

ANEJO Nº 6.- CÁLCULOS HIDRÁULICOS

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE	4
2. ESTIMACIÓN DE CAUDAL	5
3. JUSTIFICACIÓN DE LA TUBERÍA A INSTALAR	6
3.1 SELECCIÓN DEL MATERIAL	6
3.2 DIÁMETRO INTERIOR Y RUGOSIDAD	6
3.2.1 Pérdidas de carga por rozamiento	6
3.2.2 Pérdidas de carga localizadas	9
3.2.3 Pérdidas de carga totales	10
3.2.4 Línea piezométrica	11
3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA CONDUCCIÓN	12
3.4 PRESIONES	13
3.4.1 Presión de funcionamiento admisible	13
3.4.2 Presión máxima de diseño	13
3.4.3 Presión de cálculo	15
3.5 CÁLCULO DE LA AEREACIÓN	15
3.5.1 Cálculo del orificio de entrada de aire en el vaciado	16
3.5.2 Cálculo del orificio de salida de aire en presión (purgador)	17
3.5.3 Dimensionamiento de ventosas	17
4. TOPOLOGÍA DE LA RED A INSTALAR	19

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA EXISTENTE

La conducción objeto del presente proyecto está incluida en sistema de abastecimiento por gravedad a Puentes Viejas, Berzosa de Lozoya, Robledillo de la Jara y Cervera de Buitrago desde el depósito de Nuevo Portachuelo, con una presión estática de 1.225 m.s.n.m.

Actualmente, la conducción existente entre la presa del Tenebroso y el depósito de la Corta es una tubería de fundición gris de 150 mm de diámetro en todo el trazado, siendo su capacidad inferior a la necesaria para garantizar el suministro por gravedad a las poblaciones anteriormente citadas a techo de planeamiento.

Por tanto, se propone renovar este tramo, de unos 2 km de longitud, y sustituirlo por una conducción de mayor diámetro.

2. ESTIMACIÓN DE CAUDAL

Del estudio de demandas realizado por Canal de Isabel II se ha obtenido la siguiente progresión de demandas a futuro de las poblaciones abastecidas desde la Conducción de la Jara:

POBLACIÓN	D ACTUAL (l/s)	D CORTO PLAZO (l/s)	D MEDIO PLAZO (l/s)	D LARGO PLAZO (l/s)
PUENTES VIEJAS (La Corta y Serranillas)	2,53	2,58	2,71	3,07
BERZOSA DEL LOZOYA	1,8	2,03	3,53	4,49
CERVERA DE BUITRAGO	2,85	2,93	3,13	3,78
ROBLEDILLO DE LA JARA	1,8	1,85	1,99	2,39
TOTAL	8,98	9,39	11,36	13,73

Dada la vida útil de la infraestructura proyectada, se adopta como caudal de diseño el correspondiente a la demanda prevista a largo plazo, 13,73 l/s.

3. JUSTIFICACIÓN DE LA TUBERÍA A INSTALAR

3.1 SELECCIÓN DEL MATERIAL

La tubería a renovar tendrá un diámetro mayor al de la tubería actual, que es de DN 150 mm, con una presión máxima de 40 bares. Dado el diámetro y la presión de diseño, el material más adecuado para la conducción será fundición dúctil.

3.2 DIÁMETRO INTERIOR Y RUGOSIDAD

Para determinar el diámetro de la tubería a instalar se realizará un cálculo de la conducción de manera que, dado el caudal circulante a techo de planeamiento, las pérdidas de carga en el tramo no superen la energía disponible a lo largo de toda la traza de la conducción de La Jara.

El caudal máximo previsto en el tramo es de 13,73 l/s. La arqueta de la que parte la conducción se sitúa a la cota 917 y el depósito de la Corta a la 1075. En este punto final se exige, por condicionantes aguas abajo, una presión mínima de 100 m.c.a. Suponiendo que en el futuro se mantengan las condiciones hidráulicas existentes en la actualidad al inicio del tramo a renovar, la presión en este punto es 264 m.c.a.

