

## ANEJO Nº 05.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS



## ÍNDICE

<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Datos de partida	1
1.1.1 Caudales	1
1.1.2 Presiones de diseño	1
1.1.3 Volumen del depósito	2
<b>2 BASE TEÓRICA PARA EL DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO</b>	<b>3</b>
2.1 Formulación empleada	3
2.1.1 Pérdidas en conducciones	3
2.1.2 Pérdidas localizadas	5
<b>3 RESUMEN DE FUNCIONAMIENTO ADOPTADA</b>	<b>10</b>
3.1 Tuberías de aducción.	10
3.1.1 Bombeo Pinar	10
3.1.2 Bombeo C.IR.	11
3.1.3 Cálculos	12
3.1.3.1 Cálculos aducción bombeo del Pinar:	13
3.1.3.2 Cálculos aducción bombeo del CIR:	15
3.1.3.3 Cálculos aducción caudal total por una tubería:	18
3.2 Tubería de distribución.	21
3.2.1 Cálculos	22
3.3 Cálculo de ventosas	25
3.3.1 Evacuación de aire en llenado de tubería	25
3.3.2 Admisión de aire en desagüe de tubería.	26
3.3.3 Admisión de aire en caso de rotura de la tubería	27
3.3.4 Evacuación del aire con la tubería en funcionamiento	28
3.3.5 Selección de diámetro de las ventosas	29
3.4 Aliviado y desagüe de depósito	35
3.4.1 Desagüe:	35
3.4.2 Aliviadero	36
3.4.3 Vertedero	37
3.4.4 Colector de desagüe	37



## 1 INTRODUCCIÓN

El presente dimensionamiento hidráulico tiene como objetivo el dimensionamiento hidráulico de las conducciones afectadas por la ejecución del depósito de nueva construcción.

Las tuberías de distribución partirán de los nuevos vasos proyectados hasta la caseta de válvulas y desde esta se dimensiona una única tubería a conectar con las instalaciones existentes en la arqueta de salida general.

### 1.1 Datos de partida

#### 1.1.1 Caudales

Los caudales de diseño considerados para las conducciones de distribución son los mismos en ambos vasos, ya que el diseño permite utilizar ambos con:

- Únicamente abastecido desde bombeo del Pinar
- Únicamente abastecido desde el bombeo de C.I.R.
- Abastecido por ambos.

	ACTUAL	CP	MP	LP
Qm (l/s)	254,6	284,95	314,96	346,61
Qm (m³/día)	21.997,44	24.619,68	27.212,54	29.947,10
Coeficiente CD (01/09/2016)		1,12	1,24	1,36
Coeficiente NRACYII,sin incendios	1,58	1,57	1,56	1,55
Consumo punta (l/seg)	401,12	446,20	490,64	537,38
Volumen con incendios	22.237,44	24.859,68	27.452,54	30.187,10

El caudal considerado para el cálculo de las tuberías de entrada a los depósitos es el caudal medio y para las salidas el caudal punta.

A la arqueta de válvulas le llegan dos fuentes de suministro, ambas por bombeo:

- Bombeo de Pinar: consta de dos conducciones en DN 600 + DN 500 (en paralelo) con un caudal de aporte actual de 100 l/s.
- Bombeo C.I.R: Consta de una conducción de DN600 con un caudal de aporte actual de 154,6 l/s.

#### 1.1.2 Presiones de diseño

Se han obtenido datos de la explotación del sistema, obteniendo así las siguientes presiones de diseño en función de los distintos escenarios de trabajo considerados:

- Con 0 bombas la presión es de 0.845.
- Con 1 bomba la presión es de 0.946.
- Con 2 bombas la presión es de 1.136.

- Con 3 bombas la presión es de 1.455.

Por lo que estando del lado de la seguridad para las conducciones de aducción se considera como valor de presión en el punto de entrada a la caseta de válvulas de 3 atm.

En función de este valor y de las pérdidas en la nueva conducción de abastecimiento se tararán las válvulas de llenado, de manera que el funcionamiento sea adecuado para alcanzar la cota necesaria en los nuevos depósitos.

Para la conducción de distribución únicamente tenemos la carga de agua de la altura del depósito por lo que se considera una presión de 1 atm.

No obstante se ha comprobado la validez de todas las instalaciones y conducciones para un funcionamiento de trabajo de 10atm.

### 1.1.3 Volumen del depósito

Respetando las normas de redes de abastecimiento del Canal de Isabel II: “La capacidad del depósito será suficiente para garantizar el abastecimiento a la zona servida durante 24 horas, incluyendo un volumen de reserva necesario para incendios y averías, y no debiendo ser nunca inferior a la necesaria para el abastecimiento durante 12 horas.”

El caudal medio actual es de 21.997,44 m<sup>3</sup>/día y el volumen mínimo de reserva para hidrantes es de 120 m<sup>3</sup> por lo que tenemos un volumen necesario actual de 22.237,44 m<sup>3</sup>.

Esta actuación se proyecta para que sea útil a largo plazo por lo que tenemos un caudal medio a largo plazo de 29.947,104 m<sup>3</sup>/día y el volumen mínimo de reserva para hidrantes es de 120 m<sup>3</sup> por lo que tenemos un volumen necesario actual de 30.187,104 m<sup>3</sup>. De las instalaciones actuales se mantiene en funcionamiento el depósito de 11.500 m<sup>3</sup> de capacidad por lo que se decide proyectar un depósito de 18.000 m<sup>3</sup> (constituido por dos vasos: uno de 6.500 m<sup>3</sup> y otro de 11.500 m<sup>3</sup>), cuya capacidad total de almacenamiento será de **29.500 m<sup>3</sup>**, cumpliendo el criterio de diseño.

## 2 BASE TEÓRICA PARA EL DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO

El dimensionamiento hidráulico consiste en la determinación de las variables hidráulicas principales en el conjunto del sistema. Como datos de partida contamos con las variables y dimensiones adoptadas y las variables de cálculo propuestas (coeficientes de rugosidad, coeficientes de pérdidas...). Los resultados a obtener con estos datos pueden resumirse en valores de niveles y velocidades de comprobación.

Los datos de niveles (referidos por la cota piezométrica) en cada punto, nos permiten confirmar el funcionamiento del sistema para los diferentes escenarios estudiados.

### 2.1 Formulación empleada

La formulación empleada puede ser resumida en las siguientes categorías:

- Pérdidas en conducciones.
- Pérdidas localizadas.

#### 2.1.1 Pérdidas en conducciones

##### CONDUCCIONES EN PRESIÓN: TUBERÍA A SECCIÓN LLENA.

En canalizaciones a presión (sección llena) puede utilizarse la fórmula de Colebrook-White basada en la teoría de Prandtl-Karman sobre turbulencias y la ecuación de Darcy-Weisbach, desarrollada para el caso de tuberías llenas, quedando:

- Colebrook y White:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left( \frac{k_a}{3.71 \cdot D} + \frac{2.51}{\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}} \right)$$

Siendo:

- $\lambda$  = Factor de fricción de Darcy-Weisbach (adimensional)
- $k_a$  = Rugosidad absoluta equivalente (m)
- $\text{Re} = \text{N}^\circ$  Reynolds,  $v \cdot D / \nu$
- $D$  = Diámetro interior (m)

- Darcy-Weisbach:

$$I = \frac{\lambda V^2}{D 2g}$$

Siendo:

- $I$  = Pérdida de carga (m/m)
- $\lambda$  = Factor de fricción de Darcy-Weisbach
- $V$  = Velocidad media (m/s)
- $D$  = Diámetro interior (m)
- $g$  = Aceleración de la gravedad (usualmente 9,81 m/s<sup>2</sup>)
- $Re$  = Nº Reynolds,  $v \cdot D / \nu$

Eliminando  $\lambda$  entre las ecuaciones de Colebrook-White y la de Darcy-Weisbach, se obtiene:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot 10^6} \left( -2 \cdot \log \left( \frac{2.51 \cdot 10^6 \cdot \nu}{D \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot J \cdot D}} + \frac{K}{3.71 \cdot D} \right) \right) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot J \cdot D}$$

Siendo:

- $Q$  = Caudal l/s
- $D$  = Diámetro interior (m)
- $\nu$  = viscosidad cinemática (m<sup>2</sup>/s)
- $J$  = Pérdida de carga (m/m)
- $K$  = Rugosidad absoluta de la superficie interior, equivalente a la de Nikuradse (mm), en función de la siguiente tabla:

Tipo	Rugosidad equivalente $k_a$ (mm)
Fundición revestida centrifugada	0,200
Acero sin revestir	0,080
PVC	0,01
PEAD	0,01
PRFV	0,02

Rugosidad absoluta (coeficientes para abastecimiento)

Las características fundamentales de estas fórmulas para tuberías son:

- La fórmula de Colebrook es la más completa y correcta en todos los casos, aunque no se aplica a conducciones sin presión.



