

## **ANEJO N° 11: CÁLCULOS HIDRÁULICOS**

## INDICE

<b>1. DISEÑO DE LA RED EN ALTA .....</b>	<b>1</b>
<b>2. CALCULO DE LOS CAUDALES DE DEMANDA .....</b>	<b>1</b>
2.1. ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN .....	2
2.2. DOTACIÓN ABASTECIMIENTO .....	2
2.3. COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE LA DEMANDA.....	3
2.4. CÁLCULO DE LOS CONSUMOS DIARIOS DE AGUA .....	3
<b>3. CAPACIDAD DEL REGULACIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>4. CALCULO DEL BOMBEO.....</b>	<b>8</b>
4.1. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA.....	8
4.2. ESTUDIO HIDRÁULICO.....	9
4.3. ALTURA MANOMÉTRICA.....	10
4.4. MAGNITUDES .....	11
4.5. POTENCIA DE UN GRUPO MOTOBOMBA.....	11
4.6. RESULTADOS DEL CÁLCULO .....	12
4.7. SELECCIÓN DE BOMBAS.....	13
<b>5. CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE.....</b>	<b>13</b>
<b>APÉNDICE 1: CALCULO DEL BOMBEO.....</b>	<b>15</b>
<b>APÉNDICE 2: EQUIPO DE BOMBEO .....</b>	<b>17</b>

## **A N E J O   N º   1 1 : C Á L C U L O S   H I D R Á U L I C O S**

### **1. DISEÑO DE LA RED EN ALTA**

---

Tal como se describe en la memoria del presente proyecto, el poblado y las oficinas de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en el embalse de Canales, situadas sobre el estribo izquierdo de la presa, al igual que el pueblo de Canales, se abastecen de agua potable procedente de la Fuente de las Jarras, en la llamada Cañada Anita. El sistema de abastecimiento es conjunto, desde la toma de la Cañada Anita, para el poblado de la presa y el pueblo de Canales, hasta un depósito común, donde se dividen y diferencian, al tomarse para el pueblo las sobrantes del abastecimiento del poblado de la presa, en un aliviadero superior.

Debido al escabroso trazado de la conducción principal, son muy frecuentes problemas de abastecimiento en el pueblo de Canales, y en el poblado y oficinas de la presa, de modo que es habitual la falta de suministro por averías y roturas en dichas conducciones, toma o elementos hidromecánicos de impulsión y distribución, o simplemente por incrementos en el consumo del pueblo o bajada de nivel brusco en el depósito partidior común o en el de carga del pueblo.

Por ello se pretende con esta actuación desligar el abastecimiento del sistema de la toma de la Cañada Anita y su problemática conducción por el vaso del embalse.

En resumen, se propone realizar un sondeo que garantice el suministro a la población, que se impulsaría bombeada desde el mismo, en un punto concreto, y se incorporaría al depósito de tratamiento del pueblo de Canales. Desde aquí se realizaría una conexión entre el citado depósito del pueblo de Canales y el depósito de tratamiento y distribución del poblado y oficinas de la presa, para su abastecimiento, de modo que el poblado se suministre de la red del pueblo.

Se modifica así el sistema de abastecimiento en alta al municipio. Es por ello, por lo que repasaremos el nuevo esquema de trabajo.

### **2. CALCULO DE LOS CAUDALES DE DEMANDA**


---

Con idea de conocer el correcto funcionamiento del sistema de suministro es necesario conocer el caudal de demanda necesario a lo largo de distintas épocas del año y validar el sistema elegido.

Partiremos de información y datos teóricos para este tipo de poblaciones para luego compararlos con los datos reales obtenidos de la observación de los consumos a lo largo de un año.

## 2.1. ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN

Según los datos del Padrón del año 2016 de la Encuesta de Infraestructuras y Equipamientos Locales, la población del asentamiento de canales es de 88 habitantes, considerando una población estacional máxima de 198 habitantes y contemplando la existencia de 40 viviendas.



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA Y PARA LAS ADMINISTRACIONES TERRITORIALES

Encuesta de infraestructura y equipamientos locales
Períodos 2000, 2005, 2008 - 2016

Visualización de datos

Volver a la portada

ENCUESTA DE INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTOS LOCALES

C.AUTÓNOMA, DIPUTACIÓN / CABILDO O C.INSULAR

Granada

MUNICIPIO

Güejar Sierra

PROVINCIA

18

ISLA

MUNICIPIO

094

i
Mostrar textos explicativos en vez de códigos

CUADRO 01.

1. INFORMACIÓN DEMOGRÁFICA.

1.1. Población, viviendas y accesibilidad de los núcleos.

1.1.1. Núcleos de población encuestados. 1

PERÍODO	NÚCLEO DE POBLACIÓN		PADRÓN	POBLACIÓN ESTACIONAL MÁXIMA	ALTITUD	VIVIENDAS FAMILIARES	PLAZAS HOTELERAS	PLAZAS DE TURISMO RURAL	ACCESIBILIDAD
	Código INE		Habitantes	Habitantes	m	nº	nº	nº	CI
2016	0001	71	88	198	1105	40	0	0	NO ⓘ
2016	0002	01	2474	2968	1080	1512	528	17	NO ⓘ
T. NÚCLEO			2562	3166		1552	528	17	
T. DISEMINADO			391	400		31	0	0	
T. MUNICIPIO			2953	3566		1583	528	17	

No obstante, a pesar de que la relación entre la población de hecho y derecho no debe de ser significativa, dada la cercanía al área metropolitana de Granada, ésta puede ser incluso negativa pudiendo llegar a ser inferior a la población de derecho. No obstante, y con objeto de mantener el cálculo dentro de la seguridad, utilizaremos la población estacional máxima, resultando una población de cálculo de 198 hab.

## 2.2. DOTACIÓN ABASTECIMIENTO

Respecto de la dotación, ésta varía considerablemente según la naturaleza de la población y su grado de industrialización. En este caso al tratarse de población rural escasamente industrializada la dotación puede asimilarse a un residencial de estancia permanente con poca estacionalidad.

En este sentido el Plan Hidrológico de la Cuenca del Guadalquivir (2015-2021), aprobado por Real Decreto 1/2016, indica, según datos del año 2015, para poblaciones de menos de 10.000 hab, una dotación actual de 225 l/hab.día aunque los consumos, según IPH, se estiman en 330 l/hab. y día.

Aunque es del todo seguro que, por las características actuales de la población, y el estado de la red de abastecimiento en el núcleo, las dotaciones son muy superiores utilizaremos el valor de 330 l/hab. y día previsto por el Plan Hidrológico para el año horizonte.

### 2.3. COEFICIENTES DE VARIACIÓN DE LA DEMANDA

A lo largo del año, sobre cualquier población, se producen variaciones en el consumo. Ésta variaciones pueden reflejarse mediante los coeficientes de variación, en los que distinguiremos tres:

- |                                    |      |
|------------------------------------|------|
| - Coeficiente de variación estival | 1.25 |
| - Coeficiente de variación semanal | 1.10 |
| - Coeficiente de variación diaria  | -    |

Puesto que el sistema que se comprueba es de abastecimiento en alta, no se encuentra sujeto a las variaciones diarias que asumirá la capacidad de almacenamiento o regulación del abastecimiento.