A partir de estos datos se va a realizar un cálculo de las pérdidas de carga en la conducción, suponiendo una tubería de fundición dúctil y un diámetro de 200 mm, y se comprobará la idoneidad de esta elección.

3.2.1 Pérdidas de carga por rozamiento

Para determinar el valor de las pérdidas de carga por rozamiento se va a emplear la fórmula de rozamiento de Darcy-Weisbach:

$$\Delta h_3 = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g} = \frac{8 \cdot f \cdot L \cdot Q^2}{D^5 \cdot \pi^2 \cdot g}$$

Siendo:

- f; Coeficiente de rugosidad (ábaco de Moody)
- δ ; rugosidad relativa $\delta = \frac{\varepsilon}{D}$
- ε ; rugosidad absoluta
- D; diámetro de la conducción (mm)
- Número de Reynolds $R = \frac{v \cdot D}{\nu}$
- ν ; Viscosidad cinemática (m²/s)
- L; longitud conducción (m)
- v; velocidad (m/s)
- D; diámetro de la conducción (mm)
- R_H; radio hidráulico (m)
- A₃; área de la sección

TABLA DE VALORES DE LA VISCOSIDAD CINEMÁTICA PARA EL AGUA	
Temperatura (°C)	ν (m ² /seg.)
0°	$1'790 \times 10^{-6}$
5°	$1'520 \times 10^{-6}$
10°	$1'310 \times 10^{-6}$
15°	$1'140 \times 10^{-6}$
20°	$1'010 \times 10^{-6}$
23°	$0'950 \times 10^{-6}$
25°	$0'910 \times 10^{-6}$
30°	$0'804 \times 10^{-6}$
40°	$0'661 \times 10^{-6}$
50°	$0'556 \times 10^{-6}$
60°	$0'477 \times 10^{-6}$
70°	$0'415 \times 10^{-6}$
80°	$0'367 \times 10^{-6}$
90°	$0'328 \times 10^{-6}$
100°	$0'296 \times 10^{-6}$