- Las fórmulas simplificadas (Manning, Hazen Williams y Meyer Peter) permiten una flexibilidad elevada a la hora de dimensionar, mientras que la fórmula de Colebrook puede emplearse para afinar la cota piezométrica, sobre todo cuando nos encontramos con tuberías de diámetro pequeño y con longitudes elevadas en las que una pequeña desviación en la pérdida unitaria puede dar lugar a errores importantes.

### 2.1.2 Pérdidas localizadas

Pueden calcularse como un porcentaje del término de velocidad o como una longitud de conducción equivalente; en nuestro cálculo hemos optado por el primer caso, con los siguientes coeficientes de pérdida localizada:

$$\Delta h = K \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

#### 2.1.2.1 Compuertas

El coeficiente considerado es:  $K = 1,5$

#### 2.1.2.2 Curvas

Se toma el coeficiente K, en función de la siguiente tabla:

r/D	1	1,50	2	3	4
22,5º	0,11	0,1	0,09	0,08	0,08
45º	0,19	0,17	0,16	0,15	0,15
60º	0,25	0,22	0,21	0,2	0,19
90º	0,33	0,29	0,27	0,26	0,26
135º	0,41	0,36	0,35	0,35	0,35
180º	0,48	0,43	0,42	0,42	0,42

#### 2.1.2.3 Pérdidas en codos

Se toma el coeficiente k, en función de la siguiente tabla:

Ángulo	22,5º	30º	45º	60º	75º	90º
K	0,17	0,20	0,40	0,70	1,00	1,50

#### 2.1.2.4 Entrada en depósito o arqueta

El coeficiente de pérdidas considerado es  $K=1,0$

#### 2.1.2.5 Salida de depósito o arqueta

- $K=0,5$  en arista viva
- $K=1$  en tubería entrante en el depósito
- $K=0,05$  en salida abocinada

#### 2.1.2.6 Ensanchamiento brusco ( $D1 < D2$ )

$$K = \left( \frac{D_1^2}{D_2^2} - 1 \right)^2 \text{ Siendo } v=v1$$

#### 2.1.2.7 Ensanchamiento gradual

$$K = \lambda \left( \frac{D_1^2}{D_2^2} - 1 \right)^2 \text{ Siendo } v=v1$$

Se toma el coeficiente  $\lambda$ , en función de la siguiente tabla:

ÁNGULO	6º	10º	15º	20º	30º	40º	50º	60º
$\lambda$	0,17	0,20	0,40	0,70	1,00	0,90	1	1,10

Con  $\theta = 2 \times \arccos \left( \frac{D_2 - D_1}{2L} \right)$

#### 2.1.2.8 Estrechamiento brusco ( $D1 > D2$ )

Se toma el coeficiente  $k$ , en función de la siguiente tabla:

$D1/D2$	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.5	3	4	5
$K$	0.08	0.17	0.26	0.34	0.37	0.41	0.43	0.45	0.46

Siendo  $v=v2$

#### 2.1.2.9 Estrechamiento gradual ( $D1 > D2$ )

- $K=0,04$

Siendo  $v=v2$

### 2.1.2.10 Empalmes y derivaciones

- Empalme a 90º:  $K=1$
- Unión a 45º:  $K=0,5$
- Derivación a 45º:  $K=1$
- Derivación a 90º:  $K=1,8$
- Derivación en T:  $K=1,3$

### 2.1.2.11 Válvulas

Como norma general, se toman los coeficientes propuestos por el fabricante. Caso de no disponer de dichos datos se considera que las válvulas trabajan en general, completamente abiertas, aplicando por ello los siguientes coeficientes:

- Válvulas de compuerta: 0,12
- Válvulas de mariposa: 0,25
- Válvula de retención: 1,5

### 2.1.2.12 Válvulas especiales

Para el cálculo de válvulas especiales como las válvulas reductoras de presión, válvulas de llenado de depósitos o filtros de protección se utilizarán los valores de coeficiente de pérdidas de carga indicadas por el fabricante.

En este caso para las válvulas reductoras de presión se han utilizado los siguientes coeficientes en función del diámetro.

DN	50	80	100	125	150	200	250	300	350
Kv (m <sup>3</sup> /h·bar)	50	98	176	274	380	650	948	1438	1859

Para la válvula de llenado de depósito utilizaremos:

DN	50	80	100	125	150	200	250	300	350
Kv (m <sup>3</sup> /h·bar)	43	98	176	274	385	685	1006	1575	2140

Para filtros:

DN	50	80	100	125	150	200	250	300	350
Kv (m <sup>3</sup> /h·bar)	90	230	362	560	757	1360	2102	3028	4122

Por último, también se ha tenido en cuenta las pérdidas provocadas por la válvula de disco restrictor que permite el ajuste de presión a la salida de la válvula reductora entre caudal medio actual (2,2 bar) y caudal máximo (4,3-4,4 bar).

Estas pérdidas están estimadas en un máximo de 1/6 de la diferencia de presiones que se desea obtener.

### 2.1.2.13 Vertederos

Se emplea la fórmula general de vertedero en pared delgada:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$$

Para el coeficiente de caudal de vertedero se usan diferentes formulaciones, en función de las limitaciones señaladas:

Fórmula de Bazin:

Condiciones de aplicación: p comprendida entre 0,2 y 2 m y h comprendida entre 0,10 y

$$\frac{2}{3} \mu = \left( 0.405 + \frac{0.003}{h} \right) \cdot \left( 1 + 0.55 \cdot \frac{h^2}{(h+p)^2} \right)$$

0,60 m.

Formula de la Société d'Ingénieurs et Architectes (S.I.A.) :

$$\frac{2}{3} \mu = 0,410 \left[ 1 + \frac{1}{1000h + 1,6} \right] \cdot \left[ 1 + 0,5 \frac{h^2}{(h+p)^2} \right]$$

Condiciones de aplicación: p superior a h y h comprendida entre 0,025 y 0,80 m.

Siendo:

- $\mu$  = Coeficiente de caudal del vertedero.
- L = Longitud del umbral de vertido (m)
- h = Altura de lámina (m), medida a una distancia de 5 h.
- g = Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)
- p = Altura de la pala (m)

Tras el vertedero se dejará un resguardo mínimo de 10 cm.

Vertederos sumergidos:

En el caso de que la lámina de aguas abajo del vertedero este por encima de la cota del labio de vertedero, la fórmula anterior ya no es válida, ya que la carga sobre umbral se ve afectada por las condiciones aguas abajo impuestas.

Así pues, en estos casos se utiliza la fórmula de Villemont, la cual calcula el caudal en condiciones de sumersión.

$$Q = Q_0 \left[ 1 - \left( \frac{h_2}{h_1} \right)^n \right]^{0,385}$$

Siendo:

- $Q_0$ : Caudal en lámina libre bajo la carga sobre umbral  $h_1$ .
- $h_2$ : Altura del nivel aguas abajo sobre la cresta.
- $n$ : exponente del tipo de vertedero, con lámina libre.

### 3 RESUMEN DE FUNCIONAMIENTO ADOPTADA

En el presente apartado se van a calcular los diámetros necesarios de las conducciones a instalar:

- Tuberías de llenado:
  - o Conducción de aducción Pinar a nuevo depósito
  - o Conducción de aducción CIR a nuevo depósito
- Conducción de distribución a la red de abastecimiento de Colmenar Viejo
- Calculo de ventosas para las tuberías de aducción y distribución.
- Conducciones de alivio y desagüe de los vasos del depósito
- Conducción de desagües y drenajes a la red de saneamiento

#### 3.1 Tuberías de aducción.

Actualmente los depósitos existentes se están abasteciendo:

- Bombeo Pinar: Mediante dos conducciones en DN 600 + DN 500 (en paralelo)
- Bombeo CIR: Mediante tubería DN600

##### 3.1.1 Bombeo Pinar

El bombeo del Pinar llega a la planta con dos conducciones una de DN600 y otra de DN500 que se conectan en la arqueta de entrada:



**Imagen 1:** Arqueta de entrada "bombeo Pinar".

Como se puede ver la arqueta tiene dos salidas:

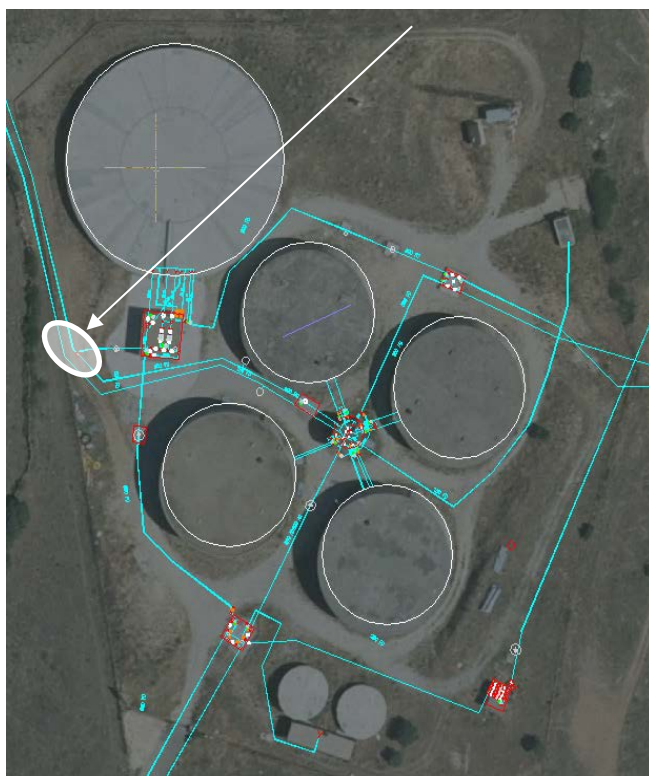
- Una en DN600 que abastece el depósito que se mantiene de 11.500 m<sup>3</sup>. Dicha salida se reduce para la instalación de un caudalímetro DN500, aumentando posteriormente de nuevo a DN600.
- Otra de DN500 que abastece al depósito objeto del presente proyecto.

En la conexión de las instalaciones existentes se proyecta un Caudalímetro electromagnético en DN500 (Q1) y posteriormente se instala un cono para ampliar a DN600.

Con ello se ha diseñado una tubería de aducción de diámetro nominal inicialmente DN500 y a partir del PK 0+005 en DN600 mm en fundición dúctil acerrojada clase C-30, con una longitud total de 15 metros, para conectar la arqueta con la caseta de válvulas. En la caseta de válvulas se realizan diversas conexiones para finalmente salir con tubería en DN500 de acero inoxidable que conecta con el depósito.

### 3.1.2 Bombeo C.I.R.

El bombeo del C.I.R llega a la planta con una de DN600, a la entrada en la parcela se ha instalado una T para derivar al depósito que se mantiene de 11.500 m<sup>3</sup>.



**Imagen 2:** T derivación "bombeo C.I.R".

Con ello se ha diseñado una tubería de aducción de diámetro nominal 600 mm en fundición dúctil acerrojada clase C-30, con una longitud total de 26 metros, para conectar la tubería existente con la

caseta de válvulas. En la caseta de válvulas se realizan diversas conexiones para finalmente salir con tubería en DN500 de acero inoxidable que conecta con el depósito.

En el trazado de la tubería se proyecta un Caudalímetro de DN600 (Q2) en el PK 0+010.

### 3.1.3 Cálculos

En la entrada al depósito se instalará una válvula de control de llenado (una por vaso). Esta válvula requiere para un funcionamiento correcto de una presión en la entrada de 0,7 mca y genera una pérdida de caga de 0,5 mca.

La entrada a los vasos se realizará en tubería de acero inoxidable de diámetro nominal 500 mm.

Se considera una presión en los puntos de conexión de 2 atm, con lo que se obtienen los siguientes resultados:

A continuación, se adjunta una tabla resumen con los puntos de presión más importantes.

	Valor	Ud.
Cota máxima en el depósito	947,47	msnm
Cota mínima en el depósito:	941,77	msnm
Altura de lámina de agua:	5,70	mts
presión en punto de conexión	20,00	m

Se comprueba el funcionamiento de las conducciones proyectadas para los diferentes escenarios, considerando que la relación de caudales de aporte de los bombeos Pinar y CIR se mantienen en un 40/60, con lo que quedan los siguientes caudales:

Caudales Aducción(Se consideran los caudales medios para el cálculo):	CAUDALES				
	ACTUAL	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO	
Caudales totales de aducción	257,4	287,7	317,7	349,4	l/s
Caudales aducción CIR 60%	154,4	408,9	461,2	517,8	l/s
Caudales aducción Pinar 40%	103,0	115,1	127,1	139,8	l/s



## 3.1.3.1 Cálculos aducción bombeo del Pinar:

Este caso el funcionamiento es similar al depósito concéntrico existente: Se comprueba que las velocidades están por debajo de 1,5 m<sup>3</sup>/seg.

Conducción general a depósito					
Caudal circulante:	CAUDALES				
	ACTUAL	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO	
Nº de Colectores en funcionamiento:	1	1	1	1	Ud.
Caudal por colector (mínimo/máximo):	103,0	115,1	127,1	139,8	l/s
Material Tubería:			ka =	0,2	mm
Diámetro propuesto:	500	500	500	500	mm
Diámetro interno resultante:	509	509	509	509	mm
Velocidad resultante:	0,51	0,56	0,62	0,69	m/s
Pérdida de carga Unitaria:	0,46	0,57	0,69	0,83	m/km
Longitud Tubería:	16,00	16,00	16,00	16,00	m
Pérdida de carga total en la Tubería:	0,01	0,01	0,01	0,01	mca
<b>Pérdidas localizadas</b>					
Codo a 45º	0,002	0,003	0,003	0,004	mca
Codo a 90º	0,000	0,000	0,000	0,000	mca
Nº y Tipo de Válvulas, pérdida de carga:					
Reductora de presión	0	0	0	0	Ud.
	150	150	150	150	mm
	380	380	380	380	m3/h-bar
	0,00	0,00	0,00	0,00	mca
	75	75	75	75	mca
De Mariposa:	90º	90º	90º	90º	
	1	1	1	1	Ud.
	0,003	0,004	0,005	0,006	mca
Filtro de protección válvula llenado de depósito	1	1	1	1	Ud.
	350	350	350	350	mm
	4122	4122	4122	4122	m3/h-bar
	0,08	0,10	0,13	0,15	mca
Válvula de llenado de depósito	1	1	1	1	Ud.
	350	350	350	350	mm
	2140	2140	2140	2140	m3/h-bar
	0,31	0,38	0,47	0,56	mca
	7	7	7	7	mca
	7,41	7,52	7,63	7,76	mca
	7,42	7,53	7,64	7,78	mca

Al cálculo de las pérdidas de la aducción se calculan las pérdidas ocasionadas en la tubería de llenado al depósito:

Diseño conducción entrada a vasos del depósito:					
Caudal circulante:	CAUDALES				l/s
	Q medio			Q máx. t. II.	
Nº de Colectores en funcionamiento:	1	1	1	1	Ud.
Caudal por colector (mínimo/máximo):	103,0	115,1	127,1	139,8	l/s
Material Tubería:			ka =	0,08	mm
Diámetro propuesto:	500	500	500	500	mm
Diámetro interno resultante:	502	502	502	502	mm
Velocidad resultante:	0,52	0,58	0,64	0,71	m/s
Pérdida de carga Unitaria:	0,46	0,57	0,68	0,81	m/km
Longitud Tubería:	20,00	20,00	20,00	20,00	m
Pérdida de carga total en la Tubería:	0,01	0,01	0,01	0,02	mca
<b>Pérdidas localizadas</b>					
Codo a 45º	0,002	0,003	0,003	0,004	mca
Codo a 90º	0,008	0,010	0,013	0,015	mca
<b>Nº y Tipo de Válvulas, pérdida de carga:</b>					
De Mariposa:	90º	90º	90º	90º	
	1	1	1	1	Ud.
	0,004	0,004	0,005	0,007	mca
Pérdida en cono convergente	0,002	0,003	0,004	0,004	mca
	350	350	350	350	mm
Derivación en T	0,018	0,022	0,027	0,033	mca
Entrada deposito/arqueta	0,014	0,017	0,021	0,026	mca
Pérdida en instalación caudalímetro	0,000	0,000	0,000	0,000	mca
	500	500	500	500	mm
	0,52	0,59	0,65	0,71	m/s
	1,000	1,000	1,000	1,000	
	0,05	0,06	0,07	0,09	mca
	0,06	0,07	0,09	0,11	mca

Con el cálculo que puede ver que las que la perdida de carga total es de 7,60 mca a corto plazo y 7,88 mca con caudal a largo plazo por lo que se deberá regular los bombes o ajustar la válvula de llenado.