El coeficiente de variación semanal depende del nivel de empleo existente en el municipio y a la estructura de la población y se estima en algunas publicaciones de 1.20. no obstante, y puesto que se trata fundamentalmente de empleo rural dedicado a la agricultura la variación debe de ser mínima por lo que hemos adoptado un valor simbólico.

El coeficiente de variación estival debe de ser superior al tratarse de un municipio con un fuerte carácter emigratorio. Eso hace que en los periodos vacacionales la población aumente aun tratándose de una población de interior poco vinculada al turismo. Es por ello, por lo que hemos considerado un coeficiente algo inferior a las poblaciones del extrarradio de Granada y que se estima en 1.35.

### 2.4. CÁLCULO DE LOS CONSUMOS DIARIOS DE AGUA

Contando con la población total a abastecer, la dotación y los coeficientes de mayoración necesarios se obtienen las necesidades máximas del municipio:

$$\begin{aligned}\text{Vol. medio diario} &= 198 \text{ hab.} \times 330 \text{ l/hab. día} / 1000 \text{ l/m}^3 = 65,34 \text{ m}^3/\text{día} \\ \text{Vol. máx. Diario} &= 65,34 \text{ m}^3/\text{día} \times 1.25 \times 1.10 = 89,84 \text{ m}^3/\text{día}\end{aligned}$$

Según estas suposiciones, las necesidades de suministro varían entre 65,34– 89,84 metros cúbicos al día lo que supone un volumen medio de 0,76 l/s y 1,04 l/s.

Se recibe, por parte de la persona que gestiona el consumo de agua del asentamiento de canales, lecturas de consumos quincenales durante todo el año 2017. Indicar que en estos datos no aparecen los consumos de las viviendas y oficinas del poblado de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

FECHA	DIAS	LECTURA (m <sup>3</sup> )	CONSUMO MEDIO (m <sup>3</sup> /día)	CONSUMO MEDIO (l/s)
<b>30/12/2016</b>				
<b>16/01/2017</b>	17	237	13.941	0.161
<b>31/01/2017</b>	15	146	9.733	0.113
<b>15/02/2017</b>	15	365	24.333	0.282
<b>01/03/2017</b>	14	197	14.071	0.163
<b>16/03/2017</b>	15	212	14.133	0.164
<b>31/03/2017</b>	15	236	15.733	0.182
<b>12/04/2017</b>	12	272	22.667	0.262
<b>02/05/2017</b>	20	462	23.100	0.267
<b>15/05/2017</b>	13	343	26.385	0.305
<b>31/05/2017</b>	16	577	36.063	0.417
<b>16/06/2017</b>	16	776	48.500	0.561
<b>30/06/2017</b>	14	891	63.643	0.737
<b>14/07/2017</b>	14	785	56.071	0.649
<b>31/07/2017</b>	17	973	<b>57.235</b>	<b>0.662</b>
<b>16/08/2017</b>	16	884	55.250	0.639
<b>04/09/2017</b>	19	965	50.789	0.588
<b>14/09/2017</b>	10	331	33.100	0.383
<b>29/09/2017</b>	15	414	27.600	0.319
<b>16/10/2017</b>	17	391	23.000	0.266
<b>31/10/2017</b>	15	249	16.600	0.192
<b>17/11/2017</b>	17	162	<b>9.529</b>	<b>0.110</b>
<b>30/11/2017</b>	13	156	12.000	0.139
<b>18/12/2017</b>	18	226	12.556	0.145
<b>31/12/2017</b>	13	192	14.769	0.171
	<b>366</b>	<b>10,442</b>	<b>28.530</b>	<b>0.330</b>

Como se puede observar se obtiene un consumo medio diario de 28,53 m<sup>3</sup>/día y un consumo máximo diario de 57,24 m<sup>3</sup>/día coincidiendo con el mes de Junio.

A estos valores hay que incluir el consumo de las viviendas y oficinas del poblado de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, para lo cual se va a suponer que de media consumen la mitad del depósito de regulación de 60 m<sup>3</sup> que disponen, llegando a consumir el depósito al completo durante el periodo de consumo máximo. De esta forma se obtienen los siguientes volúmenes:

Vol. medio diario =  $28,53 \text{ m}^3/\text{día} + 30 \text{ m}^3/\text{día} = 58,53 \text{ m}^3/\text{día}$

Vol. máx. Diario =  $57,24 \text{ m}^3/\text{día} + 60 \text{ m}^3/\text{día} = 117,24 \text{ m}^3/\text{día}$

De esta forma **las necesidades de suministro varían entre 58,53– 117,24 metros cúbicos al día** lo que supone un **volumen medio de 0,68 l/s y 1,36 l/s**, algo superiores a los obtenidos anteriormente por población y dotaciones teóricas.

### 3. CAPACIDAD DEL REGULACIÓN

---

Teniendo en cuenta que, así como el caudal de abastecimiento es constante durante las veinticuatro horas del día en caso de conducción rodada y que, en cambio, el caudal de consumo podría ser esencialmente variable, se precisa disponer de una capacidad de almacenamiento del agua sobrante cuando el caudal de consumo sea menor que el de abastecimiento, y aporte la diferencia entre ambos cuando sea mayor el de consumo.

La capacidad así requerida se denominará de regulación, **capacidad mínima**. Pero el depósito ha de cubrir también otras atenciones de gran importancia en el servicio urbano, a saber:

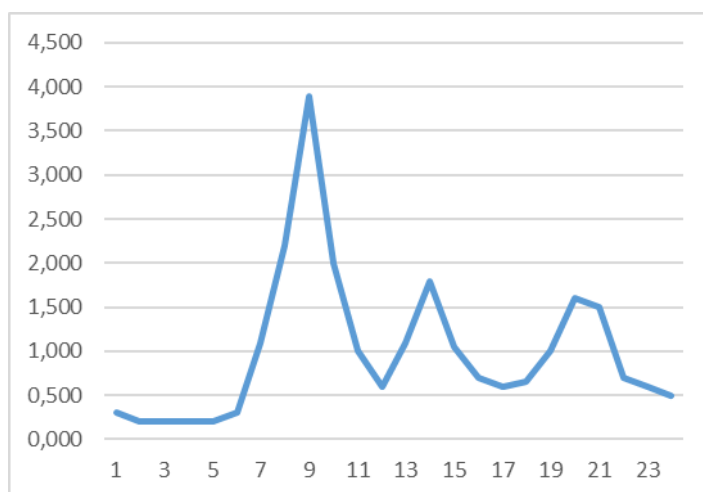
- a) Proporcionar un suplemento extraordinario de agua en casos de incendios.
- b) Atender a las necesidades de la población en caso de reparaciones o averías que exijan el corte de la conducción, o el paro de la elevación.

Se define como **capacidad media normal** de un depósito la requerida para hacer frente, prudencialmente, a las tres necesidades antes dichas.

