63	93	32	65	50	135	82	1 1/2
ALPHA1 32-60 180	180	78	77	47	48	26	127	58	2
ALPHA1 20-40 N 150	150	-	-	49	49	28	127	-	1 1/4
ALPHA1 20-45 N 150	150	-	-	43	43	27	127	-	1 1/4
ALPHA1 25-40 N 180	180	-	-	47	48	26	127	-	1 1/2
ALPHA1 20-50 N 150	150	-	-	49	49	28	127	-	1 1/4
ALPHA1 25-50 N 180	180	-	-	47	48	26	127	-	1 1/2
ALPHA1 20-60 N 150	150	-	-	49	49	28	127	-	1 1/4
ALPHA1 25-60 N 180	180	-	-	47	48	26	127	-	1 1/2

\* Sólo para Reino Unido.

## 13.3 Dimensiones de instalación, GRUNDFOS ALPHA1 XX-40, XX-45 y XX-60 (mercado alemán)

## Planos dimensionales y tablas de dimensiones

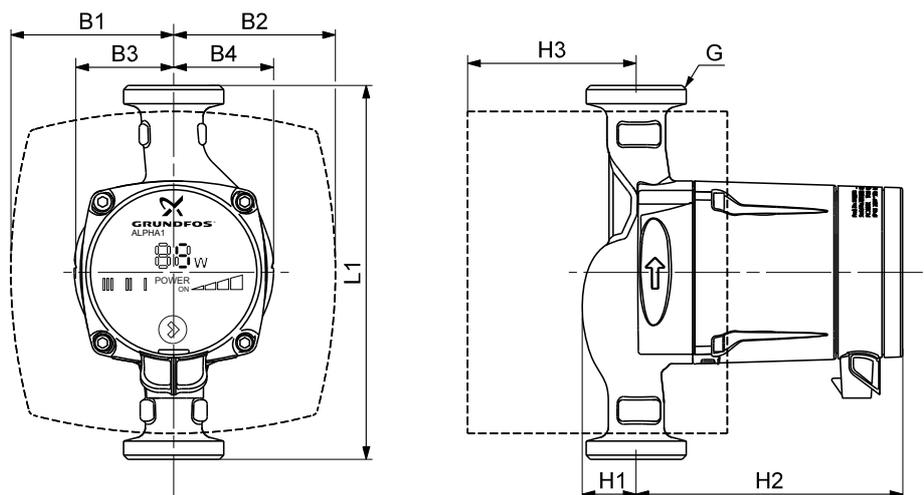


Fig. 16 Planos dimensionales, ALPHA1 XX-40, XX-45 y XX-60

TM05 7971 1713

Tipo de bomba	Dimensiones								
	L1	B1	B2	B3	B4	H1	H2	H3	G
ALPHA1 15-40 130 DE	130	54	54	46	49	27	129	30	1
ALPHA1 20-40 130 DE	130	54	54	46	49	27	129	30	1 1/4
ALPHA1 25-40 130 DE	130	54	54	46	49	27	129	30	1 1/2
ALPHA1 25-40 180 DE	180	54	54	47	48	26	127	30	1 1/2
ALPHA1 25-40 A 180 DE	180	63	93	32	65	50	135	82	1 1/2
ALPHA1 32-40 180 DE	180	54	54	47	48	26	127	30	2
ALPHA1 15-60 130 DE	130	54	54	46	49	27	129	30	1
ALPHA1 20-60 130 DE	130	54	54	46	49	27	129	30	1 1/4
ALPHA1 25-60 130 DE	130	54	54	46	49	27	129	30	1 1/2
ALPHA1 25-60 180 DE	180	54	54	47	48	26	127	30	1 1/2
ALPHA1 25-60 A 180 DE	180	63	93	32	65	50	135	82	1 1/2
ALPHA1 32-60 180 DE	180	54	54	47	48	26	127	30	2
ALPHA1 20-40 N 150 DE	150	-	-	49	49	28	127	-	1 1/4
ALPHA1 20-45 N 150 DE	150	-	-	43	43	27	127	-	1 1/4
ALPHA1 25-40 N 180 DE	180	-	-	47	48	26	127	-	1 1/2
ALPHA1 20-60 N 150 DE	150	-	-	49	49	28	127	-	1 1/4
ALPHA1 25-60 N 180 DE	180	-	-	47	48	26	127	-	1 1/2

## 13.4 Dimensiones de instalación, GRUNDFOS ALPHA1 XX-40, XX-45 y XX-60 (mercados austriaco y suizo)

## Planos dimensionales y tablas de dimensiones

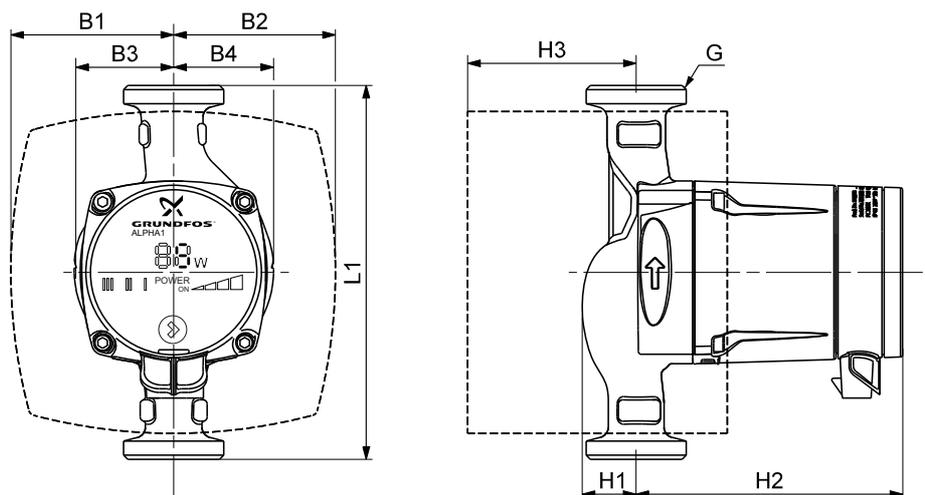


Fig. 17 Planos dimensionales, ALPHA1 XX-40, XX-45 y XX-60

TM05 7971 1713

Tipo de bomba	Dimensiones								
	L1	B1	B2	B3	B4	H1	H2	H3	G
ALPHA1 15-40 130 AT/CH	130	54	54	46	49	27	129	30	1
ALPHA1 20-40 130 AT/CH	130	54	54	46	49	27	129	30	1 1/4
ALPHA1 25-40 130 AT/CH	130	54	54	46	49	27	129	30	1 1/2
ALPHA1 25-40 180 AT/CH	180	54	54	47	48	26	127	30	1 1/2
ALPHA1 25-40 A 180 AT/CH	180	63	93	32	65	50	135	82	1 1/2
ALPHA1 32-40 180 AT/CH	180	54	54	47	48	26	127	30	2
ALPHA1 15-60 130 AT/CH	130	54	54	46	49	27	129	30	1
ALPHA1 20-60 130 AT/CH	130	54	54	46	49	27	129	30	1 1/4
ALPHA1 25-60 130 AT/CH	130	54	54	46	49	27	129	30	1 1/2
ALPHA1 25-60 180 AT/CH	180	54	54	47	48	26	127	30	1 1/2
ALPHA1 25-60 A 180 AT/CH	180	63	93	32	65	50	135	82	1 1/2
ALPHA1 32-60 180 AT/CH	180	54	54	47	48	26	127	30	2
ALPHA1 20-40 N 150 AT/CH	150	-	-	49	49	28	127	-	1 1/4
ALPHA1 20-45 N 150 AT/CH	150	-	-	43	43	27	127	-	1 1/4
ALPHA1 25-40 N 180 AT/CH	180	-	-	47	48	26	127	-	1 1/2
ALPHA1 20-60 N 150 AT/CH	150	-	-	49	49	28	127	-	1 1/4
ALPHA1 25-60 N 180 AT/CH	180	-	-	47	48	26	127	-	1 1/2

## 14. Curvas características

### 14.1 Guía de las curvas de rendimiento

Cada ajuste de la bomba posee su propia curva de rendimiento (curva Q/H).

Cada curva Q/H está vinculada a una curva de potencia (curva P1). La curva de potencia representa el consumo de potencia de la bomba (P1) en vatios para una determinada curva Q/H.