### 3.1.3.2 Cálculos aducción bombeo del CIR:

Este caso el funcionamiento es similar al depósito concéntrico existente:

Conducción general a depósito						CAUDALES			
Caudal circulante:						ACTUAL	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO
Nº de Colectores en funcionamiento:						1	1	1	1
Caudal por colector (mínimo/máximo):						154,4	172,6	190,6	209,6
Material Tubería:									
Fundición con mortero centrifugado								ka =	0,2
Abastecimiento									
Diámetro propuesto:						600	600	600	600
Diámetro interno resultante:						611	611	611	611
Velocidad resultante:						0,53	0,59	0,65	0,72
Pérdida de carga Unitaria:						0,40	0,50	0,60	0,72
Longitud Tubería:						22,00	22,00	22,00	22,00
Pérdida de carga total en la Tubería:						0,01	0,01	0,01	0,02

Se comprueba que las velocidades se encuentran por debajo de 1,5 m<sup>3</sup>/seg.

<b>Pérdidas localizadas</b>									
	Codo a 45º			2	0,005	0,006	0,007	0,008	mca
	Codo a 90º			0	0,000	0,000	0,000	0,000	mca
	<b>Nº y Tipo de Válvulas, pérdida de carga:</b>								
	Reductora de presión			Cantidad:	0	0	0	0	Ud.
				DN:	350	350	350	350	mm
				kV	1859	1859	1859	1859	m3/h-bar
				Pérdida:	0,00	0,00	0,00	0,00	mca
				Pérdida adoptada (regulación)	75	75	75	75	mca
	De Mariposa:			Apertura:	90º	90º	90º	90º	
				Cantidad:	1	1	1	1	Ud.
				Pérdida:	0,004	0,005	0,006	0,007	mca
	Filtro de protección válvula llenado de depósito			Cantidad:	1	1	1	1	Ud.
				DN:	350	350	350	350	mm
				kV	4122	4122	4122	4122	m3/h-bar
				Pérdida:	0,19	0,23	0,28	0,34	mca
	Válvula de llenado de depósito			Cantidad:	1	1	1	1	Ud.
				DN:	350	350	350	350	mm
				Kv:	2140	2140	2140	2140	m3/h-bar
				Pérdida:	0,69	0,86	1,05	1,27	mca
				Pérdida adoptada (regulación)	7	7	7	7	mca
				<b>Pérdidas localizadas:</b>	7,93	8,17	8,42	8,72	mca
				<b>Pérdidas totales en el sistema:</b>	7,94	8,18	8,44	8,74	mca

Al cálculo de las pérdidas de la aducción se calculan las pérdidas ocasionadas en la tubería de llenado al depósito:

Diseño conducción entrada a vasos del depósito:					CAUDALES				I/s
Caudal circulante:					Q medio			Q máx. t.II.	
Nº de Colectores en funcionamiento:					1	1	1	1	Ud.
Caudal por colector (mínimo/máximo):					154,4	172,6	190,6	209,6	I/s
Material Tubería:			Acero sin revestimiento					ka =	0,08 mm
			Abastecimiento						
Diámetro propuesto:					500	500	500	500	mm
Diámetro interno resultante:					502	502	502	502	mm
Velocidad resultante:					0,78	0,87	0,96	1,06	m/s
Pérdida de carga Unitaria:					0,98	1,21	1,46	1,74	m/km
Longitud Tubería:					20,00	20,00	20,00	20,00	m
Pérdida de carga total en la Tubería:					0,02	0,02	0,03	0,03	mca
<b>Pérdidas localizadas</b>									
Codo a 45º				1	0,005	0,006	0,008	0,009	mca
Codo a 90º				2	0,019	0,023	0,028	0,034	mca
<b>Nº y Tipo de Válvulas, pérdida de carga:</b>									
De Mariposa:				Apertura:	90º	90º	90º	90º	
				Cantidad:	1	1	1	1	Ud.
				Pérdida:	0,008	0,010	0,012	0,015	mca
Pérdida en cono convergente				1	0,005	0,007	0,008	0,010	mca
	Diámetro caudalímetro				350	350	350	350	mm
Derivación en T				1	0,041	0,051	0,062	0,075	mca
Entrada deposito/arqueta				1	0,031	0,039	0,047	0,057	mca
Pérdida en instalación caudalímetro				0	0,000	0,000	0,000	0,000	mca
	Diámetro del caudalímetro				500	500	500	500	mm
	Velocidad de paso				0,79	0,88	0,97	1,07	m/s
	Dt/Dc				1,000	1,000	1,000	1,000	
Pérdidas localizadas:					0,11	0,14	0,17	0,20	mca
Pérdidas totales en el sistema:					0,13	0,16	0,19	0,24	mca

Con el cálculo se observa que la pérdida de carga total es de 8,07 mca a corto plazo y 8,97 mca con caudal a largo plazo por lo que se deberá regular los bombes o ajustar la válvula de llenado.

### 3.1.3.3 Cálculos aducción caudal total por una tubería:

Este caso se calcula en caso de emergencia y se tenga que bombear el caudal total por un único bombeo:

					CAUDALES				
Caudales Aducción(Se consideran los caudales medios para el cálculo):					ACTUAL	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO	
					22.237,4	24.859,7	27.452,5	30.187,1	m3/día
					926,6	1.035,8	1.143,9	1.257,8	m3/h
					257,4	287,7	317,7	349,4	l/s
Conducción general a depósito					CAUDALES				
Caudal circulante:					ACTUAL	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO	
Nº de Colectores en funcionamiento:					1	1	1	1	Ud.
Caudal por colector (mínimo/máximo):					257,4	287,7	317,7	349,4	l/s
Material Tubería:					Fundición con mortero centrifugado				
					Abastecimiento				
					600	600	600	600	mm
Diámetro propuesto:					611	611	611	611	mm
Diámetro interno resultante:					611	611	611	611	mm
Velocidad resultante:					0,88	0,98	1,09	1,19	m/s
Pérdida de carga Unitaria:					1,07	1,33	1,61	1,93	m/km
Longitud Tubería:					22,00	22,00	22,00	22,00	m
Pérdida de carga total en la Tubería:					0,02	0,03	0,04	0,04	mca

Se comprueba que las velocidades son por debajo de 1,5 m<sup>3</sup>/seg. admisible.

<b>Pérdidas localizadas</b>									
	Codo a 45º			2	0,013	0,016	0,019	0,023	mca
	Codo a 90º			0	0,000	0,000	0,000	0,000	mca
	<b>Nº y Tipo de Válvulas, pérdida de carga:</b>								
	Reductora de presión			Cantidad:	0	0	0	0	Ud.
				DN:	350	350	350	350	mm
				kV	1859	1859	1859	1859	m3/h-bar
				Pérdida:	0,00	0,00	0,00	0,00	mca
				Pérdida adoptada (regulación)	75	75	75	75	mca
	De Mariposa:			Apertura:	90º	90º	90º	90º	
				Cantidad:	1	1	1	1	Ud.
				Pérdida:	0,010	0,013	0,016	0,019	mca
	Filtro de protección válvula llenado de depósito			Cantidad:	1	1	1	1	Ud.
				DN:	350	350	350	350	mm
				kV	4122	4122	4122	4122	m3/h-bar
				Pérdida:	0,52	0,64	0,79	0,95	mca
	Válvula de llenado de depósito			Cantidad:	1	1	1	1	Ud.
				DN:	350	350	350	350	mm
				Kv:	2140	2140	2140	2140	m3/h-bar
				Pérdida:	1,91	2,39	2,91	3,52	mca
				Pérdida adoptada (regulación)	7	7	7	7	mca
				<b>Pérdidas localizadas:</b>		9,59	10,24	10,95	mca
				<b>Pérdidas totales en el sistema:</b>		9,62	10,27	10,99	mca

Diseño conducción entrada a vasos del depósito:					CAUDALES				I/s
Caudal circulante:					Q medio	Q máx. t.II.			
Nº de Colectores en funcionamiento:					2	2	2	2	Ud.
Caudal por colector (mínimo/máximo):					128,7	143,9	158,9	174,7	I/s
Material Tubería:			Acero sin revestimiento					ka =	0,08 mm
Diámetro propuesto:			Abastecimiento		500	500	500	500	mm
Diámetro interno resultante:					502	502	502	502	mm
Velocidad resultante:					0,65	0,73	0,80	0,88	m/s
Pérdida de carga Unitaria:					0,70	0,86	1,03	1,24	m/km
Longitud Tubería:					20,00	20,00	20,00	20,00	m
Pérdida de carga total en la Tubería:					0,01	0,02	0,02	0,02	mca
<b>Pérdidas localizadas</b>									
Codo a 45º				1	0,003	0,004	0,005	0,006	mca
Codo a 90º				2	0,013	0,016	0,020	0,024	mca
<b>Nº y Tipo de Válvulas, pérdida de carga:</b>									
De Mariposa:				Apertura:	90º	90º	90º	90º	
				Cantidad:	1	1	1	1	Ud.
				Pérdida:	0,006	0,007	0,009	0,010	mca
Pérdida en cono convergente				1	0,004	0,005	0,006	0,007	mca
	Diámetro				350	350	350	350	mm
Derivación en T				1	0,028	0,035	0,043	0,052	mca
Entrada deposito/arqueta				1	0,022	0,027	0,033	0,040	mca
Pérdida en instalación caudalímetro				0	0,000	0,000	0,000	0,000	mca
	Diámetro del caudalímetro				500	500	500	500	mm
	Velocidad de paso				0,66	0,73	0,81	0,89	m/s
	Dt/Dc				1,000	1,000	1,000	1,000	
Pérdidas localizadas:					0,08	0,09	0,12	0,14	mca
Pérdidas totales en el sistema:					0,09	0,11	0,14	0,16	mca

Con el cálculo que puede ver que las que la perdida de carga total es de 10,38 mca a corto plazo y 11,99 mca con caudal a largo plazo por lo que se deberá regular los bombes o ajustar la válvula de llenado.