Atendiendo únicamente a la función reguladora de suministro, según las «Normas provisionales para la redacción de proyectos de abastecimiento y saneamiento de poblaciones» de la Dirección General de Obras Hidráulicas (octubre de 1971), pueden establecerse los caudales a aportar por el depósito. Para el estudio de la capacidad de regulación del depósito es imprescindible conocer o fijar como hipótesis la variación del consumo diario y estacional. Para comprobar el volumen del depósito necesario y puesto que no se conoce la curva de distribución de demanda de agua, se han realizado distintas simulaciones con las que se ha estimado el volumen de regulación necesario en cada caso.

El caudal necesario medio diario va en función de la dotación estimada anteriormente. Se tiene pues, un consumo medio diario punta de **117,24 m<sup>3</sup>/día**. en la época del año de mayor consumo.

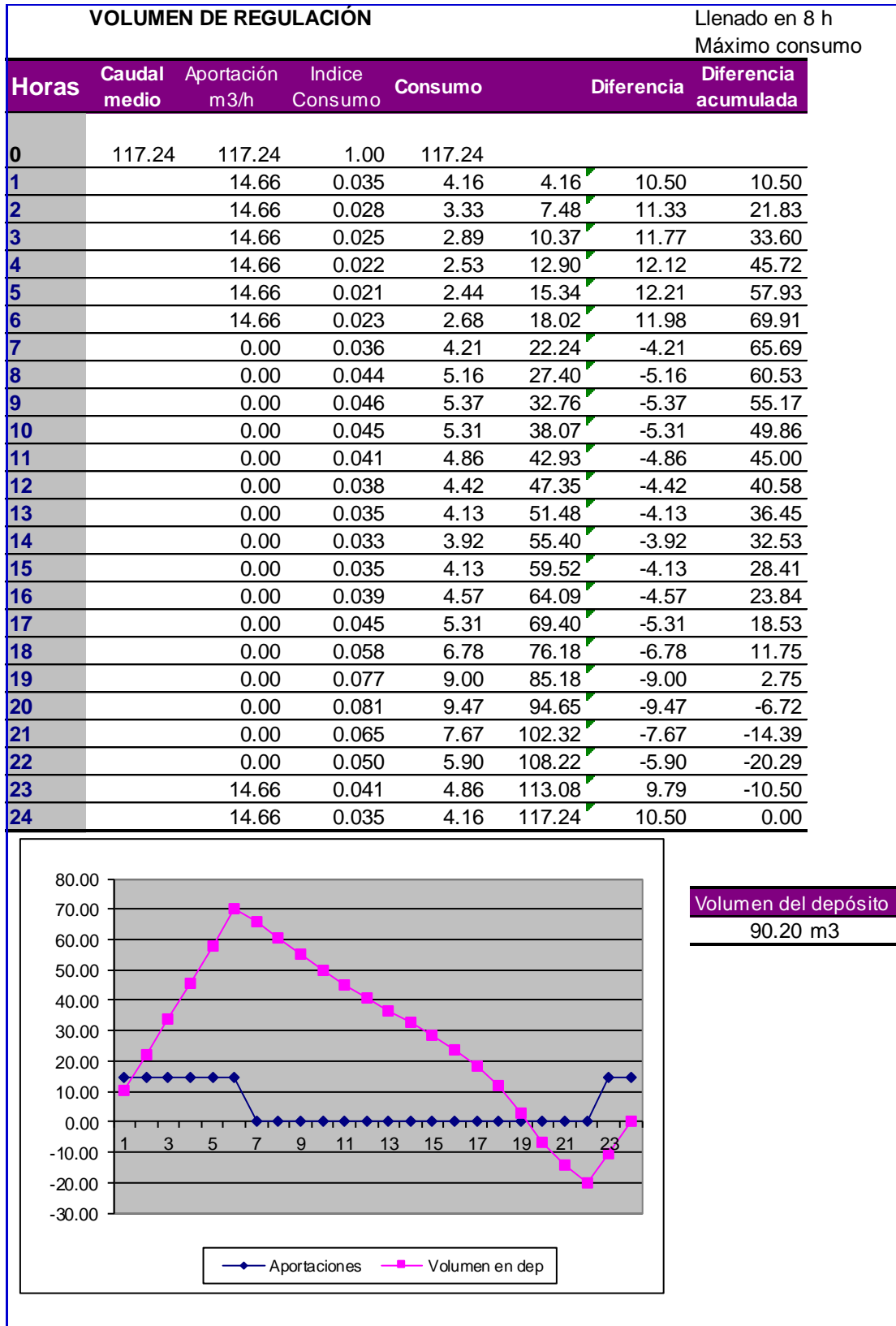
Puesto que se trata de una zona fundamentalmente residencial con alguna actividad agro-ganadera se tiene una curva de demanda de tipo poblacional típica. En la siguiente gráfica se pueden observar los coeficientes de variación horaria a lo largo de un día de funcionamiento:



Como se puede observar, y a falta de datos más precisos el consumo se realiza a lo largo de la jornada laboral. Donde las diferencias son muy acentuadas y el coeficiente punta llega hasta el 3,9 quedando el coeficiente valle en 0,2.

Por otro lado, es suficiente considerar que el aporte de caudal es discontinuo con 8 h y un caudal aproximado máximo de 4.07 l/s. De esta forma, el volumen necesario de regulación se obtiene por diferencias acumuladas obteniéndose un resultado total de 90,20 m<sup>3</sup> tal como se puede observar en la siguiente tabla.





Una segunda misión es garantizar la reserva para los casos de averías, almacenando, por ejemplo, el volumen de consumo equivalente al tiempo preciso para arreglar la avería de la bomba de aportación o de la conducción, sin suspender el suministro de agua.

En caso de cualquier anomalía en el abastecimiento, la capacidad suplementaria de reserva a adoptar dependerá del coeficiente de seguridad que quiera darse a la instalación, coeficiente que varía enormemente de unas ciudades a otras.

En cualquier caso, dedicaremos a reserva de agua para averías el equivalente al consumo medio diario durante 3 h de parada. Esto equivale a un consumo total de **7,34 m<sup>3</sup>** día.

Por último, debe establecerse el volumen para cumplir con la tercera misión de los depósitos, la de reserva de agua para los incendios. Para estos fines debe preverse en el fondo del depósito, bajo la toma de agua para el abastecimiento normal de la población, una capacidad suficiente para estos caudales de reserva para incendios.

Aunque la tendencia ha sido siempre establecer el caudal correspondiente al funcionamiento de dos hidrantes a la vez 16,6 l/s durante dos horas de funcionamiento (120 m<sup>3</sup>), dado el escaso tamaño de la población cubierta y el carácter rural de la zona consideraremos el funcionamiento de un único hidrante durante 120 min, lo que equivale a **60 m<sup>3</sup>**.

El volumen de regulación total vendrá dado por la suma de los volúmenes anteriormente calculados. Así pues, el volumen de reserva para averías se sumará al volumen de regulación del depósito dedicado a suministro de agua potable y la reserva para protección contra incendios se sumará igualmente a la capacidad total. De esta manera se obtienen los siguientes valores:

<i>Deposito</i>	<i>Regulación</i>	<i>Reservas</i>	<i>Total</i>
<i>Agua potable</i>	90,20	7,34+60	157,54 m <sup>3</sup>

La regulación para el núcleo de Canales viene dado por el volumen del depósito existente encima del Mirador de Canales, el cual asciende a un volumen de 160 m<sup>3</sup>, superior al mínimo necesario para un suministro de 8 h. o incluso menos.