El valor P1 corresponde al valor que puede leerse en la pantalla de la bomba. Consulte la fig. 18:

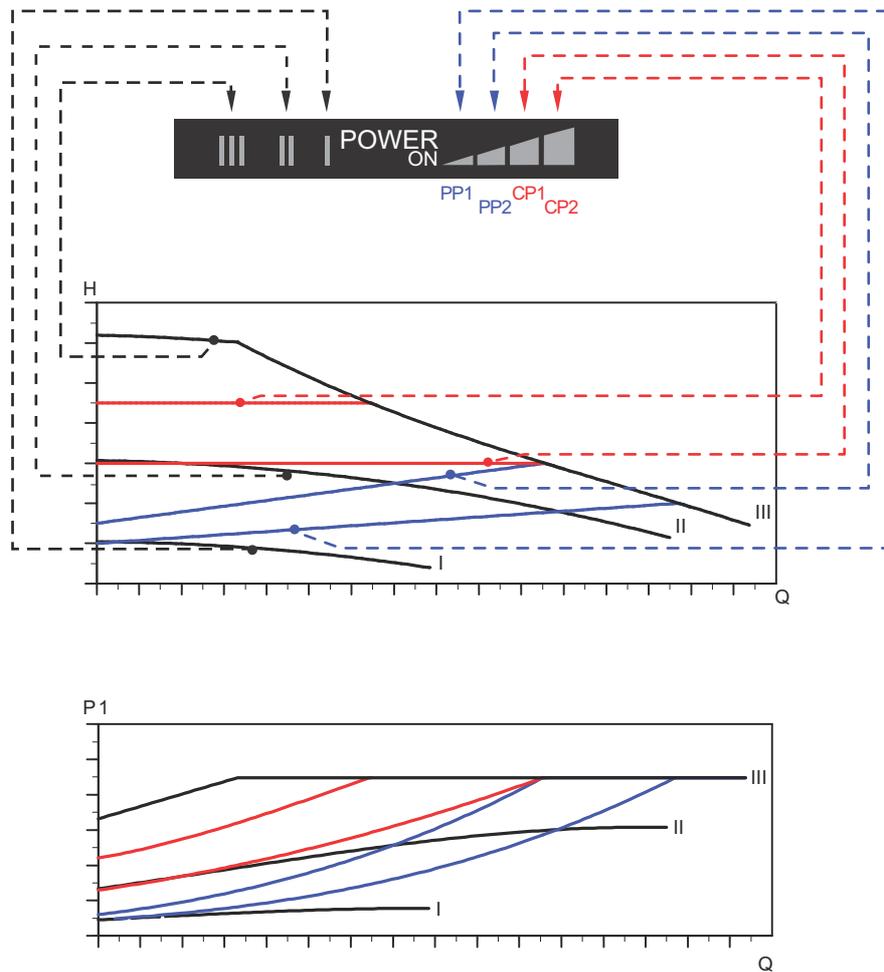


Fig. 18 Curvas de rendimiento en relación con la configuración de la bomba

Ajuste	Curva de la bomba
PP1	Curva de presión proporcional más baja
PP2 (ajuste de fábrica)	Curva de presión proporcional más alta
CP1	Curva de presión constante más baja
CP2	Curva de presión constante más alta
III	Velocidad constante, velocidad III
II	Velocidad constante, velocidad II
I	Velocidad constante, velocidad I

Si desea obtener más información acerca de la configuración de la bomba, consulte las secciones:

7.4 Campos luminosos que indican la configuración de la bomba

8. Configuración de la bomba

11. Configuración y rendimiento de la bomba.

### 14.2 Condiciones de las curvas

Las siguientes directrices afectan a las curvas de rendimiento de las siguientes páginas:

- Líquido de prueba: agua sin aire.
- Las curvas corresponden a una densidad de  $\rho = 983,2 \text{ kg/m}^3$  y una temperatura del líquido de  $+60 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Todas las curvas indican valores medios y no deben considerarse curvas definitivas. Si es necesario un rendimiento mínimo específico, será preciso llevar a cabo mediciones individuales.
- Se señalan las curvas correspondientes a las velocidades I, II y III.
- Las curvas son válidas para una viscosidad cinemática de  $\nu = 0,474 \text{ mm}^2/\text{s}$  (0,474 cSt).