### 3.2 Tubería de distribución.

El depósito nuevo a ejecutar se conecta con la arqueta de salida existente. Actualmente hay una tubería de DN800 por lo que se van a comprobar la viabilidad de esta tubería para los distintos escenarios.



**Imagen 3:** Arqueta de salida general

Como se puede ver la arqueta tiene dos entradas DN800 y dos salidas DN800, no obstante, una de estas salidas está destinada a un futuro anillo para el municipio de Colmenar, por lo que actualmente no está en uso.

Con ello se ha diseñado una tubería de aducción de diámetro nominal 800 mm en fundición dúctil acerrojada clase C-30, con una longitud total de 84 metros, para conectar la caseta de válvulas con la arqueta de salida actual.

En el trazado de la tubería se proyecta un Caudalímetro electromagnético de DN800 (Q3) en el PK 0+072.

### 3.2.1 Cálculos

El sistema de distribución une las salidas de ambos vasos del nuevo depósito en una única. Desde los vasos hasta la salida de la arqueta de válvulas se realizarán en tubería de acero inoxidable de diámetro nominal 600 mm, una vez unidas las salidas de ambos vasos hasta la arqueta de válvulas se proyecta en fundición dúctil acerrojada DN800.

A continuación, se adjunta una tabla resumen con los puntos de presión más importantes.

	Valor	Ud.
Cota máxima en el depósito	947,47	msnm
Cota mínima en el depósito:	941,77	msnm
Cota en conexión	937,91	msnm
Diferencia mínima de cotas	3,86	m
Diferencia máxima de cotas	9,56	m

Se comprueba el funcionamiento de las conducciones proyectadas para los diferentes escenarios, considerando que se aporta el 100% de la demanda desde el nuevo depósito dado los siguientes caudales:

Caudales Distribución:	CAUDALES				
	ACTUAL	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO	
Se consideran los caudales puntas para el cálculo	34.656,5	38.551,3	42.390,9	46.429,9	m3/día
	1.444,0	1.606,3	1.766,3	1.934,6	m3/h
	401,1	446,2	490,6	537,4	l/s

Este caso tiene en cuenta las salidas de los vasos:

Salida de depósito					CAUDALES				
Caudal circulante:					ACTUAL	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO	
Nº de Colectores en funcionamiento:					2	2	2	2	Ud
Caudal por colector (mínimo/máximo):					200,6	223,1	245,3	268,7	l/s
Material Tubería:					Acero sin revestimiento				
					Abastecimiento				
							ka =	0,08	mm
Diámetro propuesto:					600	600	600	600	mm
Diámetro interno resultante:					602	602	602	602	mm
Velocidad resultante:					0,70	0,78	0,86	0,94	m/s
Pérdida de carga Unitaria:					0,65	0,79	0,95	1,12	m/km
Longitud Tubería:					15,00	15,00	15,00	15,00	m
Pérdida de carga total en la Tubería:					0,01	0,01	0,01	0,02	mca
<b>Pérdidas localizadas</b>									
Codo a 45º					0	0,000	0,000	0,000	0,000 mca
Codo a 90º					2	0,015	0,019	0,023	0,027 mca
<b>Nº y Tipo de Válvulas, pérdida de carga:</b>									
De Mariposa:					Apertura:	90º	90º	90º	90º
					Cantidad:	1	1	1	1 ud
					Pérdida:	0,007	0,008	0,010	0,012 mca
Salida deposito/arqueta					1	0,013	0,016	0,019	0,023 mca
Derivación en T					1	0,033	0,041	0,049	0,059 mca
Pérdida en instalación caudalímetro					0	0,000	0,000	0,000	0,000 mca
Diámetro del caudalímetro						600	600	600	600 mm
Velocidad de paso						0,71	0,79	0,87	0,95 m/s
Dt/Dc						1,000	1,000	1,000	1,000
<b>Pérdidas localizadas:</b>						0,03	0,04	0,05	0,06 mca
<b>Pérdidas totales en el sistema:</b>						0,04	0,05	0,07	0,08 mca

Se comprueba que las velocidades se encuentran por debajo de 1,5 m<sup>3</sup>/seg. Vamos a incluir en el cálculo la tubería de distribución general a ejecutar:

Diseño conducción distribución hasta conexión con tubería de refuerzo					CAUDALES				I/s
Caudal circulante:					ACTUAL	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO	
Nº de Colectores en funcionamiento:					1	1	1	1	Ud
Caudal por colector (mínimo/máximo):					401,1	446,2	490,6	537,4	I/s
Material Tubería:					Conducción con mortero centrifugado				
					Abastecimiento				
					ka =				0,2 mm
Diámetro propuesto:					800	800	800	800	mm
Diámetro interno resultante:					813	813	813	813	mm
Velocidad resultante:					0,77	0,86	0,94	1,03	m/s
Pérdida de carga Unitaria:					0,59	0,73	0,87	1,04	m/km
Longitud Tubería:					84,00	84,00	84,00	84,00	m
Pérdida de carga total en la Tubería:					0,05	0,06	0,07	0,09	mca
<b>Pérdidas localizadas</b>									
Codo a 45º					5	0,024	0,030	0,036	0,044 mca
Codo a 90º					1	0,009	0,011	0,014	0,016 mca
<b>Nº y Tipo de Válvulas, pérdida de carga:</b>									
Pérdida en cono convergente					1	0,004	0,005	0,006	0,007 mca
Diámetro conexión con tubería existente						600	600	600	600 mm
Pérdida en instalación caudalímetro					1	0,001	0,001	0,001	0,001 mca
Diámetro del caudalímetro						800	800	800	800 mm
Velocidad de paso						0,80	0,89	0,98	1,07 m/s
Dt/Dc						1,000	1,000	1,000	1,000
<b>Pérdidas localizadas:</b>						0,04	0,05	0,06	0,07 mca
<b>Pérdidas totales en el sistema:</b>						0,09	0,11	0,13	0,16 mca

Con el cálculo se observa que la pérdida de carga total es de 0,163 mca a corto plazo y 0,234 mca con caudal a largo plazo y la velocidad no supera 1,5m³/seg.

### 3.3 Cálculo de ventosas

El diámetro de las ventosas a instalar en la conducción es función de los caudales de llenado y vaciado de la misma.

Las situaciones a estudiar para el dimensionamiento de las ventosas son las siguientes:

- Evacuación de aire en llenado de la tubería.
- Admisión de aire en desagüe de la tubería.
- Admisión de aire en rotura de la tubería.
- Salida de aire ocluido en la conducción.

Como valores de presión para el dimensionamiento de las ventosas se ha considerado un valor de 1,5 mca para el llenado de la tubería y 3,5 mca para el vaciado de la tubería.

Para los casos de admisión de aire se suele utilizar más el caso de vaciado de tubería por desagüe, ya que generalmente el caso de rotura de tubería conduce a ventosas sobredimensionadas. De todas maneras, se estudia también el caso de rotura franca y se comprueba la capacidad de la ventosa escogida para la situación de rotura de tubería. En ambos casos se utiliza el valor de -3,5 mca de presión para determinar el tamaño de la ventosa.

El último caso es la evacuación del aire con la tubería en funcionamiento, que es llevado a cabo por el purgador o ventosa cinemática.

A continuación, se resumen los cálculos llevados a cabo para las diferentes situaciones mencionadas anteriormente:

#### 3.3.1 Evacuación de aire en llenado de tubería

El caudal de aire a eliminar (CAE) en el proceso de llenado de la tubería viene dado por la siguiente fórmula:

$$CAE = \pi \cdot r^2 \cdot v$$

Donde:

- $r$  = radio de la tubería (m)
- $v$  = velocidad de llenado (m/s) de la tubería.