#### **4. CALCULO DEL BOMBEO**

---

##### **4.1. PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA**

El cálculo hidráulico se realiza sobre el del sistema de elevación que bombeará directamente el caudal necesario al núcleo de población aprovechando la tubería de transporte existente entre la actual caseta de bombeo y el depósito del núcleo de población de Canales.

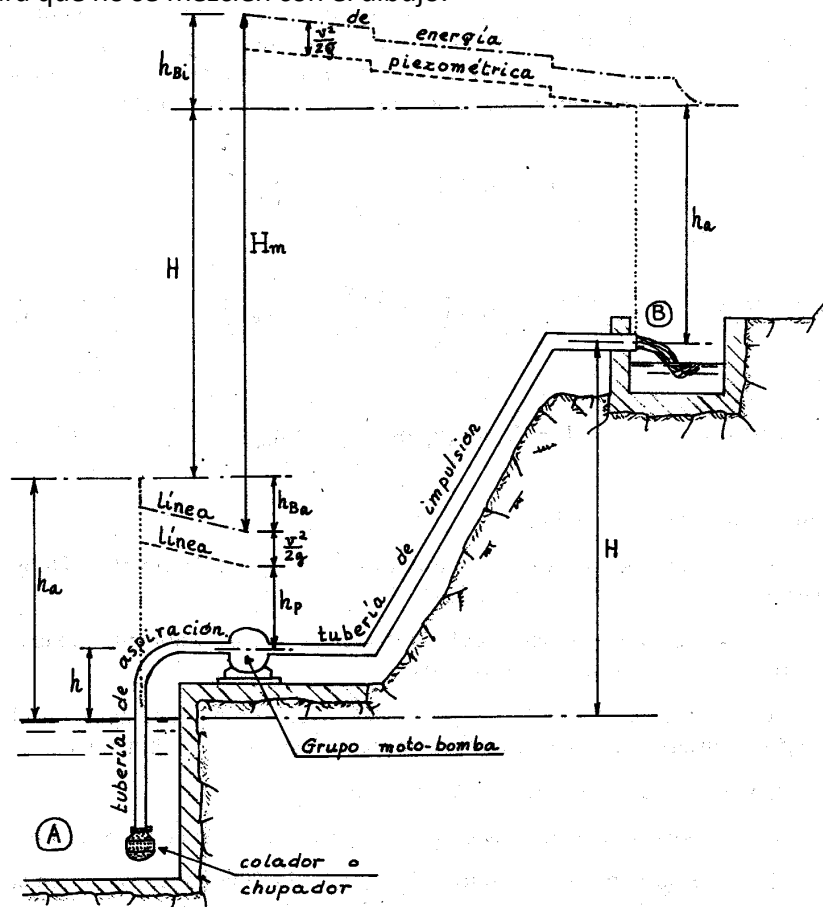
## 4.2. ESTUDIO HIDRÁULICO.

La elevación es posible merced a lo siguiente: la tubería de aspiración puede encontrarse vacía o llena de agua al tratar de iniciar la elevación. Si está vacía (es decir, con aire), hay que producir el vacío para que pueda llenarse de agua, como un tubo de Torricelli; la presión atmosférica exterior hace entrar el agua por el colador hacia la tubería de aspiración: el agua no sale por el colador, porque existe en el fondo una válvula de retención o clapeta. El proceso anterior se llama cebar la bomba.

En este caso, al tratarse de un bombeo realizado desde un sondeo mediante una bomba multicelular vertical la aspiración del caudal se encuentra garantizada al situarse la bomba sumergida y muy por debajo del nivel piezométrico natural.

En bombas importantes, el fabricante o suministrador suele dar normas al respecto, aunque es aconsejable no agotar los límites admitidos: cuanto mayor sea la presión absoluta en el interior de la bomba, menor será el riesgo de cavitación y más seguro su funcionamiento; por consiguiente, al instalar el grupo elevador, hay que colocarlo lo más cerca posible del nivel inferior.

En la siguiente figura pueden verse las líneas piezométricas y de energía que, aunque correspondiente a un bombeo en seco, se han dibujado elevadas en una altura  $h_a$  (altura de aspiración), para que no se mezclen con el dibujo.



En la tubería de aspiración hay pérdidas por las siguientes causas: entrada por el colador (incierto y difícil de predecir); paso a través de la válvula de pie o de retención, abierta; curva de 90º y rozamientos generales de la tubería. Además, hay que descontar la altura de velocidad, para poder obtener la altura de presión absoluta  $h_p$  en la bomba. Según las notaciones e indicaciones de la figura:

$$h_p = h_a - \left( h + \frac{v^2}{2g} + h_{Ba} \right)$$

$$h_a = h + h_p + \frac{v^2}{2g} + h_{Ba}$$

o también:

$$h = h_a - \left( h_p + \frac{v^2}{2g} + h_{Ba} \right)$$

en donde, como se sabe:

- $h_p$  = altura de presión absoluta en la bomba. Debe ser igual o mayor que 5 metros.
- $h_a$  = altura de aspiración del lugar menos la corrección por temperatura y por densidad (si procede).
- $h$  = altura de la bomba respecto al nivel mínimo del agua en el depósito inferior. Se dice mínimo, porque pudiera tener fluctuaciones.
- $v$  = velocidad del agua en la tubería.
- $h_{Ba}$  = todas las pérdidas de carga habidas en la tubería de aspiración.

Debe observarse en la figura, que la bomba eleva la línea de energía en forma brusca, en una altura  $H_m$  llamada altura manométrica.

#### **4.3. ALTURA MANOMÉTRICA**

Se llama altura geométrica  $H$ , a la diferencia de alturas entre los niveles inferior y superior (si el tubo desagua sumergido), o entre el nivel inferior y la boca de salida, si desagua al aire (caso de la figura).

Se llama altura manométrica  $H_m$ , a la suma de la altura geométrica y todas las pérdidas de carga habidas en la conducción:

$$H_m = H + \sum h_B$$

La verdadera altura a que hay que elevar el agua, desde el punto de la potencia, es la altura manométrica  $H_m$ . Esta altura puede ser cualquiera, en general: es cuestión de poner un

grupo de suficiente potencia. En el apéndice adjunto se observan los resultados del cálculo de la tubería de impulsión y su resistencia al golpe de ariete.

#### 4.4. MAGNITUDES

Necesitamos fijar las siguientes magnitudes:

CAUDAL.- volumen o cantidad de líquido suministrado en la unidad de tiempo. Se suele emplear la unidad m<sup>3</sup>/seg o litros/seg.

ALTURA MANOMÉTRICA.- Presión que debe superar el caudal de agua suministrado para discurrir por la red de distribución y llegar al lugar de destino con la presión o velocidad deseada.

POTENCIA UTILIZADA.- Es el consumo de energía utilizado en la elevación de un caudal Q, frente a una presión H. Se puede emplear la unidad HP (caballos fuerza).