## 14.3 Curvas de rendimiento, ALPHA1 XX-40

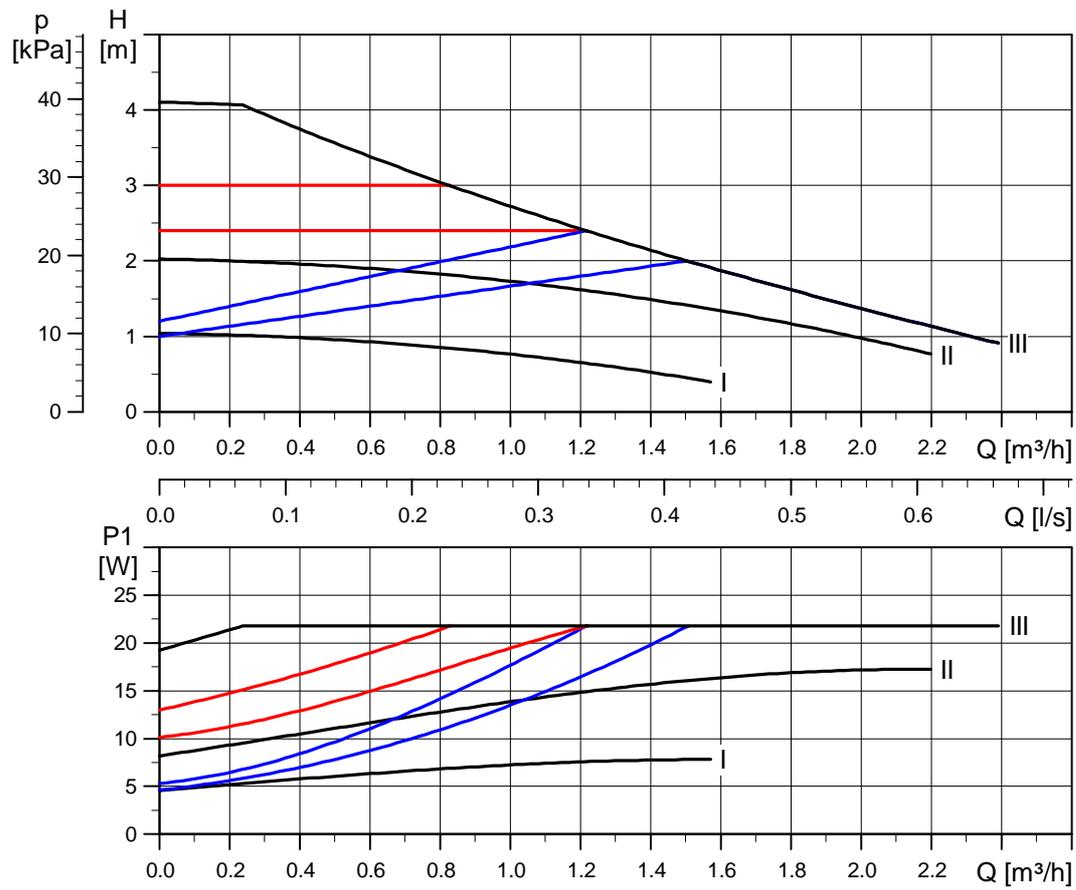


Fig. 19 ALPHA1 XX-40

14.4 Curvas de rendimiento, ALPHA1 20-45 N 150

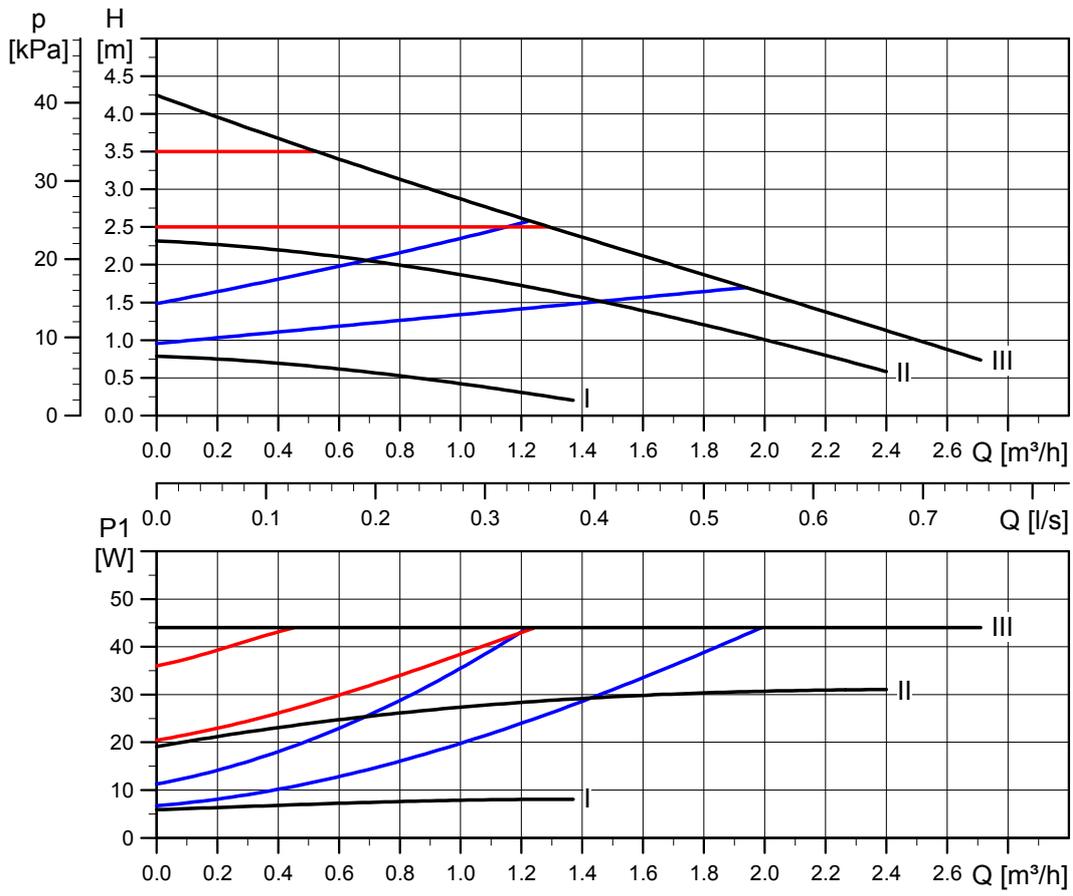


Fig. 20 ALPHA1 20-45 N 150

## 14.5 Curvas de rendimiento, ALPHA1 XX-50

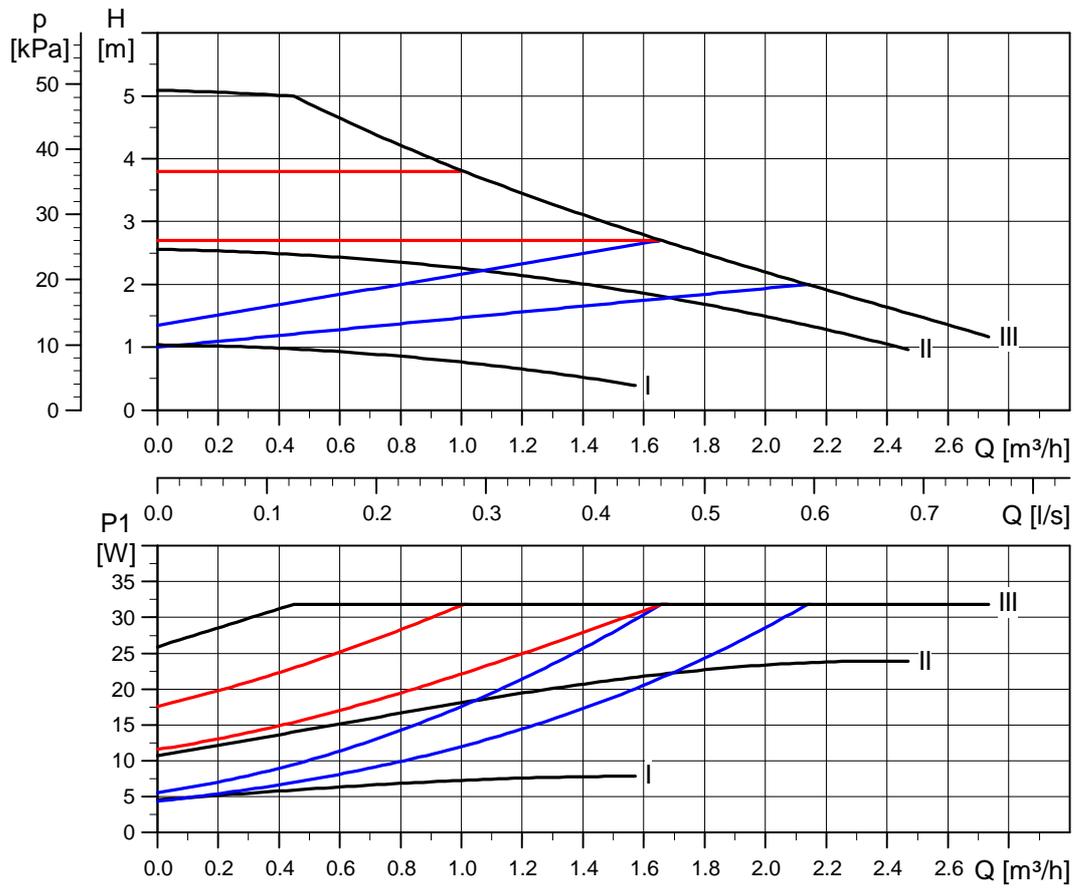


Fig. 21 ALPHA1 XX-50

## 14.6 Curvas de rendimiento, ALPHA1 XX-60

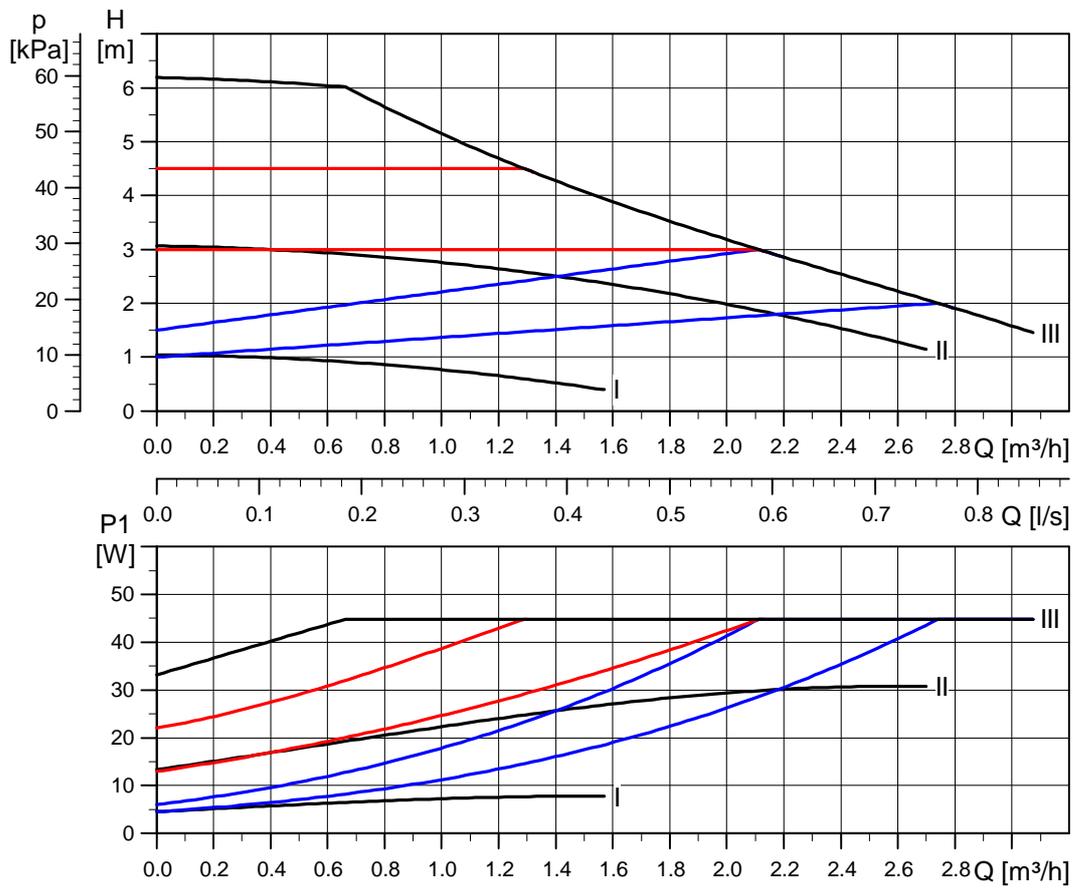


Fig. 22 ALPHA1 XX-60

## 15. Accesorios

Accesorios para la bomba GRUNDFOS ALPHA1. Consulte la fig. 23.

Accesorios disponibles:

- empalmes (uniones y válvulas);
- kits de aislamiento (láminas aislantes);
- enchufe.