Figura 1 Viscosidad cinemática del agua a presión atmosférica a nivel del mar

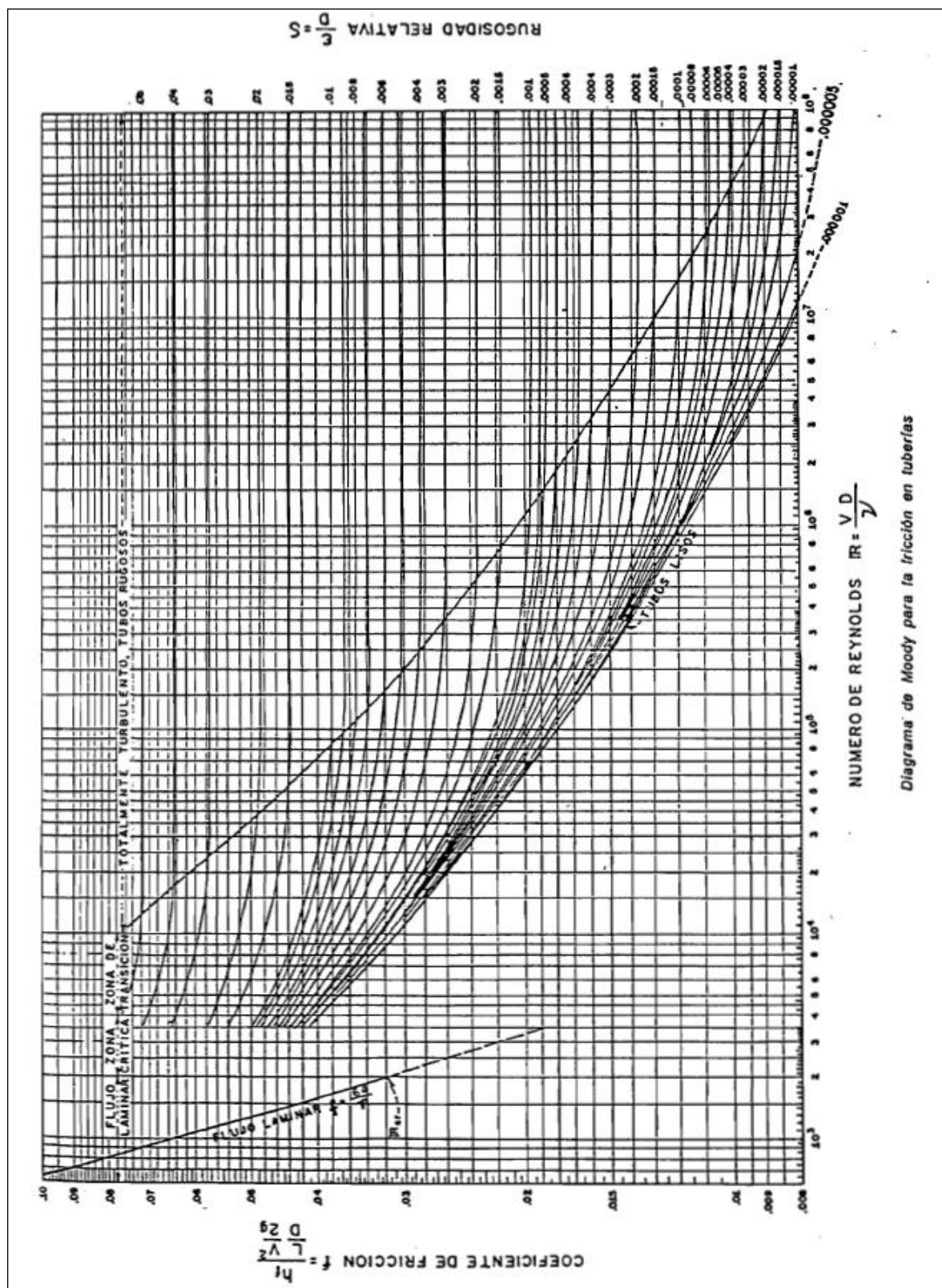


Figura 2 Diagrama de Moody para la fricción

A partir de los datos de caudal máximo en la conducción y para un diámetro de 200 mm se obtiene un valor de las pérdidas por rozamiento de 1,15 m/km.

3.2.2 Pérdidas de carga localizadas

El valor de las pérdidas de carga localizadas se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\Delta h_2 = k_2 \cdot \left(\frac{v_2^2}{2 \cdot g} \right)$$

Siendo:

- K_2 ; Coeficiente que depende del tipo de pieza especial o válvula (ver tabla adjunta)
- v_2 ; Máxima velocidad de paso del agua a través de la pieza especial o de la válvula (m/s)

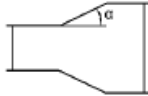

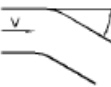
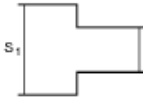
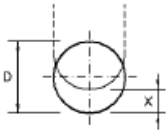
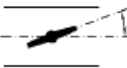
Elemento	Coeficiente k_l								
Ensanchamiento gradual	α	5°	10°	20°	30°	40°	90°		
	k_l	0,16	0,40	0,85	1,15	1,15	1,00		
Codos circulares	R/DN	0,1	0,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	k_{90°	0,09	0,11	0,20	0,31	0,47	0,69	1,00	1,14
	$k_l = k_{90^\circ} \cdot \frac{\alpha}{90^\circ}$								
Codos segmentados	α	20°	40°	60°	80°	90°			
	k_l	0,05	0,20	0,50	0,90	1,15			
Disminución de sección	S_2/S_1	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8			
	k_l	0,5	0,43	0,32	0,25	0,14			
Válvulas de compuerta	x/D	1/8	2/8	3/8	4/8	5/8	6/8	7/8	8/8
	k_l	97	17	5,5	2,1	0,8	0,3	0,07	0,02
Válvulas de mariposa	α	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	
	k_l	0,5	1,5	3,5	10	30	100	500	
Otras	Entrada a depósito					$k_l = 1,0$			
	Salida de depósito					$k_l = 0,5$			

Figura 3 Coeficientes de accesorios (Normas de Abastecimiento de Canal de Isabel II)

Aplicando esta formulación se obtienen unas pérdidas localizadas totales de 0,073 m:

Diámetro= 200 mm
Caudal= 13,73 l/s
Velocidad= 0,437 m/s

PK	Diámetro (mm)	Elemento	α	R codo	R/DN	k90º	k1	k2	Δh (mca)
0 + 000	200	Salida arqueta	-	-	-	-		0,5	0,0049
0 + 009	200	Codo 22º30'	22,5	302	1,51	1,14	0,29		0,0028
0 + 013	200	Codo 22º30' (vertical)	22,5	302	1,51	1,14	0,29		0,0028
0 + 014	200	Codo 11º15' + Desagüe	11,25	406	2,03	1,14	0,14		0,0014
0 + 026	200	Codo 90º	90	265	1,33	1,14	1,14		0,0111
0 + 050	200	7 Codos 11º15' sobre azud	11,25	406	2,03	1,14	0,14		0,0097
0 + 102	200	Codo 90º	90	265	1,33	1,14	1,14		0,0111
0 + 106	200	Ventosa + Válvula Corte	-	-	-	-		0,5	0,0049
0 + 108	200	Codo 11º15' (vertical)	11,25	406	2,03	1,14	0,14		0,0014
0 + 119	200	Codo 11º15' (vertical)	11,25	406	2,03	1,14	0,14		0,0014
0 + 396	200	Ventosa	-	-	-	-			0,0000
1 + 083	200	Ventosa + Válvula Corte	-	-	-	-		0,5	0,0049
1 + 091	80	Desagüe	-	-	-	-			0,0000
1 + 715	200	Ventosa	-	-	-	-			0,0000
1 + 830	200	Codo 22º30' + 11º15'	33,75	302	1,51	1,14	0,44		0,0043
1 + 943	200	Codo 45º	45	326	1,63	1,14	0,57		0,0055
1 + 947	200	Entrada depósito	-	-	-	-		1	0,0097
TOTAL									0,0758

3.2.3 Pérdidas de carga totales

Multiplicando por la longitud de la conducción las pérdidas por rozamiento y sumando las pérdidas localizadas, se obtienen las pérdidas de carga totales en el tramo de estudio:

$$\Delta h = 1,947 \times 1,15 + 0,076 = 2,31 \text{ m.c.a.}$$

3.2.4 Línea piezométrica

A partir de las pérdidas de carga calculadas en la conducción y la presión existente en el punto inicial de la misma, 264 m.c.a., se calcula la presión en los elementos singulares de la traza, comprobándose que no existen presiones negativas:

PK	Cota geométrica	Pérdidas continuas tramo	Pérdidas elemento	Δh total (mca)	Piezométrica	Presión (mca)
0 + 000	915,405	0	0,00487	0,00	1179,41	264,00
0 + 009	912,148	0,01035	0,00277	0,02	1179,39	267,24
0 + 013	910,573	0,0046	0,00277	0,03	1179,38	268,81
0 + 014	910,573	0,00115	0,00139	0,03	1179,38	268,80
0 + 026	910,586	0,0138	0,01110	0,05	1179,35	268,77
0 + 050	910,61	0,0276	0,00971	0,09	1179,31	268,70
0 + 102	910,663	0,0598	0,01110	0,16	1179,24	268,58
0 + 106	910,666	0,0046	0,00487	0,17	1179,23	268,57
0 + 108	910,669	0,0023	0,00139	0,17	1179,23	268,56
0 + 119	913,745	0,01265	0,00139	0,19	1179,22	265,47
0 + 396	948,941	0,31855	0	0,51	1178,90	229,96
1 + 083	1000,026	0,79005	0,00487	1,30	1178,10	178,08
1 + 091	1000,25	0,0092	0	1,31	1178,09	177,84
1 + 715	1058,375	0,7176	0	2,03	1177,38	119,00
1 + 830	1062,827	0,1321005	0,00432	2,16	1177,24	114,41
1 + 943	1069,829	0,1300995	0,00555	2,30	1177,10	107,28
1 + 947	1070	0,0046	0,00974	2,31	1177,09	107,09

Asimismo, se presenta una imagen de la traza de la conducción y la línea piezométrica calculada (línea azul), comprobándose de forma gráfica que la línea piezométrica no corta la rasante de la tubería:

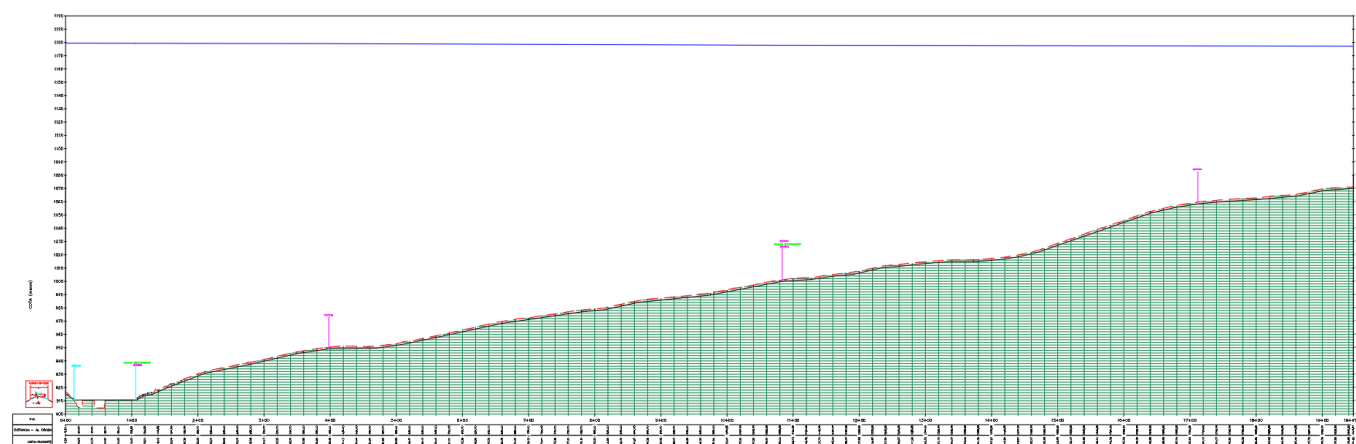


Figura 4 Línea piezométrica

Con lo que la presión al final del tramo será la altura geométrica disponible de 107,09 m.c.a, valor superior al mínimo necesario.

3.3 CARACTERÍSTICAS DE LA CONDUCCIÓN

La tubería a renovar será de diámetro DN 200 mm, siendo la máxima presión a la que se verá sometida de 40 bares

Para tubería de fundición dúctil con unión mediante junta flexible, se realiza una clasificación por su DN y su clase de presión C.

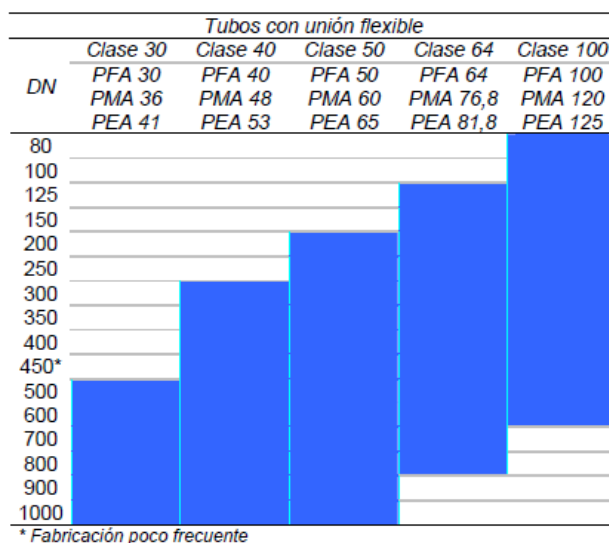


Figura 5 Clasificación de los tubos de fundición dúctil

La clase mínima de las tuberías de fundición dúctil queda condicionada por el diámetro, siendo para un diámetro de 200 mm la C 50. El espesor necesario de la tubería a instalar será de 3,90 mm, según se indica en la siguiente tabla:

Diámetros (mm)		Espesor mínimo (mm)					Longitudes		
Valor nominal							Valor nominal (m)		
DN	OD	Clase 30	Clase 40	Clase 50	Clase 64	Clase 100	Tubos para unión flexible	Tubos con bridas incorporadas	Tubos con bridas soldadas o roscadas
80	98					4,7	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
100	118					4,7	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
125	144				4,0	5,0	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
150	170				4,0	5,9	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
200	222			3,9	5,0	7,7	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
250	274			4,8	6,1	9,5	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
300	326		4,6	5,7	7,3	11,2	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
350	378		5,3	6,6	8,5	13,0	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
400	429		6,0	7,5	9,6	14,8	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
450	480		6,8	8,4	10,7	16,6	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
500	532	5,6	7,5	9,3	11,9	18,3	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
600	635	6,7	8,9	11,1	14,2	21,9	5-5,5-6	0,5-1-2-3	2-3-4-5
700	738	7,8	10,4	13,0	16,5		5,5-6-7	0,5-1-2-3	2-3-4-5-6
800	842	8,9	11,9	14,8	18,8		5,5-6-7	0,5-1-2-3	2-3-4-5-6
900	945	10,0	13,3	16,6			5,5-6-7-8,15	0,5-1-2-3	2-3-4-5-6
1000	1048	11,1	14,8	18,4			5,5-6-7-8,15	0,5-1-2-3	2-3-4-5-6

Figura 6 Dimensiones de los tubos de fundición dúctil (UNE-EN 545)

3.4 PRESIONES

3.4.1 Presión de funcionamiento admisible

La presión de funcionamiento admisible (PFA) se corresponde con la presión hidrostática máxima que un componente es capaz de soportar de forma permanente en servicio.

Para su cálculo se considera como origen de suministro el depósito de Nuevo Portachuelo, con una presión estática de 1225 m.s.n.m.

Dado que el tramo a sustituir se encuentra a una cota mínima de 910 m.s.n.m. la presión de funcionamiento admisible será de:

$$\Delta h = 1225 - 910 = 315 \text{ m.c.a.} \cong 32 \text{ bares}$$

3.4.2 Presión máxima de diseño

La presión máxima de diseño es la presión máxima, incluido el golpe de ariete, que un componente es capaz de soportar en servicio.

A fin de determinar la máxima presión de diseño (MDP), se realiza un estudio de transitorios en la conducción. En una conducción por gravedad, el transitorio hidráulico se genera cuando se produce un cierre de las válvulas de corte.

3.4.2.1 Hipótesis de cálculo

Para estimar la máxima sobrepresión en la conducción se estudiará el caso más desfavorable, que se produce al suministrar desde el depósito de Nuevo Portachuelo, dado que se sitúa a una cota superior que el depósito de Portachuelo y que la arteria de suministro tienen mayor longitud.

Al tratarse de una red de distribución, para el cálculo del golpe de ariete se realizará una simplificación suponiendo que la conducción está formada únicamente por la arteria principal de la red, considerando el máximo caudal que podría circular en régimen permanente. Esta simplificación queda del lado de la seguridad, dado que, en el caso de producirse el golpe de ariete, la onda se trasladará por toda la red, generando una sobrepresión inferior.

Para el cálculo se ha utilizado el programa Allievi, de la Universidad Politécnica de Valencia. Allievi es un software profesional para el cálculo y simulación de transitorios hidráulicos en sistemas a presión y en lámina libre. Allievi calcula el régimen permanente con las mismas ecuaciones del método de las características como condiciones iniciales para la simulación del transitorio.

3.4.2.2 Modelo de cálculo

Como se ha comentado, se va a estudiar el funcionamiento de la arteria principal hasta el depósito de La Corta suministrando desde el depósito de Nuevo Portachuelo.