LIQUIDO A BOMBLEAR.- Hay que fijar la densidad del líquido y sus características: limpio o no, corrosivo o no, con cuerpos sólidos o no.

PRESIÓN O VELOCIDAD DE DESCARGA.- Es la presión o velocidad que deseamos para el líquido al final de su recorrido.

ALTURA DE ASPIRACIÓN.- Es la diferencia de cotas existente entre el eje del equipo de bombeo y la superficie del depósito del líquido dónde se realiza la toma.

#### 4.5. POTENCIA DE UN GRUPO MOTOBOMBA

La potencia se refiere, naturalmente, al motor que ha de mover la bomba. La expresión de esta potencia es:

$$W = \frac{1000 * Q * H_m}{75 * r}$$

siendo:

W = potencia en C.V.

Q = caudal en m<sup>3</sup>/seg.

H<sub>m</sub> = altura manométrica en metros.

r = rendimiento del grupo motor-bomba, en unidades (relación entre la potencia útil y la potencia total).

El valor del rendimiento (que, eventualmente, puede variar con Q y con H<sub>m</sub>, por lo que las bombas importantes disponen de ciertos gráficos de rendimiento, ábacos, en los que se expresan estos detalles) debe ser dado por el fabricante o suministrador. Desconociendo este

valor, en un anteproyecto o cálculo rápido puede suponerse un rendimiento aproximado de 0,79, por lo que la expresión práctica de la potencia queda:

$$W = 19 \cdot Q \cdot H_m$$

A partir de la potencia calculada se selecciona una de las muchas bombas sumergidas de este tipo que existen en el mercado.

#### **4.6. RESULTADOS DEL CÁLCULO**

La tubería existente, que actualmente sirve como red en alta para el transporte de caudales desde la caseta de bombeo del asentamiento de Canales hasta el depósito de regulación del núcleo de población, es de PE de 90 mm de diámetro nominal, existiendo un tramo inicial de acero del mismo diámetro.

El embalse, a lo largo de su historia reciente (1999-2018) ha oscilado entre cotas de nivel de agua embalsada máximos y mínimos de 892,56 (Abr. 2008) y 958,42 (Jul. 2010), respectivamente. Podemos suponer que el nivel freático en el punto del sondeo rondará la cota media de esta oscilación máxima, esto es la cota 925.5 msnm. Conforme se indica en el informe de investigación del sondeo, el drenaje natural de este sector estaría próximo a los 800 m. Para no sobredimensionar las bombas en exceso suponemos una cota de nivel freático de 850 msnm.

Desde el nuevo sondeo, parte la canalización de acero de 100 mm de diámetro en su tramo ascendente por el pozo, pasando a fundición en el nuevo tramo a ejecutar antes de la conexión con la tubería de impulsión existente hasta el depósito de regulación, el cual se encuentra a una cota de 1.192 msnm. La longitud total de canalización asciende a 831 ml.

Aplicando los cálculos, se obtienen los siguientes resultados que se resumen en la siguiente tabla.

<i><b>Estación</b></i>	<i><b>Bombeo</b></i>
<i><b>Diámetro ext.</b></i>	106-90 mm
<i><b>Diámetro int.</b></i>	100 mm-74 mm
<i><b>Caudal calculo</b></i>	0,004 m³/s
<i><b>Altura geométrica</b></i>	342 m
<i><b>Altura manométrica</b></i>	349,6 m
<i><b>Longitud impulsión</b></i>	831 m
<i><b>Equipo instalado</b></i>	1
<i><b>Potencia unitaria (Kw)</b></i>	19,81 kw
<i><b>Potencia nominal motor (Kw)</b></i>	30 Kw

Así pues, habiendo adoptado de 14,66 m³/h para el bombeo. Siendo la presión geométrica de 342 m.c.a. y la manométrica de H<sub>m</sub> de 349,6 m.c.a., se tiene una potencia mínima teórica en el motor de 19,81 Kw.

En el apéndice 1 se pueden observar los cálculos realizados.

#### 4.7. SELECCIÓN DE BOMBAS.

Se ha consultado con varias casas comerciales y se ha concluido que la configuración de bombeo que mejor se ajusta es el que se ha seleccionado. El cuadro se configurará para que funcione con arrancador con variador de potencia.

La bomba que se ha seleccionado es de 6" similar al modelo SS6B-42 de INTERCAL para 4 l/s y 365 mca y motor de 6", 30 Kw, 400v y arranque estrella7triángulo.

En el apéndice 2 se presentan las características de dicha bomba.

#### 5. CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE.

---

Según la teoría de Allievi, la celeridad viene definida por la expresión:

$$a = \sqrt{\frac{E * E_1 e}{\sigma (E * e + D * E_1)}}$$

Donde:

E= Módulo de elasticidad del tubo ( $36 * 10^8$  N/m<sup>2</sup>)

E<sub>1</sub> = Módulo de elasticidad del fluido ( $1,96 * 10^9$  N/m<sup>2</sup> para agua residual)

E= espesor del tubo

D= Diámetro exterior

$\sigma$  =Densidad del fluido (1.000 Kg/m<sup>3</sup>)

Según la fórmula de Mendiluce, el tiempo de parada viene dado por:

$$T = C + \frac{K * L * V}{g * Hm}$$

Donde:

L=Longitud de conducción

K,C= Constantes empíricas (1 por ser L>1.500 m y L>>Hm)

V=Velocidad de circulación

Hm= Altura manométrica

La longitud crítica será la que permita a la onda ir y volver durante el tiempo de parada; es decir:

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

En ambos casos la longitud crítica es menor que la conducción, se trata de un cierre rápido por lo que, se aplica la fórmula de Allievi par estimar el golpe de ariete:

$$H = \frac{a * V}{g}$$

Se ha de cumplir que la suma de la presión hidrostática más esta sobrepresión es resistida por el tubo.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

<i>Instalación</i>	<i>Bombeo</i>
<i>Tipo de cierre</i>	Rápido
<i>Presión máxima (mca)</i>	369,16
<i>Presión mínima (mca)</i>	330,02

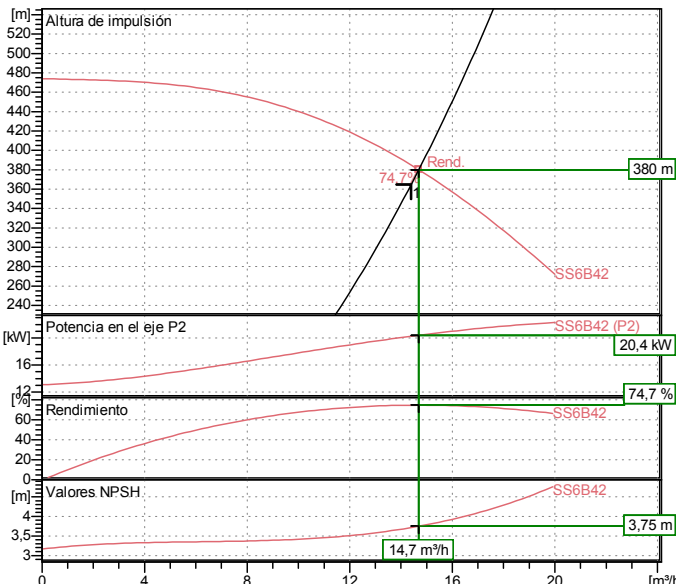
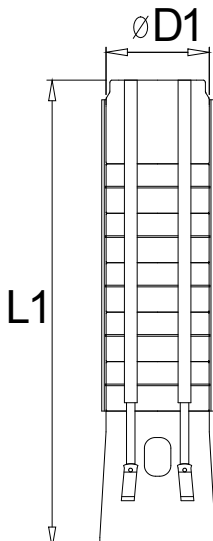
En el mismo apéndice 1 adjunto se pueden observar dichos resultados.