	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Product No</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25-XX (A)</td> <td>3/4"</td> <td><b>529921</b></td> </tr> <tr> <td>25-XX (A)</td> <td>1"</td> <td><b>529922</b></td> </tr> <tr> <td>32-XX</td> <td>1"</td> <td><b>509921</b></td> </tr> <tr> <td>32-XX</td> <td>1 1/4"</td> <td><b>509922</b></td> </tr> </tbody> </table>	Product No			25-XX (A)	3/4"	<b>529921</b>	25-XX (A)	1"	<b>529922</b>	32-XX	1"	<b>509921</b>	32-XX	1 1/4"	<b>509922</b>	
Product No																	
25-XX (A)	3/4"	<b>529921</b>															
25-XX (A)	1"	<b>529922</b>															
32-XX	1"	<b>509921</b>															
32-XX	1 1/4"	<b>509922</b>															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Product No</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25-XX N</td> <td>3/4"</td> <td><b>529971</b></td> </tr> <tr> <td>25-XX N</td> <td>1"</td> <td><b>529972</b></td> </tr> <tr> <td>32-XX N</td> <td>1 1/4"</td> <td><b>509971</b></td> </tr> </tbody> </table>	Product No			25-XX N	3/4"	<b>529971</b>	25-XX N	1"	<b>529972</b>	32-XX N	1 1/4"	<b>509971</b>				
Product No																	
25-XX N	3/4"	<b>529971</b>															
25-XX N	1"	<b>529972</b>															
32-XX N	1 1/4"	<b>509971</b>															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Product No</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>25-XX (A)(N)</td> <td>3/4"</td> <td><b>519805</b></td> </tr> <tr> <td>25-XX (A)(N)</td> <td>1"</td> <td><b>519806</b></td> </tr> <tr> <td>32-XX (N)</td> <td>1 1/4"</td> <td><b>503539</b></td> </tr> </tbody> </table>	Product No			25-XX (A)(N)	3/4"	<b>519805</b>	25-XX (A)(N)	1"	<b>519806</b>	32-XX (N)	1 1/4"	<b>503539</b>				
Product No																	
25-XX (A)(N)	3/4"	<b>519805</b>															
25-XX (A)(N)	1"	<b>519806</b>															
32-XX (N)	1 1/4"	<b>503539</b>															
 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Product No</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15-XX</td> <td>130</td> <td rowspan="3"><b>505821</b></td> </tr> <tr> <td>25-XX</td> <td>130</td> </tr> <tr> <td>32-XX</td> <td>130</td> </tr> </tbody> </table>	Product No			15-XX	130	<b>505821</b>	25-XX	130	32-XX	130	 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Product No</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15-XX</td> <td rowspan="3"><b>98284561</b></td> </tr> <tr> <td>25-XX</td> </tr> <tr> <td>32-XX</td> </tr> </tbody> </table>	Product No		15-XX	<b>98284561</b>	25-XX	32-XX
Product No																	
15-XX	130	<b>505821</b>															
25-XX	130																
32-XX	130																
Product No																	
15-XX	<b>98284561</b>																
25-XX																	
32-XX																	
 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Product No</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>15-XX A</td> <td>180</td> <td rowspan="2"><b>505822</b></td> </tr> <tr> <td>25-XX A</td> <td>180</td> </tr> </tbody> </table>	Product No			15-XX A	180	<b>505822</b>	25-XX A	180									
Product No																	
15-XX A	180	<b>505822</b>															
25-XX A	180																

Fig. 23 Accesorios

## 16. Eliminación

La eliminación de este producto o partes de él debe realizarse de forma respetuosa con el medio ambiente:

1. Utilice el servicio local, público o privado, de recogida de residuos.
2. Si esto no es posible, contacte con la compañía o servicio técnico Grundfos más cercano.

Nos reservamos el derecho a modificaciones.



**Argentina**

Bombas GRUNDFOS de Argentina S.A.  
Ruta Panamericana km. 37.500 Centro  
Industrial Garin  
1619 Garin Pcia. de B.A.  
Phone: +54-3327 414 444  
Telefax: +54-3327 45 3190

**Australia**

GRUNDFOS Pumps Pty. Ltd.  
P.O. Box 2040  
Regency Park  
South Australia 5942  
Phone: +61-8-8461-4611  
Telefax: +61-8-8340 0155

**Austria**

GRUNDFOS Pumpen Vertrieb Ges.m.b.H.  
Grundfosstraße 2  
A-5082 Grödig/Salzburg  
Tel.: +43-6246-883-0  
Telefax: +43-6246-883-30

**Belgium**

N.V. GRUNDFOS Bellux S.A.  
Boomssesteenweg 81-83  
B-2630 Aartselaar  
Tél.: +32-3-870 7300  
Télécopie: +32-3-870 7301

**Belarus**

Представительство ГРУНДФОС в  
Минске  
220125, Минск  
ул. Шафарьянская, 11, оф. 56, БЦ  
«Порт»  
Тел.: +7 (375 17) 286 39 72/73  
Факс: +7 (375 17) 286 39 71  
E-mail: minsk@grundfos.com

**Bosnia/Herzegovina**

GRUNDFOS Sarajevo  
Trg Heroja 16,  
BiH-71000 Sarajevo  
Phone: +387 33 713 290  
Telefax: +387 33 659 079  
e-mail: grundfos@bih.net.ba

**Brazil**

BOMBAS GRUNDFOS DO BRASIL  
Av. Humberto de Alencar Castelo Branco,  
630  
CEP 09850 - 300  
São Bernardo do Campo - SP  
Phone: +55-11 4393 5533  
Telefax: +55-11 4343 5015

**Bulgaria**

Grundfos Bulgaria EOOD  
Slatina District  
Iztochna Tangenta street no. 100  
BG - 1592 Sofia  
Tel. +359 2 49 22 200  
Fax. +359 2 49 22 201  
email: bulgaria@grundfos.bg

**Canada**

GRUNDFOS Canada Inc.  
2941 Brighton Road  
Oakville, Ontario  
L6H 6C9  
Phone: +1-905 829 9533  
Telefax: +1-905 829 9512

**China**

GRUNDFOS Pumps (Shanghai) Co. Ltd.  
50/F Maxdo Center No. 8 Xingyi Rd.  
Hongqiao development Zone  
Shanghai 200336  
PRC  
Phone: +86 21 612 252 22  
Telefax: +86 21 612 253 33

**Croatia**

GRUNDFOS CROATIA d.o.o.  
Cebini 37, Buzin  
HR-10010 Zagreb  
Phone: +385 1 6595 400  
Telefax: +385 1 6595 499  
www.grundfos.hr

**Czech Republic**

GRUNDFOS s.r.o.  
Čajkovského 21  
779 00 Olomouc  
Phone: +420-585-716 111  
Telefax: +420-585-716 299

**Denmark**

GRUNDFOS DK A/S  
Martin Bachs Vej 3  
DK-8850 Bjerringbro  
Tlf.: +45-87 50 50 50  
Telefax: +45-87 50 51 51  
E-mail: info\_GDK@grundfos.com  
www.grundfos.com/DK

**Estonia**

GRUNDFOS Pumps Eesti OÜ  
Peterburi tee 92G  
11415 Tallinn  
Tel: + 372 606 1690  
Fax: + 372 606 1691

**Finland**

OY GRUNDFOS Pumput AB  
Mestarintie 11  
FIN-01730 Vantaa  
Phone: +358-(0)207 889 900  
Telefax: +358-(0)207 889 550

**France**

Pompes GRUNDFOS Distribution S.A.  
Parc d'Activités de Chesnes  
57, rue de Malacombe  
F-38290 St. Quentin Fallavier (Lyon)  
Tél.: +33-4 74 82 15 15  
Télécopie: +33-4 74 94 10 51

**Germany**

GRUNDFOS GMBH  
Schlüterstr. 33  
40699 Erkrath  
Tel.: +49-(0) 211 929 69-0  
Telefax: +49-(0) 211 929 69-3799  
e-mail: infoservice@grundfos.de  
Service in Deutschland:  
e-mail: kundendienst@grundfos.de

**HILGE GmbH & Co. KG**

Hilgestrasse 37-47  
55292 Bodenheim/Rhein  
Germany  
Tel.: +49 6135 75-0  
Telefax: +49 6135 1737  
e-mail: hilge@hilge.de

**Greece**

GRUNDFOS Hellas A.E.B.E.  
20th km. Athinon-Markopoulou Av.  
P.O. Box 71  
GR-19002 Peania  
Phone: +0030-210-66 83 400  
Telefax: +0030-210-66 46 273

**Hong Kong**

GRUNDFOS Pumps (Hong Kong) Ltd.  
Unit 1, Ground floor  
Siu Wai Industrial Centre  
29-33 Wing Hong Street &  
68 King Lam Street, Cheung Sha Wan  
Kowloon  
Phone: +852-27861706 / 27861741  
Telefax: +852-27858664

**Hungary**

GRUNDFOS Hungária Kft.  
Park u. 8  
H-2045 Törökbálint,  
Phone: +36-23 511 110  
Telefax: +36-23 511 111

**India**

GRUNDFOS Pumps India Private Limited  
118 Old Mahaballipuram Road  
Thoraiakkam  
Chennai 600 096  
Phone: +91-44 2496 6800

**Indonesia**

PT GRUNDFOS Pompa  
Jl. Rawa Sumur III, Blok III / CC-1  
Kawasan Industri, Pulogadung  
Jakarta 13930  
Phone: +62-21-460 6909  
Telefax: +62-21-460 6910 / 460 6901

**Ireland**

GRUNDFOS (Ireland) Ltd.  
Unit A, Merrywell Business Park  
Ballymount Road Lower  
Dublin 12  
Phone: +353-1-4089 800  
Telefax: +353-1-4089 830

**Italy**

GRUNDFOS Pompe Italia S.r.l.  
Via Gran Sasso 4  
I-20060 Truccazzano (Milano)  
Tel.: +39-02-95838112  
Telefax: +39-02-95309290 / 95838461

**Japan**

GRUNDFOS Pumps K.K.  
Gotanda Metalion Bldg., 5F,  
5-21-15, Higashi-gotanda  
Shiagawa-ku, Tokyo  
141-0022 Japan  
Phone: +81 35 448 1391  
Telefax: +81 35 448 9619