Se considera una velocidad de llenado de 1,5 m/s, para estar del lado de la seguridad, siendo este un valor alto para este tipo de situaciones.

Por lo tanto el caudal de admisión de aire para la ventosa en la tubería de aducción al depósito:

Proceso de llenado: caudal de aire a eliminar (CAE):			
Parámetro:	Velocidad de llenado de la tubería	1,5	m/s
	Diámetro de la tubería	600	mm
	Caudal de aire a eliminar:	0,424	m3/s
		1526,81	m3/h
		424,12	l/s
	Presión diferencial adoptada	1,5	mca

Por lo tanto, el caudal de admisión de aire para la ventosa en la tubería de salida del depósito:

Proceso de llenado: caudal de aire a eliminar (CAE):			
Parámetro:	Velocidad de llenado de la tubería	1,5	m/s
	Diámetro de la tubería	800	mm
	Caudal de aire a eliminar:	0,754	m3/s
		2714,34	m3/h
		753,98	l/s
	Presión diferencial adoptada	1,5	mca

La presión de llenado considerada es de 1,5 mca, valor para poder escoger el diámetro de la ventosa correcto.

### 3.3.2 Admisión de aire en desagüe de tubería.

Para el cálculo de las necesidades de admisión de aire por vaciado por desagüe de la tubería se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = C_d \cdot \sqrt{2g\Delta h} \cdot \left( \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right)$$

Dónde:

- $C_d$ : coeficiente de desagüe, considerado 0,6.
- $\Delta h$ : diferencia de cotas entre desagüe y ventosa (m).
- $D$ : diámetro del desagüe (m)

En este caso el diámetro del desagüe para la conducción de llenado es DN200.

Las necesidades de caudales de las tuberías de llenado se observan en la siguiente tabla:

Cálculo de caudales	Pinar	C.I.R.	
Coeficiente de desagüe (Cd)	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	
Altura Ventosa	941	941	msnm
Altura desagüe	939,51	866,92	msnm
Altura relativa tramo de desagüe	1,49	74,08	m
Diámetro de la tubería de desagüe	200	200	mm
Caudal de aire entrada:	0,102	0,719	m3/s
	366,90	2587,04	m3/h
	101,92	718,62	l/s
Presión diferencial adoptada	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	mca

Las necesidades de caudales de las tuberías de vaciado se observan en las siguientes tablas:

Cálculo de caudales		
Coeficiente de desagüe (Cd)	<b>0,6</b>	
Altura Ventosa	941	msnm
Altura Seccionamiento	683,833	msnm
Altura relativa tramo de desagüe	937,552	m
Diámetro de la tubería de desagüe	200	mm
Caudal de aire entrada:	2,557	m3/s
	9203,45	m3/h
	2556,51	l/s
Presión diferencial adoptada	<b>3,5</b>	mca

### 3.3.3 Admisión de aire en caso de rotura de la tubería

Para el cálculo de las necesidades de caudal de aire en caso de rotura de tubería (CAE), se utiliza la siguiente fórmula:

Dónde: 
$$CAE = \frac{\sqrt{P \cdot D^5}}{1000}$$

- CAE: Caudal de aire a eliminar (l/s)
- P: pendiente del tramo de la ventosa (m/m)
- D: diámetro de la tubería en mm.

Los resultados del caudal de aire necesario se observan en las siguientes tablas.

Tubería de aducción:

	Bombeo Pinar	Bombeo C.I.R	
CAE (l/s)	2197,180	1517,954	l/s
	2,197	1,518	m3/s
	7909,848	5464,634	m3/h
P (m/m)	0,062	0,030	pendiente
D (mm)	600	600	diámetro
Pk inicio	0	0	m
Pk final	24	2500	m
cota inicio	939,51	866,92	msnm
Cota final	941	941	msnm

Tubería de distribución:

	Deposito - arqueta	
CAE (l/s)	3667,490	l/s
	3,667	m3/s
	13202,964	m3/h
CAE (l/s) (80%)	10562,372	m3/h
P (m/m)	0,041	pendiente
D (mm)	800	diámetro
Pk inicio	0	m
Pk final	84	m
cota inicio	941	msnm
Cota final	937,552	msnm

### 3.3.4 Evacuación del aire con la tubería en funcionamiento

Para la eliminación del aire en presión de la conducción cuando está en carga se utiliza el purgador o ventosa automática. Para determinar el caudal de aire a eliminar se puede utilizar el siguiente criterio, en función del caudal de agua a conducir por la tubería:

Q (l/s)	Porcentaje
0	6,0%
75	5,0%
150	2,0%
350	1,5%
3500	1,5%

Por lo tanto el caudal de aire a eliminar en las tuberías de aducción y de abastecimiento son los siguientes:

Tubería de aducción: presión nominal 16 atm.



<b>Q diseño</b>	154,60	l/s
<b>CAE</b>	3,09	l/s
	11,13	m3/h

Tubería de distribución: presión nominal 16 atm.

<b>Q diseño</b>	517,83	l/s
<b>CAE</b>	7,77	l/s
	27,96	m3/h

### 3.3.5 Selección de diámetro de las ventosas

Para la selección del diámetro de las ventosas hay que utilizar los datos o gráficos de los fabricantes de las mismas, para comprobar que la ventosa es capaz de proporcionar los caudales calculados.

#### 3.3.5.1 Tuberías de llenado de depósitos (aducción)

Los caudales de admisión de aire y evacuación de aire para los casos de rotura, desagüe y llenado de tubería son los siguientes:

Eliminación de aire en llenado de tubería

<b>Proceso de llenado: caudal de aire a eliminar (CAE):</b>			
Parámetro:	Velocidad de llenado de la tubería	1,5	m/s
	Diámetro de la tubería	600	mm
	Caudal de aire a eliminar:	0,424	m3/s
		1526,81	m3/h
		424,12	l/s
	Presión diferencial adoptada	1,5	mca

Admisión de aire en desagüe de tuberías

<b>Cálculo de caudales</b>	<b>Pinar</b>	<b>C.I.R.</b>	
Coeficiente de desagüe (Cd)	0,6	0,6	
Altura Ventosa	941	941	msnm
Altura desagüe	939,51	866,92	msnm
Altura relativa tramo de desagüe	1,49	74,08	m
Diámetro de la tubería de desagüe	200	200	mm
Caudal de aire entrada:	0,102	0,719	m3/s
	366,90	2587,04	m3/h
	101,92	718,62	l/s
Presión diferencial adoptada	3,5	3,5	mca

Admisión de aire en rotura franca de tubería

	Bombeo Pinar	Bombeo C.I.R	
CAE (l/s)	2197,180 2,197 7909,848	1517,954 1,518 5464,634	l/s m3/s m3/h
P (m/m)	0,062	0,030	pendiente
D (mm)	600	600	diámetro
Pk inicio	0	0	m
Pk final	24	2500	m
cota inicio	939,51	866,92	msnm
Cota final	941	941	msnm

Según las gráficas de funcionamiento de la ventosa el diámetro sería: (página siguiente).

En color azul se incluyen el caudal de aire necesario para evacuación de aire en el llenado y el valor de evacuación de aire para el caso de desagüe más desfavorable.

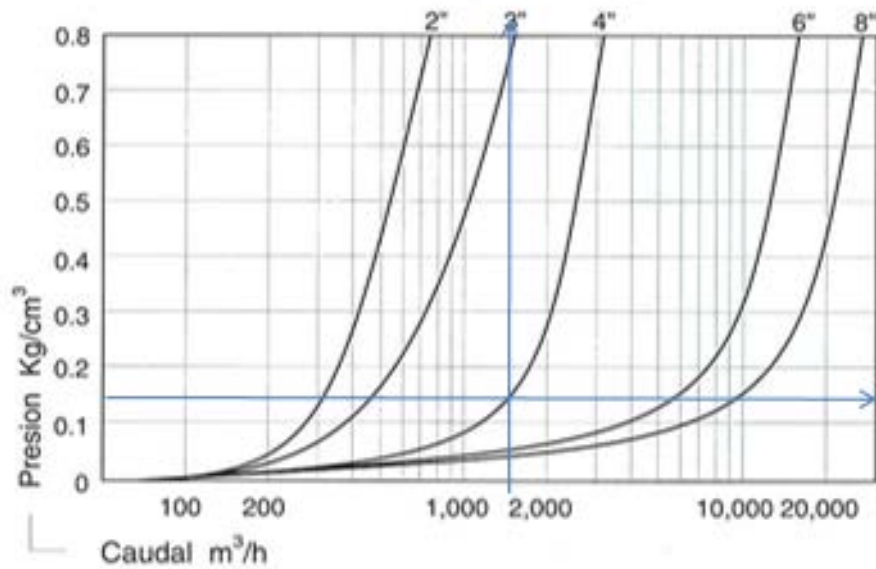
En color rojo se ha dibujado las necesidades de entrada de aire para el caso de rotura franca.