**APÉNDICE 1: CALCULO DEL BOMBEO**

SONDEO CANALES																					
DATOS:		TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3																	
Tubería	ACERO 100 mm	FD 90mm	PE 90mm																		
Longitud	217	354	260	831	m Longitud total																
Diámetro interno	0.1	0.09	0.074	0.087605295	m Media ponderada																
Espesor	0.003	0.006	0.0082	0.005904934	m Media ponderada																
Diámetro	0.1	0.09	0.09	0.092611312	m Media ponderada																
Caudal	0.004	m <sup>3</sup> /s																			
H geométrica	342	m																			
viscosidad	0.000001301																				
Modulo elast.tu	10,000	2,100,000	14,000	901,576	Media ponderada																
Sección	0.007853982	0.006361725	0.00430084	0.006106598	m <sup>2</sup> Media ponderada																
Velocidad	0.509	0.629	0.930	0.692	m/s Media equivalente																
<b>Cálculo pérdidas de carga</b>																					
H=f*(L*V^2/D*2g)		Fórmula de Prandtl/Colebrock			TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3														
					0.66	2.26	4.53														
1/f*1/2=-2*Lg((K/(3,71*D))+(2,51/(Re*f*1/2)))																					
K=		TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3	Dato																
		0.03	0.25	0.25																	
Re=D*V/v		39146.48869	43496.09855	52900.6604																	
Cálculo de f por iteración:																					
DIAMETRO	0.1	0.09	0.074																		
RE	39146.48869	43496.09855	52900.6604																		
K	0.00003	0.00025	0.00025																		
F	0.02298778	0.028488778	0.029218279	Tanteo																	
1º OPERANDO	6.595557151	5.924655277	5.85022654	0.02298778	0.02848878	0.02921828															
2º OPERANDO	6.595557151	5.924655277	5.850226540																		
<b>Altura total de elevación</b>																					
		TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3	TOTAL																
Pérdidas de carga de la tubería		0.66	2.26	4.53	7.45																
Pérdidas de carga de p.e.		0.05	0.03	0.06	0.14																
K	J = K * v² / ( 2 g )																				
0.500	Puesta en carga	1	0.007	-	0.000	-	0.000	m.c.a.													
1.000	Descarga	-	0.000	-	0.000	1	0.044	m.c.a.													
0.290	Codo de 90º	-	0.000	1	0.006	-	0.000	m.c.a.													
0.170	Codo de 45º	4	0.009	4	0.014	-	0.000	m.c.a.													
0.100	Codo de 22º	2	0.003	4	0.008	2	0.009	m.c.a.													
2.800	Cono divergente	-	0.000	-	0.000	-	0.000	m.c.a.													
2.000	Cono convergente	-	0.000	-	0.000	-	0.000	m.c.a.													
1.075	Te de separación	2	0.028	-	0.000	-	0.000	m.c.a.													
1.250	Te de reunión	-	0.000	-	0.000	-	0.000	m.c.a.													
0.120	Válvula	4	0.006	-	0.000	1	0.005	m.c.a.													
0.000	Otros	-	0.000	-	0.000	-	0.000	m.c.a.													
		J singular =	0.053		0.028		0.058	m.c.a.													
Altura geométrica		342		$\frac{H_m}{L} < 0.20 \rightarrow C = 1$ $\frac{H_m}{L} \geq 0.40 \rightarrow C = 0$ $\frac{H_m}{L} \approx 0.30 \rightarrow C = 0.60$																	
<b>ALTURA TOTAL ELEVACION</b>		<b>349.59</b>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Longitud de la conducción (m)</th> <th>K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L &lt; 500</td> <td>2,00</td> </tr> <tr> <td>L ≈ 500</td> <td>1,75</td> </tr> <tr> <td>500 &lt; L &lt; 1500</td> <td>1,50</td> </tr> <tr> <td>L ≈ 1500</td> <td>1,25</td> </tr> <tr> <td>L &gt; 1500</td> <td>1,00</td> </tr> </tbody> </table>						Longitud de la conducción (m)	K	L < 500	2,00	L ≈ 500	1,75	500 < L < 1500	1,50	L ≈ 1500	1,25	L > 1500	1,00
Longitud de la conducción (m)	K																				
L < 500	2,00																				
L ≈ 500	1,75																				
500 < L < 1500	1,50																				
L ≈ 1500	1,25																				
L > 1500	1,00																				
<b>Cálculo golpe de ariete</b>																					
T=C+((K*L*V)/g)*H		fórmula de Mendiluce		$T_c = \frac{2 \sum_{i=1}^n L_i}{C_e} = 2.92 \text{ s}$																	
C=	0.6																				
K=	1.5																				
a=((E*E1*e)/e*((E*e)+(D*E1))^1/2)			Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	a Equivalente															
E=Módulo de elasticidad medio del tubo			189.31	1220.56	175.55	284.85 m/s															
E1=Módulo de elasticidad del fluido (N/m2)			636736388	97477973638	491506496																
e=Espesor medio del tubo (m)			0.005733333																		
e=Densidad del fluido (Kg/m3)			1000																		
Longitud crítica Lc=(a*T)/2		415.50		$V_c$																	

**APÉNDICE 2: EQUIPO DE BOMBEO**

		FICHA TECNICA			
		09/07/2018			
Destinatario			Remitente		
Empresa Referencia Dirección Telefono Fax E-mail					
Modelo bomba: SS6B42 Código Parte hidráulica : 60167948  Código Motor: Inv erter application :			<div>Tolerancia de curva acorde a ISO 9906</div>  <div></div>		
Datos bomba					
MEI ≥ 0,40 P2 nominal requerida : 30 kW Temperatura mín. fluido 0 °C Temperatura máx. fluido 30 °C Contenido máximo de arena : 50 g/m3					
Datos de servicio requeridos					
Caudal : 14,4 m³/h Altura impulsión : 365 m Fluido bombeado : Water, pure Temperatura fluido: 20 °C Densidad 998,3 kg/m³ Viscosidad cinemática: 1,005 mm²/s Presión del vapor: 100 kPa					
Datos hydr. (Punto de trabajo)					
Caudal : 14,693 m³/h Altura impulsión : 380,02 m Rendimiento : 74,74 % NPSH : 3,75 m					
Materiales					
Rodete Acero inoxidable AISI 304 L Suction case Acero inoxidable AISI 304 L Eje bomba AISI 420 Filtro Acero inoxidable AISI 304 L Tirante Acero inoxidable AISI 304 L Non-return valve Acero inoxidable AISI 304 Difusor Acero inoxidable AISI 304 L					
Datos motor			Peso : 96 kg		
			Dimensiones exteriores		
Marca: Potencia nominal P2: Tensión nominal: Corriente nominal: N° de polos : Velocidad nominal: Grado de protección:			D1 L1	167 3060	
			Conexiones bomba		
			Lado impulsión 2 " 1/2 G		