**Korea**

GRUNDFOS Pumps Korea Ltd.  
6th Floor, Aju Building 679-5  
Yeoksam-dong, Kangnam-ku, 135-916  
Seoul, Korea  
Phone: +82-2-5317 600  
Telefax: +82-2-5633 725

**Latvia**

SIA GRUNDFOS Pumps Latvia  
Deglava biznesa centrs  
Augusta Deglava ielā 60, LV-1035, Rīga,  
Tālr.: + 371 714 9640, 7 149 641  
Fakss: + 371 914 9646

**Lithuania**

GRUNDFOS Pumps UAB  
Smolensko g. 6  
LT-03201 Vilnius  
Tel: + 370 52 395 430  
Telefax: + 370 52 395 431

**Malaysia**

GRUNDFOS Pumps Sdn. Bhd.  
7 Jalan Peguam U1/25  
Glenmarie Industrial Park  
40150 Shah Alam  
Selangor  
Phone: +60-3-5569 2922  
Telefax: +60-3-5569 2866

**Mexico**

Bombas GRUNDFOS de México S.A. de  
C.V.  
Boulevard TLC No. 15  
Parque Industrial Stiva Aeropuerto  
Apodaca, N.L. 66600  
Phone: +52-81-8144 4000  
Telefax: +52-81-8144 4010

**Netherlands**

GRUNDFOS Netherlands  
Veluwezoom 35  
1326 AE Almere  
Postbus 22015  
1302 CA ALMERE  
Tel.: +31-88-478 6336  
Telefax: +31-88-478 6332  
E-mail: info\_gnl@grundfos.com

**New Zealand**

GRUNDFOS Pumps NZ Ltd.  
17 Beatrice Tinsley Crescent  
North Harbour Industrial Estate  
Albany, Auckland  
Phone: +64-9-415 3240  
Telefax: +64-9-415 3250

**Norway**

GRUNDFOS Pumper A/S  
Stramsveien 344  
Postboks 235, Leirdal  
N-1011 Oslo  
Tlf.: +47-22 90 47 00  
Telefax: +47-22 32 21 50

**Poland**

GRUNDFOS Pompy Sp. z o.o.  
ul. Klonowa 23  
Baranowo k. Poznania  
PL-62-081 Przeźmierowo  
Tel: (+48-61) 650 13 00  
Fax: (+48-61) 650 13 50

**Portugal**

Bombas GRUNDFOS Portugal, S.A.  
Rua Calvet de Magalhães, 241  
Apartado 1079  
P-2770-153 Paço de Arcos  
Tel.: +351-21-440 76 00  
Telefax: +351-21-440 76 90

**Romania**

GRUNDFOS Pompe România SRL  
Bd. Biruintei, nr 103  
Pantelimon county Ilfov  
Phone: +40 21 200 4100  
Telefax: +40 21 200 4101  
E-mail: romania@grundfos.ro

**Russia**

ООО Грундфос Россия  
109544, г. Москва, ул. Школьная, 39-41,  
стр. 1  
Тел. (+7) 495 564-88-00 (495) 737-30-00  
Факс (+7) 495 564 88 11  
E-mail grundfos.moscow@grundfos.com

**Serbia**

GRUNDFOS Predstavništvo Beograd  
Dr. Milutina Ivkovića 2a/29  
YU-11000 Beograd  
Phone: +381 11 26 47 877 / 11 26 47 496  
Telefax: +381 11 26 48 340

**Singapore**

GRUNDFOS (Singapore) Pte. Ltd.  
25 Jalan Tukang  
Singapore 619264  
Phone: +65-6681 9688  
Telefax: +65-6681 9689

**Slovenia**

GRUNDFOS d.o.o.  
Šlandrova 8b, SI-1231 Ljubljana-Črnuče  
Phone: +386 1 568 0610  
Telefax: +386 1 568 0619  
E-mail: slovenia@grundfos.si

**South Africa**

GRUNDFOS (PTY) LTD  
Corner Mountjoy and George Allen Roads  
Wilbart Ext. 2  
Bedfordview 2008  
Phone: (+27) 11 579 4800  
Fax: (+27) 11 455 6066  
E-mail: lsmart@grundfos.com

**Spain**

Bombas GRUNDFOS España S.A.  
Camino de la Fuentesilla, s/n  
E-28110 Algete (Madrid)  
Tel.: +34-91-848 8800  
Telefax: +34-91-628 0465

**Sweden**

GRUNDFOS AB  
Box 333 (Lunnagårdsgatan 6)  
431 24 Mölndal  
Tel.: +46 31 332 23 000  
Telefax: +46 31 331 94 60

**Switzerland**

GRUNDFOS Pumpen AG  
Bruggacherstrasse 10  
CH-8117 Fällanden/ZH  
Tel.: +41-1-806 8111  
Telefax: +41-1-806 8115

**Taiwan**

GRUNDFOS Pumps (Taiwan) Ltd.  
7 Floor, 219 Min-Chuan Road  
Taichung, Taiwan, R.O.C.  
Phone: +886-4-2305 0868  
Telefax: +886-4-2305 0878

**Thailand**

GRUNDFOS (Thailand) Ltd.  
92 Chaloe Phrakiat Rama 9 Road,  
Dokmai, Pravej, Bangkok 10250  
Phone: +66-2-725 8999  
Telefax: +66-2-725 8998

**Turkey**

GRUNDFOS POMPA San. ve Tic. Ltd. Sti.  
Gebze Organize Sanayi Bölgesi  
İhsan dede Caddesi,  
2. yol 200, Sokak No. 204  
41490 Gebze/ Kocaeli  
Phone: +90 - 262-679 7979  
Telefax: +90 - 262-679 7905  
E-mail: satis@grundfos.com

**Ukraine**

ТОВ ГРУНДФОС УКРАЇНА  
01010 Київ, Вул. Московська 8б,  
Тел.: (+38 044) 390 40 50  
Факс: (+38 044) 390 40 59  
E-mail: ukraine@grundfos.com

**United Arab Emirates**

GRUNDFOS Gulf Distribution  
P.O. Box 16768  
Jebel Ali Free Zone  
Dubai  
Phone: +971 4 8815 166  
Telefax: +971 4 8815 136

**United Kingdom**

GRUNDFOS Pumps Ltd.  
Grovebury Road  
Leighton Buzzard/Beds. LU7 4TL  
Phone: +44-1525-850000  
Telefax: +44-1525-850011

**U.S.A.**

GRUNDFOS Pumps Corporation  
17100 West 118th Terrace  
Olathe, Kansas 66061  
Phone: +1-913-227-3400  
Telefax: +1-913-227-3500

**Uzbekistan**

Grundfos Tashkent, Uzbekistan The Represent-  
ative Office of Grundfos Kazakhstan in  
Uzbekistan  
38a, Oybek street, Tashkent  
Телефон: (+998) 71 150 3290 / 71 150  
3291  
Факс: (+998) 71 150 3292

Addresses Revised 24.10.2013

<b>98500744</b> 0114
ECM: 1127410

## Manual de Instrucciones



### Datos técnicos

- Precisión: según VDE/VDI 3513
  - PT/PS clase 4 ( $\pm 4\%$  valor final escala)
  - PTM/PSM clase 6 ( $\pm 6\%$  valor final escala)
- Material:
  - PT/PTM Trogamid T
  - PS/PSM: Polisulfón
- Montaje: Vertical (flujo en sentido ascendente)
- Conexiones:
  - PT-11/PS-31 Rosca hembra BSP
  - PT-12/PS-32 Bridas DIN 2501
  - PTM/PSM-01 Rosca hembra BSP
  - PTM/PSM-02 Bridas DIN 2501
- Presión máxima de trabajo:
  - De 8 a 15 bar a 20 °C según el tubo
- Tª máxima del fluido: 0 ... +60°C en Trogamid  
0 ... +90°C en Polisulfón
- Conforme a la Directiva 97/23/CE de Equipos a Presión.



Este equipo está considerado un accesorio a presión y **NO** un accesorio de seguridad según la definición de la Directiva 97/23/CE, Artículo 1, párrafo 2.1.3.

## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El caudalímetro consta de un tubo cónico y un flotador. El caudal ascendente empuja al flotador hasta un punto de equilibrio definido por el área que se obtiene entre el flotador y el tubo.

Este tipo de principio de medida se denomina de área variable.