Según las gráficas la ventosa de DN100 (4") cumple con margen más que suficiente para el caso de desagüe y llenado de tubería de ambas tuberías.

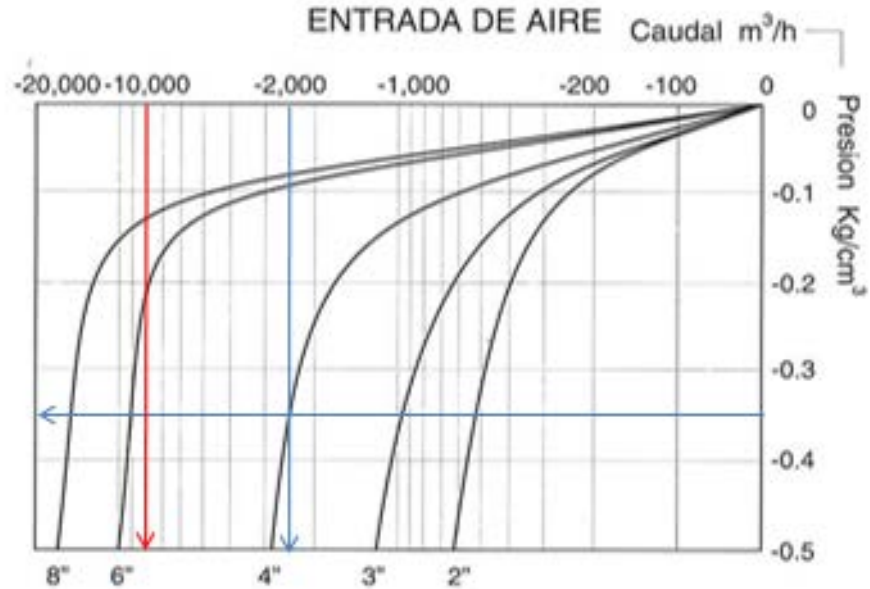
Para el caso de rotura franca y considerando el peor de los casos, la ventosa debería ser de DN150 (6"). Por lo que se proyectan dos ventosas (una por impulsión) de diámetro DN150.

## Capacidad de entrada y salida de aire Ventosa cinética

### EVACUACION DE AIRE



### ENTRADA DE AIRE

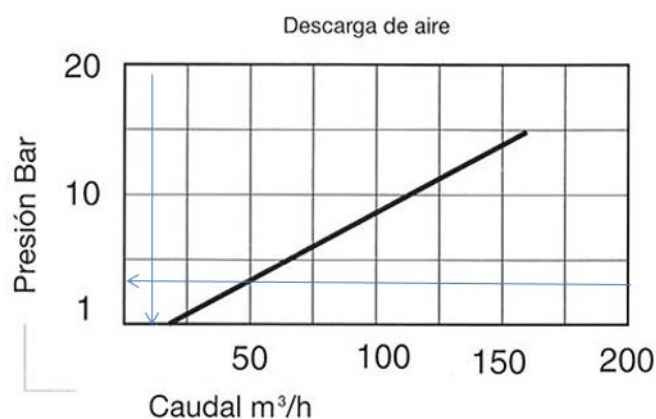


Para la evacuación del aire con la tubería en carga los caudales a evacuar son los siguientes:

Tubería de aducción: presión nominal 16 atm.

Q diseño	154,60	l/s
CAE	3,09	l/s
	11,13	m <sup>3</sup> /h

### Ventosa automática



Se comprueba que la ventosa automática es capaz de evacuar el aire sin problemas.

#### 3.3.5.2 Tubería de abastecimiento (conducción desde depósito)

Los caudales de admisión de aire y evacuación de aire para los casos de rotura, desagüe y llenado de tubería son los siguientes:

Eliminación de aire en llenado de tubería

Proceso de llenado: caudal de aire a eliminar (CAE):			
Parámetro:	Velocidad de llenado de la tubería	1,5	m/s
	Diámetro de la tubería	800	mm
	Caudal de aire a eliminar:	0,754	m <sup>3</sup> /s
		2714,34	m <sup>3</sup> /h
		753,98	l/s
	Presión diferencial adoptada	1,5	mca

Admisión de aire en desagüe de tuberías

Cálculo de caudales		
Coefficiente de desagüe (Cd)	0,6	
Altura Ventosa	941	msnm
Altura Seccionamiento	683,833	msnm
Altura relativa tramo de desagüe	937,552	m

Cálculo de caudales		
Diámetro de la tubería de desagüe	200	mm
Caudal de aire entrada:	2,557	m3/s
	9203,45	m3/h
	2556,51	l/s
Presión diferencial adoptada	3,5	mca

Admisión de aire en rotura franca de tubería

	Deposito - arqueta	
CAE (l/s)	3667,490	l/s
	3,667	m3/s
	13202,964	m3/h
CAE (l/s) (80%)	10562,372	m3/h
P (m/m)	0,041	pendiente
D (mm)	800	diámetro
Pk inicio	0	m
Pk final	84	m
cota inicio	941	msnm
Cota final	937,552	msnm

Según las gráficas de funcionamiento de la ventosa el diámetro sería: (página siguiente).

En color azul se incluyen el caudal de aire necesario para evacuación de aire en el llenado y el valor de evacuación de aire para el caso de desagüe más desfavorable.

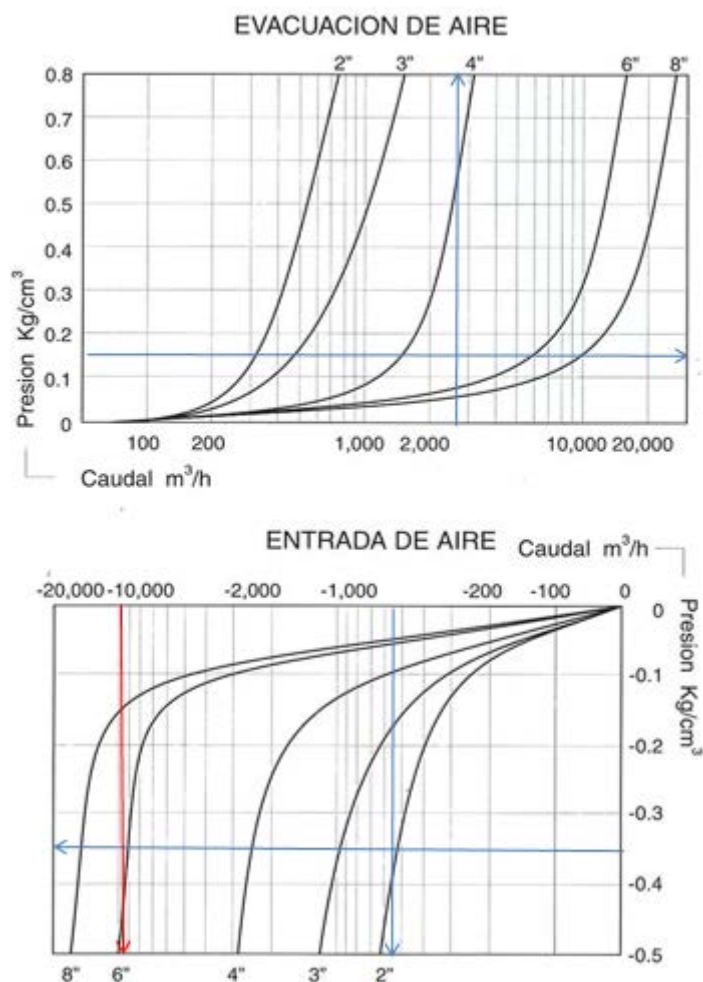
En color rojo se ha dibujado las necesidades de evacuación de aire para el caso de rotura franca.

Según las gráficas la ventosa de DN150 (6") cumple con margen más que suficiente para el caso de desagüe y llenado de tubería.

Para el caso de rotura franca y considerando el peor de los casos, la ventosa debería ser de DN200 (8").

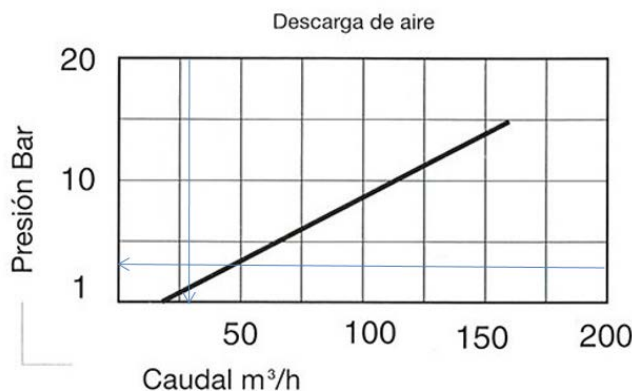
Para la evacuación del aire con la tubería en carga los caudales a evacuar son los siguientes:

### Capacidad de entrada y salida de aire Ventosa cinética



Tubería de aducción: presión nominal 16 atm.