# INSTALACIÓN

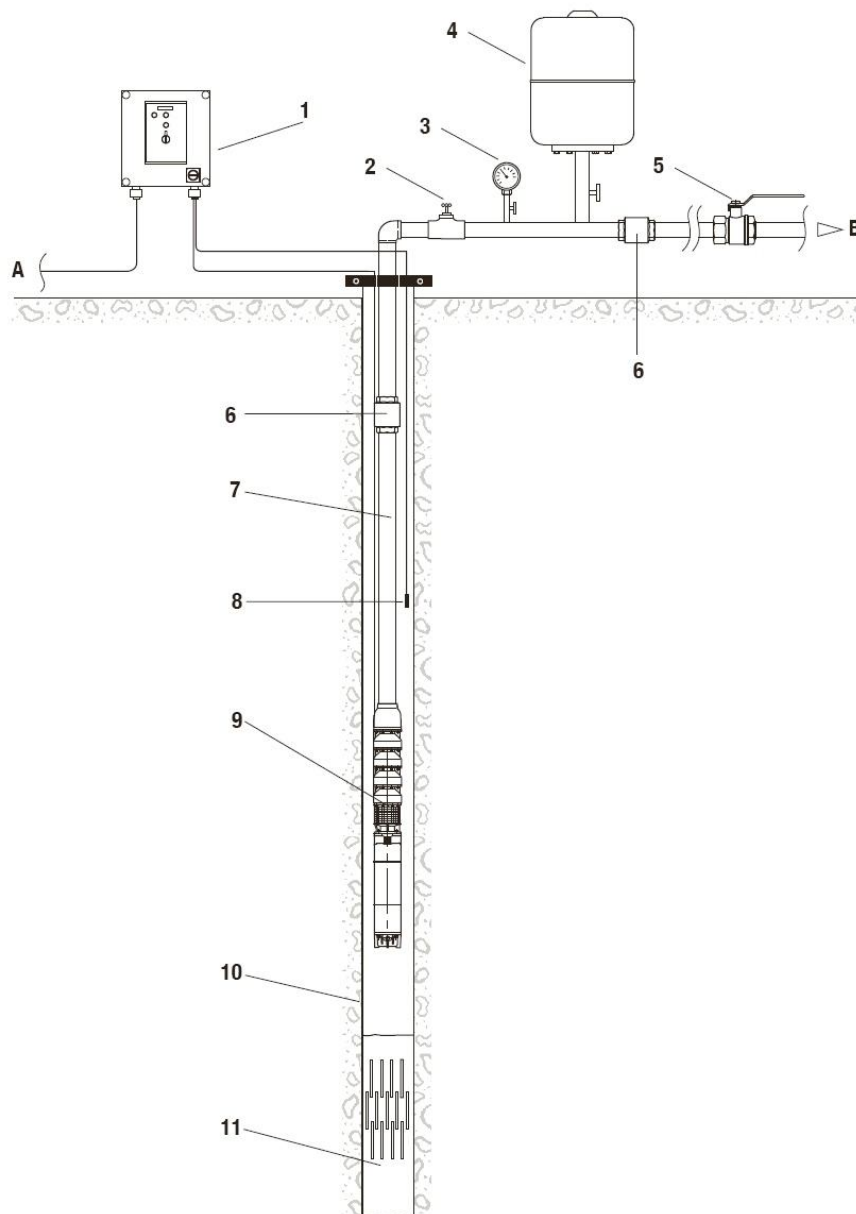
09/07/2018

Destinatario

Remitente

Empresa  
Referencia  
Dirección  
Telefono  
Fax  
E-mail

Installation example without inverter



# INSTALACIÓN

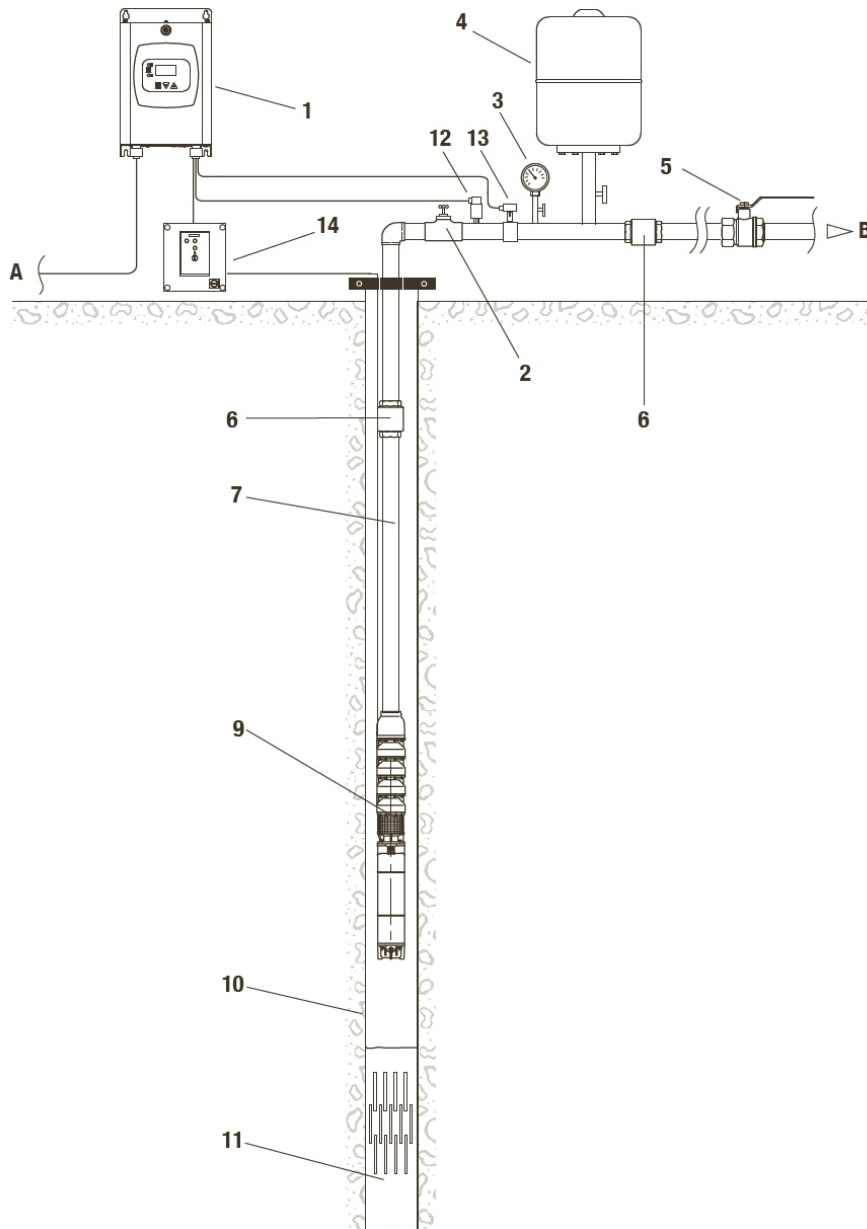
09/07/2018

Destinatario

Remitente

Empresa  
Referencia  
Dirección  
Teléfono  
Fax  
E-mail

Installation example with inverter



# CURVAS CARACTERISTICAS

09/07/2018

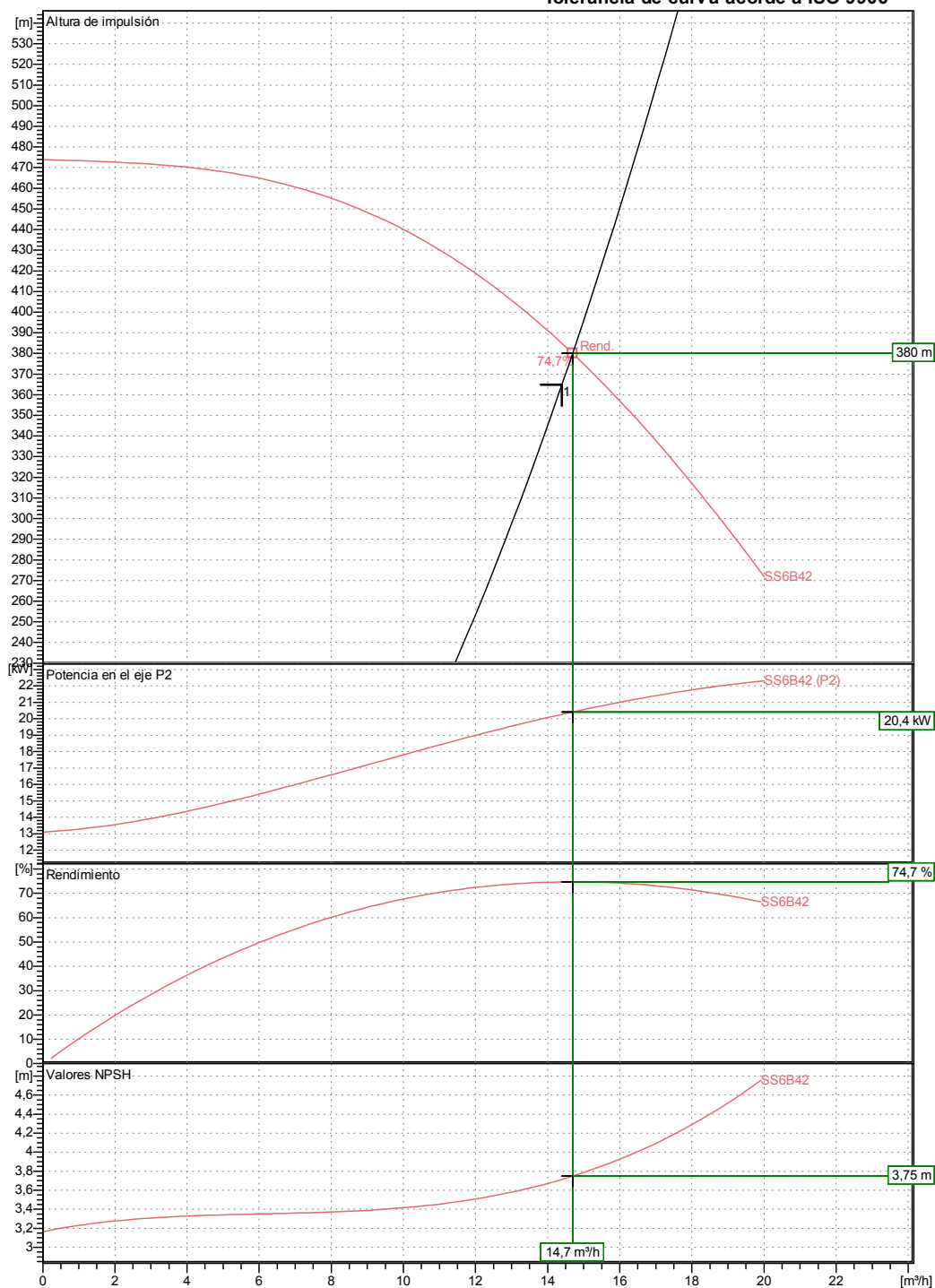
Destinatario

Remitente

Empresa  
Referencia  
Dirección  
Teléfono  
Fax  
E-mail