El punto de equilibrio depende de:

- Peso del flotador:  $P_f$
- Empuje del fluido:  $E$
- Área libre de paso:  $A_l$

El área proporcional al caudal será:

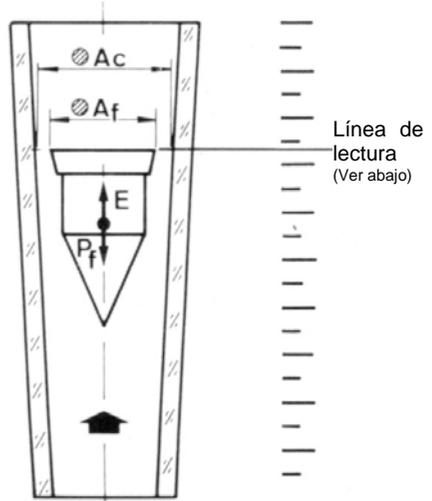
$$A_l = A_c - A_f$$

donde:

$A_c$  = Sección del tubo

$A_f$  = Sección del flotador

Cada posición del flotador corresponde a un caudal indicado en la escala impresa sobre el tubo de medida.



## RECEPCIÓN

El caudalímetro se suministra listos para su instalación y funcionamiento.

Asimismo, se suministran embalados para su protección durante el transporte y almacenamiento. Antes de su montaje, deben retirarse los elementos que fijan el flotador durante el transporte.

Invirtiéndolo suavemente, comprobar que el flotador se mueve libremente arriba y abajo por toda la longitud del tubo.

## INSTALACIÓN

Con anterioridad a la instalación, asegurarse que las juntas son del material adecuado para el fluido a medir.

El instrumento debe instalarse teniendo en cuenta que:

La entrada del fluido será por la parte inferior (valor mínimo de la escala).

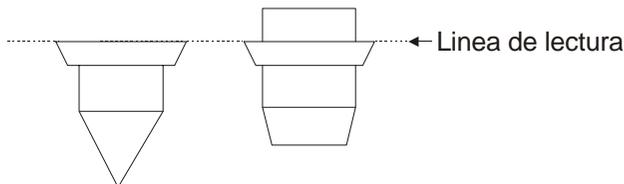
La salida se efectuará por la parte superior (Valor máximo de la escala).

Es muy importante que se instale el caudalímetro completamente vertical, ya que variaciones del orden de 5-10° con respecto a la vertical, provocan errores del orden del 10%.

## LECTURA DEL CAUDAL

El flotador determina la medida del caudal circulante sobre la escala.

Para las diferentes formas de flotador, las lecturas deben tomarse a la altura dada en el siguiente dibujo.



## LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO

Para una limpieza rutinaria, normalmente es suficiente con pasar una solución de agua y detergente a través del caudalímetro.

Si el flotador está atascado o el tubo demasiado sucio, el caudalímetro deberá ser desinstalado de la línea y desmontado para limpiar el tubo y el flotador.

Antes de desmontarlo, cierre el abastecimiento de fluido al caudalímetro.

Quite el caudalímetro de la línea desmontando las conexiones de la parte superior y inferior (1). Retire las tuercas (2) y los topes del flotador (3).

Quite el flotador (4).

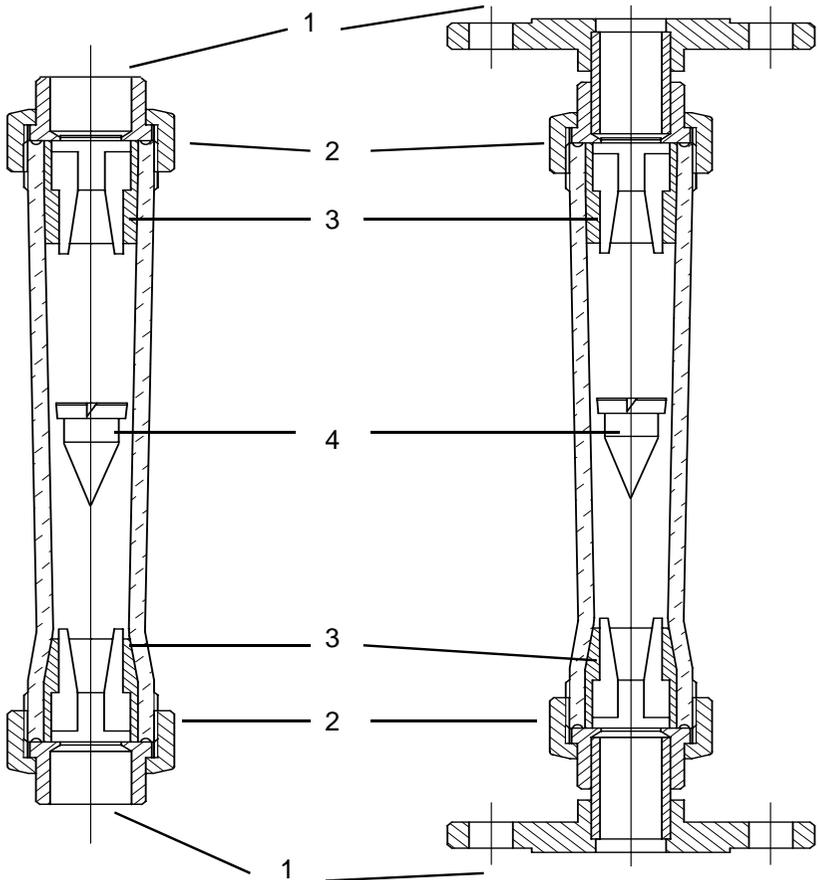
El tubo y el flotador ya pueden ser limpiados usando un detergente apropiado.

Debe tenerse cuidado de no dañar el tubo durante la limpieza. Se recomienda usar un paño.

**Importante:** Nunca debe utilizarse alcohol etílico o detergentes compuestos por alcohol para limpiar el tubo.



Existen gran variedad de agentes químicos que pueden dañar el tubo del caudalímetro, por lo tanto, es aconsejable que ante cualquier duda lo consulten con el fabricante.



El flotador debe limpiarse con un cepillo suave, NUNCA CON UTENSILIOS METÁLICOS, que podrían rayar su superficie.

Para el montaje debe seguirse el proceso inverso al de desmontaje. Introduciendo el flotador de forma que el diámetro mayor siempre este arriba. Antes de volver a instalar el caudalímetro en la línea verificar si el flotador se mueve libremente por el tubo de plástico.

### **CAMBIO DEL TUBO DE PLÁSTICO.**

Para el reemplazo del tubo de plástico se seguirá el procedimiento anterior de desmontaje, montaje y reinstalación del caudalímetro, reemplazando el tubo una vez desmontado.

### **GARANTÍA**

Tecfluid S.A. GARANTIZA TODOS SUS PRODUCTOS POR UN PERÍODO DE 24 MESES desde su venta, contra cualquier defecto de materiales, fabricación y funcionamiento.

Quedan excluidas de esta garantía las averías que pueden atribuirse al uso indebido o aplicación diferente a la especificada en el pedido, manipulación por personal no autorizado por Tecfluid S.A., manejo inadecuado y malos tratos.

La obligación asumida por esta garantía se limita a la sustitución o reparación de las partes en las cuales se observen defectos que no hayan sido causados por uso indebido.

Esta garantía se limita a la reparación del equipo con exclusión de responsabilidad por cualquier otro daño.

Cualquier envío de material a nuestras instalaciones o a un distribuidor debe ser previamente autorizado.

Los productos enviados a nuestras instalaciones deberán estar debidamente embalados, limpios y completamente exentos de materias líquidas, grasas o sustancias nocivas, no aceptándose ninguna responsabilidad por posibles daños producidos durante el transporte. El equipo a reparar se deberá acompañar con una nota indicando el defecto observado, nombre, dirección y número de teléfono del usuario.

---

TECFLUID S.A.  
Narcís Monturiol, 33  
E-08960 Sant Just Desvern  
Tel. + 34 933 724 511 - Fax + 34 934 730 854  
E-mail: [tecfluid@tecfluid.com](mailto:tecfluid@tecfluid.com)  
Internet: [www.tecfluid.com](http://www.tecfluid.com)

## 3100 Series and 3200 Heavy Duty Series Compact OEM Pressure Transmitters

- ▶ 0–100 psi to 0-30,000 psi ranges (0-7 bar to 0-2,200 bar)
- ▶ High Proof Pressures
- ▶ Broad Choice of Outputs
- ▶ RoHS Compliant

For OEMs that need consistent high levels of performance, reliability and stability the 3100 and 3200 Series sputtered thin film units offer unbeatable price performance ratio in a small package size. They feature all-stainless steel wetted parts, a broad selection of electrical and pressure connections, and wide choice of electrical outputs to allow stock configurations suitable for most applications without modification. At the heart of both these series is a sputter element that also provides exceptional temperature specifications. Plus, our manufacturing process for the 3100 and 3200 Series include the latest automated equipment, producing the most consistent and best price to performance sensor on the market today.

Additionally, 3200 Series transmitters feature thicker diaphragms and a pressure restrictor to withstand the rigors of cavitations or extreme pressure spikes, delivering years of reliable and stable performance in pulsating applications.

The compact construction of both these series makes them ideal for installation where space is at a premium. And they are fully RoHS compliant.