Q diseño	517,83	l/s
CAE	7,77	l/s
	27,96	m³/h



Se comprueba que la ventosa automática es capaz de evacuar el aire sin problemas.

### 3.4 Aliviado y desagüe de depósito

La carga sobre umbral se calcula con la fórmula indicada en el apartado 2.1.2.13 del presente anejo.

El caudal máximo de aliviado viene determinado del máximo caudal en las conducciones de aducción 349,4 l/s. Se ha diseñado la arqueta sifónica de manera que la cota de lámina en la misma sea inferior a la cota requerida por el aliviado del depósito y el desagüe del mismo.

La conducción de aliviado del depósito es de diámetro DN400, y se une a las tuberías de vaciado del depósito en la arqueta sifónica.

Para obtener el tiempo de vaciado del depósito se utiliza la fórmula de descarga de orificio:

$$T = \frac{2 \cdot S \cdot \sqrt{h}}{C_d \cdot A \cdot \sqrt{2g}}$$

Dónde:

- S= superficie del depósito (m²)
- h= lámina de agua de depósito (según criterio del Canal se considera una lámina media) (m)
- Cd = Coeficiente de desagüe (0,72)
- A = área del orificio (m²)
- g = gravedad
- T = tiempo en vaciado (segundos)

Con esta fórmula se comprueba el tiempo necesario para vaciar el depósito. Este tiempo tiene que ser inferior a 24 horas. Después el tiempo de vaciado adoptado se puede modificar, mediante las válvulas de seccionamiento, haciendo que el tiempo a chorro libre sea mayor.

#### 3.4.1 Desagüe:

Deposito 6.500 m³

Con un orificio de **200 mm** para el vaciado de un vaso del depósito se tiene un tiempo de vaciado de **15,10** horas, inferior al valor de 24 horas indicado por los criterios del Canal de Isabel II.

El caudal máximo que se desagua es de **239 l/s**.

#### Deposito 11.500 m<sup>3</sup>

Con un orificio de **250 mm** para el vaciado de un vaso del depósito se tiene un tiempo de vaciado de **17,09** horas, inferior al valor de 24 horas indicado por los criterios del Canal de Isabel II.

El caudal máximo que se desagua es de **373 l/s**.

### 3.4.2 Aliviadero

Para la determinación de caudales tanto del aliviadero como de la conducción desde la arqueta sifónica hasta el punto de conexión con la red, se ha considerado como caudal de cálculo el máximo que puede llegar por los dos bombeos al depósito (349,4 l/s), y teniendo en cuenta que el desagüe del depósito se realiza de forma contralada en 24 horas. Por lo que ambos aliviaderos se calculan de la misma forma.

CAUDALES					
· Caudales de llegada:	ACTUAL	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO	
Se consideran los caudales puntas para el cálculo	22.237,4	24.859,7	27.452,5	30.187,1	m3/día
	926,6	1.035,8	1.143,9	1.257,8	m3/h
	257,4	287,7	317,7	349,4	l/s

Salida de depósito					
Caudal circulante:					
	ACTUAL	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO	
Nº de Colectores en funcionamiento:	1	1	1	1	Ud
Caudal por colector (mínimo/máximo):	257,4	287,7	317,7	349,4	l/s
Material Tubería:				ka = 0,08	mm
Diámetro propuesto:	400	400	400	400	mm
Diámetro interno resultante:	401	401	401	401	mm
Velocidad resultante:	2,04	2,28	2,52	2,77	m/s
Pérdida de carga Unitaria:	7,97	9,87	11,96	14,38	m/km
Longitud Tubería:	30,00	30,00	30,00	30,00	m
Pérdida de carga total en la Tubería:	0,24	0,30	0,36	0,43	mca
Pérdidas localizadas					
Codo a 45º	0,000	0,000	0,000	0,000	mca
Codo a 90º	0,064	0,080	0,097	0,117	mca
Nº y Tipo de Válvulas, pérdida de carga:					
Salida deposito/arqueta	0,106	0,133	0,162	0,196	mca
	<b>0,17</b>	<b>0,21</b>	<b>0,26</b>	<b>0,31</b>	<b>mca</b>
	<b>0,41</b>	<b>0,51</b>	<b>0,62</b>	<b>0,74</b>	<b>mca</b>



Como se puede ver con una tubería de DN400 se tiene unas pérdidas de 0,74 m con caudal a caudal a largo plazo.

### 3.4.3 Vertedero

Para la determinación de caudales del vertedero se mantienen los criterios de caudales de aliviado. Por lo que ambos vertederos se calculan de la misma forma.

Calculo de vertedero:

$$Q=1,8 \times l \times h^{2/3}$$

Como tenemos que cumplir un resguardo de 30cm desde la lámina de aliviado al elemento más cercano a esta de 30 cm se calcula la longitud de aliviadero marcado h como 20cm:

Caudales de llegada:	CAUDALES				
	ACTUAL	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO	
Se consideran los caudales puntas para el cálculo	22.237,4	24.859,7	27.452,5	30.187,1	m3/día
	926,6	1.035,8	1.143,9	1.257,8	m3/h
	257,4	287,7	317,7	349,4	l/s
VERTEDERO					
Salida de depósito	CAUDALES				
Caudal circulante:	ACTUAL	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO	
Nº de vertederos:	1	1	1	1	Ud
Caudal a aliviar:	257,4	287,7	317,7	349,4	l/s
Altura máxima de alivio	20	20	20	20	cm
Longitud de aliviadero:	0,42	0,47	0,52	0,57	m

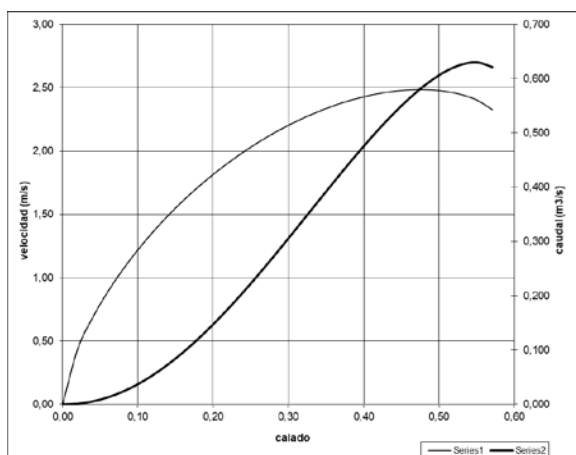
Por lo que se proyectará un **vertedero mínimo de 57cm.**

### 3.4.4 Colector de desagüe

Actualmente existe una red de drenaje que recoge los aliviados de los depósitos actuales, no obstante, esta red se ve afectada en el presente proyecto. La red actual está constituida por un colector de HA DN600. La nueva red integra la arqueta sifónica que recoge los aliviados y desagües de los depósitos, adicionalmente recoge el drenaje de las arquetas nuevas y existentes.

Este colector consta de una tubería principal de 141 mts de los cuales los 67 metros primeros se proyectan en PVC DN 315 SN8, en el PK 0+067 se conectan los vertidos de desagüe, alivio y drenaje y se amplía a DN630 con una pendiente mínima 0,50% la cual permite. La conexión con la arqueta sifónica se proyecta igualmente en PVC630.

DATOS		
<b>D</b>	N Manning	0,009
<b>A</b>	Pendiente	0,005 m/m
<b>T</b>	Diámetro	0,59 m.
<b>O</b>	Radio	0,29 m.
<b>S</b>	Caudal diseño	0,5730 m3/s
	Altura agua	0,468 m.



Obteniendo un caudal para un calado máximo del 80% de 573 l/s muy por encima de los 349,4 l/seg aportados al sistema.

Este colector conecta con un colector existente de HA 600, se realiza una comprobación que el colector existente tiene la capacidad de evacuar el caudal con una pendiente mínima de instalación de 0,5%. Esta pendiente es estimada ante la ausencia de topografía, no obstante, no se han modificado los caudales máximos de alivio del depósito existente.

DATOS		
<b>D</b>	N Manning	0,012
<b>A</b>	Pendiente	0,005 m/m
<b>T</b>	Diámetro	0,60 m.
<b>O</b>	Radio	0,30 m.
<b>S</b>	Caudal diseño	0,4598 m³/s
	Altura agua	0,48 m.

Obteniendo un caudal para un calado máximo del 80% de 459,8 l/s muy por encima de los 349,4 l/seg aportados al sistema.