SS6B42

Tolerancia de curva acorde a ISO 9906



Datos hidr. (Punto de trabajo)

Lado impulsión 2 " 1/2 G	Caudal : 14,4 m³/h	Altura impulsión : 365 m	Velocidad nominal:
Proyecto	ID proyecto	Creado por	Creado el 09/07/2018

# DIMENSIONES

09/07/2018

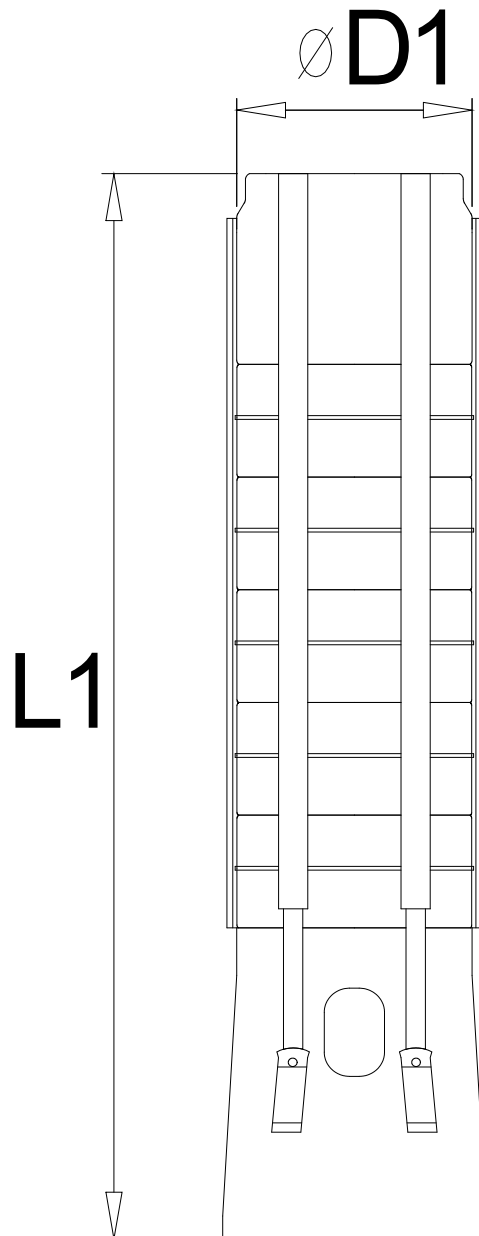
Página 7 / 7

Destinatario

Remitente

Empresa  
Referencia  
Dirección  
Telefono  
Fax  
E-mail

SS6B42



Dimensiones en mm

Conexiones bomba

1	D1	167						Aspiración
2	L1	3060						Discharge 2 " 1/2 G --

Proyecto

ID proyecto

Creado por

Creado el

09/07/2018