### Specifications

Performance	
<b>Long Term Drift</b>	0.2% FS/YR (non-cumulative)
<b>Accuracy</b>	
3100	0.25% FS
3200	0.5% FS for <1000 psi (60 bar)
<b>Thermal Error</b>	
3100	0.83% FS/100°F (1.5% FS/100°C)
3200	2% FS/100°C for <1000 psi (60 bar)
<b>Compensated Temperatures</b>	
-40°F to +257°F (-40°C to +125°C)	
<b>Operating Temperatures</b>	
-40°F to +257°F (-40°C to +125°C)	
<b>Zero Tolerance</b>	
3100	0.5% of span
3200	1% FS for <1000 psi (60 bar)
<b>Span Tolerance</b>	
3100	0.5% of span
3200	1% FS for <1000 psi (60 bar)
<b>Response Time</b>	1 ms
<b>Fatigue Life</b>	Designed for more than 100 M cycles
<b>Mechanical Configuration</b>	
<b>Pressure Port</b>	See under "How to Order," last page
<b>Wetted Parts</b>	17-4 PH Stainless Steel
<b>Electrical Connection</b>	See under "How to Order," last page
<b>Enclosure</b>	IP67 (IP65 for electrical code G)
<b>Vibration</b>	40G peak to peak sinusoidal, (Random Vibration: 20 to 1000 Hz @ approx. 40G peak per MIL-STD-810E)
<b>Shock</b>	Withstands free fall to IEC 68-2-32 procedure 1
<b>EMC (Radiated Immunity)</b>	100 V/m
<b>Approvals</b>	CE, conforms to European Pressure Directive, Fully RoHS compliant, UL recognized files # E219842 & E174228
<b>Weight</b>	35 grams



### Individual Specifications

<b>Voltage</b>	
<b>Output (3-wire)</b>	0 V min. to 10 V max. See under "How to Order," last page
<b>Supply Voltage</b>	2 Volts above full scale to 30 Vdc max @ 4.5 mA (6.5 mA on dual output version)
<b>Source and Sinks</b>	2 mA
<b>Current</b>	
<b>Output (2-wire)</b>	4-20 mA
<b>Supply Voltage</b>	8-30 Vdc
<b>Maximum Loop Resistance</b>	(Supply Voltage-8) x 50 ohms
<b>Ratiometric</b>	
<b>Output</b>	0.5 to 4.5 Vdc @ 4 mA (6.5 mA on dual output version)
<b>Supply Voltage</b>	5 Vdc ±10%

**Pressure Capability**

Pressure Range PSI (Bar)	Proof Pressure (x Full Scale)		Burst Pressure (x Full Scale)	
	3100	3200	3100	3200
100-300 (7-25)	3.00 x FS	3.00 x FS	40 x FS	
500-1,500 (40-100)			20 x FS	
2,000-6,000 (160-400)			10 x FS	
7,500-9,000 (600)			10 x FS	
10,000 (700)	2.50 x FS	2.50 x FS	4 x FS	
15,000 (1,000)			>60,000 PSI (4,000 bar)	
25,000 (1,800)				
30,000 (2,200)	1.40 x FS	—	1.5 x FS	

**Pressure Ports**

SAE Dimensions in Inches				
	<b>Fitting Code</b> <b>Torque</b>	<b>08 = 1/8"-27 NPT</b> 2-3 TFFT*	<b>4D = 1/8"-27 NPTF Dryseal</b> 2-3 TFFT*	<b>02 = 1/4"-18 NPT</b> 2-3 TFFT*
<b>Fitting Code</b> <b>Torque</b>	<b>4C = 1/4"-18 NPTF Dryseal</b> 2-3 TFFT*	<b>4N = SAE J1926:2/3/8-24</b> 18-20 NM	<b>1J = 7/16"-20 UNF with O-Ring</b> 18-20 NM	<b>04 = 7/16"-20 UNF with 37° Flare</b> 15-16 NM
			Metric Dimensions in MM →	
<b>Fitting Code</b> <b>Torque</b>	<b>1G = SAE 4 Female 7/16" Schraeder</b> 18-20 NM	<b>1P = 9/16-18 "Heavy Duty"</b> 18-20 NM		<b>01 = G1/4"-27 External</b> 30-35NM
	 <i>Metric</i>	 <i>Metric</i>	 <i>Metric</i>	 <i>Metric</i>
<b>Fitting Code</b> <b>Torque</b>	<b>05 = G1/4" A Integral Face Seal</b> 30-35 NM	<b>0L = M12 x 1.5</b> 28-30 NM	<b>2T = M12x1.5 HP Metal Washer Seal</b> 30-35 NM	<b>0K = M14 x 1.5</b> 2-3 TFFT*

\*NPT Threads 2-3 turns from finger tight. Wrench tighten 2-3 turns.

General Notes:

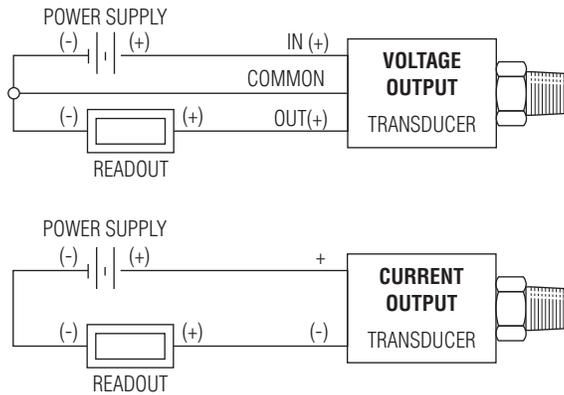
1. The diameter of all cans is 19 mm (0.748")
2. Hex is 22 mm (0.866") Across Flats (A/F) for deep socket mounting
3. O-Ring material, where applicable, is Nitrile<sup>®</sup> unless otherwise specified.

## Electrical Connector

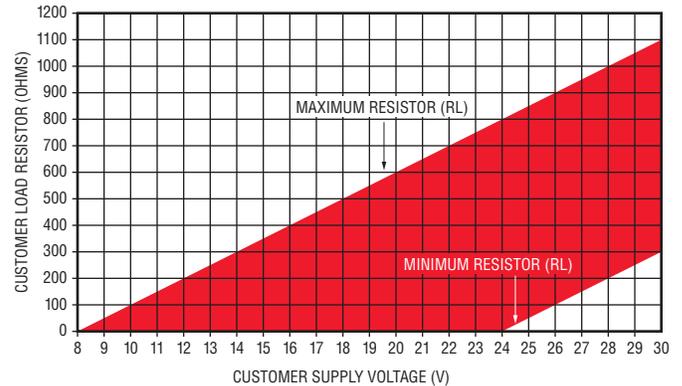
DIN 9.4 mm	M12 x 1P	Amp Superseal 1.5	Deutsch DT04-4P	DIN 43650A

Code B			Code R		Code E		Code 6		Code 8		Code G	
Pin #	Voltage Mode	Current Mode	Voltage Mode	Current Mode	Voltage Mode	Current Mode	Voltage Mode	Current Mode	Voltage Mode	Current Mode	Voltage Mode	Current Mode
1	V <sub>out 1</sub> (pressure)	No Connect	V <sub>supply</sub>	Supply	V <sub>supply</sub>	Supply	V <sub>out</sub>	No Connect	Ground	Return	V <sub>supply</sub>	Supply
2	V <sub>supply</sub>	Supply	Ground	Return	V <sub>out</sub>	No Connect	Ground	Return	V <sub>supply</sub>	Supply	Ground	Return
3	V <sub>out 2</sub> (temp)	No Connect	V <sub>out</sub>	No Connect	Ground	Return	V <sub>supply</sub>	Supply	No Connect	No Connect	V <sub>out</sub>	No Connect
4	Ground	Return	No Connect	No Connect	No Connect	No Connect	—	—	V <sub>out</sub>	No Connect	No Connect	No Connect

## Wiring Diagram



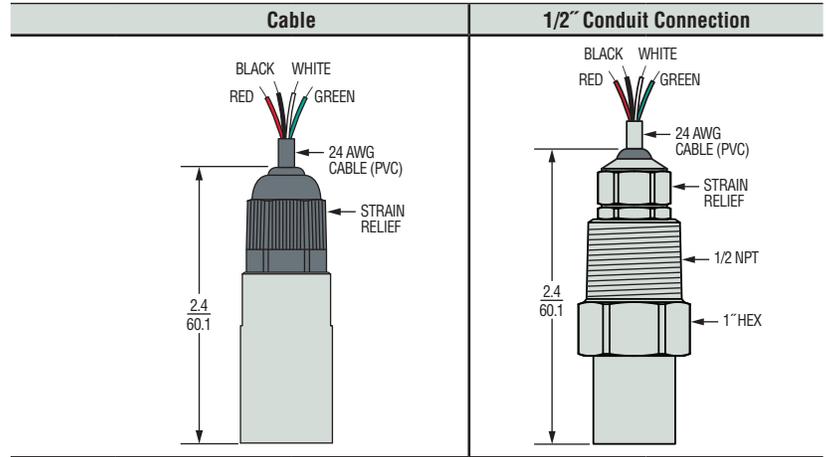
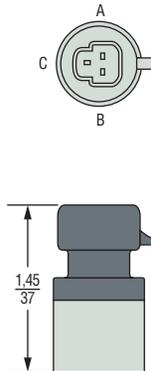
## Current Output Mode (Load Resistor Range)



Minimum Resistor Value =  $50 \cdot (+V - 24)$  for  $+V > 24V$   
 Maximum Resistor Value =  $50 \cdot (+V - 8)$  for  $+V > 8V$

**Cable-Out Types**

**Packard MetriPack**



**Code 9**

Pin ID	Voltage Mode	Current Mode
C	$V_{out}$	No Connect
A	Ground	Return
B	$V_{supply}$	Supply
—	—	—

**Code F**

Wire Color	Voltage Mode	Current Mode
Red	Supply	Supply
Black	Ground	Return
White	$V_{out1}$ (pressure)	No Connect
Green	$V_{out2}$ (temp)	No Connect

**Code 3**

Wire Color	Voltage Mode	Current Mode
Red	Supply	Supply
Black	Ground	Return
White	$V_{out1}$ (pressure)	No Connect
Green	$V_{out2}$ (temp)	No Connect

**Mating Connectors**

Part Number	Description	For Use on Elect. Code #
557230	MINI DIN Connector, Strain Relief (with drive screw & gasket)	B and R
557703-01M0	M12 Cord Set – 1 Meter (Red 1, Green 2, Blue 3, Yellow 4)	E
557703-03M0	M12 Cord Set – 3 Meters (Red 1, Green 2, Blue 3, Yellow 4)	E
557703-04M0	M12 Cord Set – 4 Meters (Red 1, Green 2, Blue 3, Yellow 4)	E
557703-05M0	M12 Cord Set – 5 Meters (Red 1, Green 2, Blue 3, Yellow 4)	E
	Recommended Mating Parts (AMP p/n: Housing 282087-1; Contacts 3X 183025-1; Seal 281934-1; Boot 880811-2)	6
557701	AMP Superseal Mate Kit	6
210729	AMP 3.5' Cable Cord Set – Clear Pos 1, Black Pos 2, Red Pos 3	6
210730	AMP 12" Flying Leads Cord Set – White Pos 1, Black, Red Pos 3	6
	Recommended Mating Parts (AMP p/n: Socket Conn 1-967325-1. Consult AMP for Contacts, Wire Seal and Strain Relief options)	7
557702	DIN 72585 Twist Lock Mate Kit	7
	Recommended Mating Parts (Deutsch p/n: Housing Plug DT064S-P012; Wedge W4S-P012; Sockets 4X 0462-201-1631)	8
224153	Deutsch Cord Set 3' Long (18 AWG PVC Cable – Black 1, Red 2, Green 3, White 4)	8
	Recommended Mating Parts (Delphi Packard MetriPack p/n: Body 12065286; Seal 12052893. Consult Delphi for Contacts)	9
218760	Packard Mate Kit	9
223974	Packard Cord Set 3' Long (24 AWG PVC Cable – White 1, Black 2, Red 3)	9
223975	Packard Cord Set 6' Long (24 AWG PVC Cable – White 1, Black 2, Red 3)	9
227987	Packard Cord Set 14.75' Long (22 AWG PVC Cable - White 1, Black 2, Red 3)	9
220492	Packard Mate - 12" Flying Leads – 3 Conductor PVC 18 AWG	9
222976	Packard Mate - 18" Flying Leads – 3 Conductor PVC 18 AWG	9
220797	Packard Mate - 24" Flying Leads – 3 Conductor PVC 18 AWG	9

## How to Order

Use the **bold** characters from the chart below to construct a product code

			<b>3100</b>	<b>B</b>	<b>200PG</b>	<b>02</b>	<b>B</b>	<b>R</b>	<b>01</b>	
Series	<p><b>3100 / 3200</b> - Pressure Transducer – Combination Pressure and Temperature<sup>1</sup>  <b>3101 / 3201</b> - Temp. Output Range -40°C to 125°C  <b>3102 / 3202</b> - Temp. Output Range 0°C to 100°C  <b>3103 / 3203</b> - Temp. Output Range 0°C to 80°C</p>									Cable Length (For electrical connections F& 3 only)
Output	<p><b>B</b> - 4-20 mA      <b>C</b> - 1-6 V      <b>H</b> - 1-5 V  <b>N</b> - 0.5-4.5 V    <b>R</b> - 0-5 V<sup>2</sup>      <b>S</b> - 0-10 V<sup>2</sup>  <b>T</b> - 0.5-4.5 V Ratiometric</p>									Optional Restrictor (3200 only)
Pressure Range – psi	<p><b>100PG</b> - 0-100 psiG    <b>10CPG</b> - 0-1,000 psiG    <b>10KPS</b> = 0-10,000 psiS  <b>150PG</b> - 0-150 psiG    <b>15CPG</b> - 0-1,500 psiG    <b>15KPS</b> - 0-15,000 psiS<sup>3</sup>  <b>200PG</b> - 0-200 psiG    <b>20CPS</b> - 0-2,000 psiS    <b>20KPS</b> - 0-20,000 psiS<sup>3</sup>  <b>300PG</b> - 0-300 psiG    <b>25CPS</b> - 0-2,500 psiS    <b>25KPS</b> - 0-25,000 psiS<sup>3</sup>  <b>500PG</b> - 0-500 psiG    <b>30CPS</b> - 0-3,000 psiS  <b>600PG</b> - 0-600 psiG    <b>35CPS</b> - 0-3,500 psiS  <b>750PG</b> - 0-750 psiG    <b>40CPS</b> - 0-4,000 psiS                                   <b>50CPS</b> - 0-5,000 psiS                                   <b>60CPS</b> - 0-6,000 psiS                                   <b>75CPS</b> - 0-7,500 psiS</p>									Electrical Connection <sup>5</sup>
Pressure Range - bar	<p><b>0007G</b> - 0-7 barG      <b>0160S</b> - 0-160 barS      <b>1000S</b> - 1,000 barS<sup>3</sup>  <b>0010G</b> - 0-10 barG    <b>0250S</b> - 0-250 barS      <b>1600S</b> - 1,600 barS<sup>3</sup>  <b>0016G</b> - 0-16 barG    <b>0400S</b> - 0-400 barS  <b>0025G</b> - 0-25 barG    <b>0600S</b> - 0-600 barS  <b>0040G</b> - 0-40 barG  <b>0060G</b> - 0-60 barG  <b>0100G</b> - 0-100 barG</p>									Pressure Port <sup>4</sup>
										<p><b>00</b> - No Cable  <b>01</b> - 1 meter  <b>02</b> - 2 meters  <b>03</b> - 3 meters  <b>04</b> - 4 meters  <b>05</b> - 5 meters</p> <p><b>R</b> - Restrictor  <b>0</b> - No Restrictor</p> <p><b>B</b> - Industrial DIN 9.4 mm  (mating connector not supplied)  <b>E</b> - M12 x 1P (4-Pin)  <b>F</b> - Cable version  <b>G</b> - Large DIN  <b>R</b> - Industrial DIN 9.4 mm (alternate pin out)  <b>3</b> - 1/2" NPT Male Conduit  <b>6</b> - Amp - Superseal 1.5 Series  <b>8</b> - Deutsch DT04-4P  <b>9</b> - Packard MetriPack</p> <p><b>08</b> - 1/8-27 NPT External  <b>02</b> - 1/4-18 NPT External  <b>04</b> - 7/16-20 External (SAE #4, J514)  <b>1J</b> - 7/16-20 External (SAE #4, J1926-2)  <b>0E</b> - 1/4"-18 NPT Internal  <b>0K</b> - M14 x 1.5 Straight  <b>1G</b> - Schrader SAE #4, 7/16" Internal  <b>1P</b> - SAE 6 (9/16"-18 UNF 2A)  <b>4C</b> - 1/4-18 NPTF External (Dryseal)  <b>4D</b> - 1/8-27 NPTF External (Dryseal)  <b>4N</b> - SAE 3 (3/8-24 UNF External)</p> <p>European Threads  <b>01</b> - G1/4 External  <b>05</b> - G1/4 External Soft Seal  <b>0L</b> - M12 x 1.5 (&lt;1,000 bar, 15,000 psi)  <b>2T</b> - M12 x 1.5 (6g) (≥1,000 bar, 15,000 psi)</p>

Notes:

- Temperature outputs are for voltage output pressure sensors only (applies to codes **-C**, **-H**, **-N**, and **-T** only) and limited to connections that have 4 pins (Electrical codes **-B**, **-E** and **-8**). Accuracy is 3.5% of temperature span. Requires additional 2mA of power.
- For use with pull-up or pull-down resistors, contact factory.
- Ranges 15,000 psi (1,000 bar) and above available with **-2T** pressure port only.
- Pressure ports **0E** and **1G** are NOT available with the Restrictor option.
- For electrical codes **F** & **3**, specify cable length in meters.



NOTES

A large grid of dashed red lines for taking notes, occupying most of the page.