El modelo de la red adoptado se describe a continuación:

- Depósito Nuevo Portachuelo: Cota lámina de agua 1225 m.
- Tramos de la arteria principal hasta el inicio del tramo a renovar: se incluyen las características según los datos recogidos en el “Sistema Pinilla: Nuevo Portachuelo – Conducción La Jara”:
 - Tramo de salida de depósito: Tubería de fundición dúctil de 400 mm de diámetro, espesor 6 mm y 780 m de longitud.
 - Sucesivos tramos de tubería de fundición dúctil de 250 mm de diámetro, espesor 5 mm y longitudes 1.649 m, 3.117 m, 775 m, 2.494 m, 1.705 m y 367 m.
- Tramo de conducción a renovar: Tubería de fundición dúctil de 200 mm de diámetro, espesor 4 mm y 1.947 m de longitud. Se simplifica incluyendo el punto inicial del tramo, situado a la cota 915, la zona de paso sobre el azud del Tenebroso, que es la más baja del tramo, cota 910,50, y 5 puntos intermedios hasta el punto final del tramo, en el que se incluye la válvula de corte a la cota 1070.
- Válvula de corte tipo mariposa al final del tramo: diámetro 200 mm. Tiempo de cierre 2 minutos, suponiendo un cierre según una curva característica habitual, inicialmente la válvula se mantiene prácticamente cerrada, el cierre entre el 25% y el 75% se produce en el minuto central y un cierre lento al final.
- Depósito de la Corta: Cota lámina de agua 1075 m.

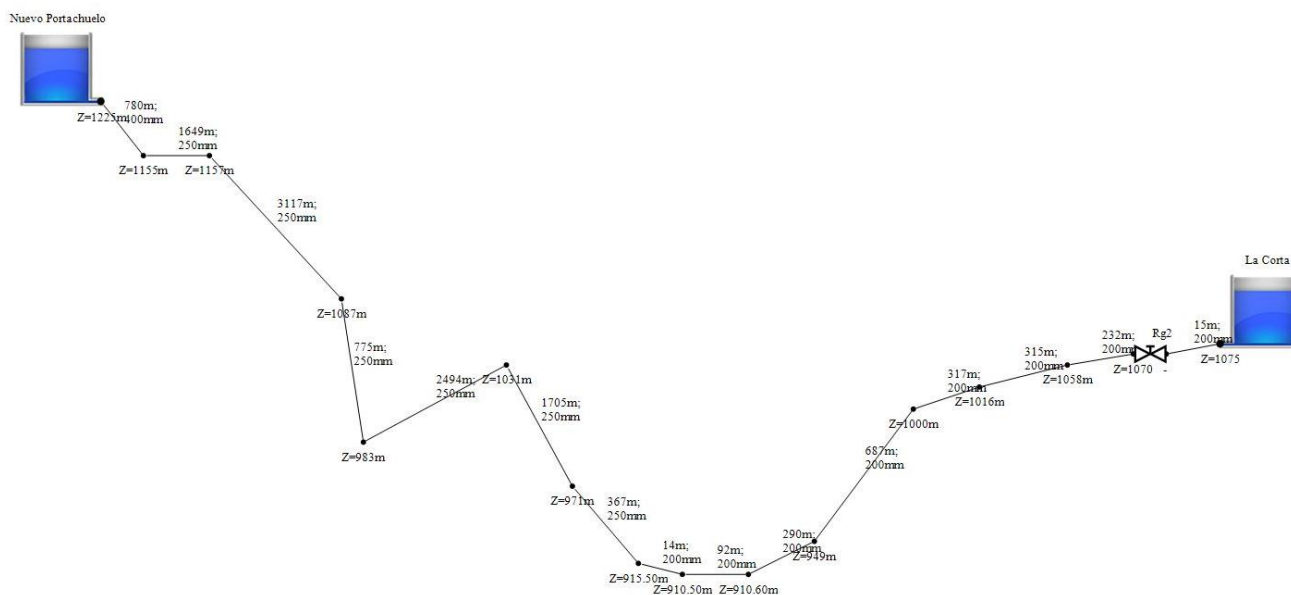


Figura 7 Modelo de la arteria de suministro desde el depósito Nuevo Portachuelo

3.4.2.3 Resultados obtenidos

Tras la modelización de la conducción se obtiene en régimen permanente un caudal circulante máximo de 74 l/s y una presión máxima de 225 m.c.a en el punto más desfavorable del tramo a renovar, azud del Tenebroso.

Simulando el cierre de la válvula situada al final del tramo modelizado, se obtiene una presión máxima en la conducción de 380,12 m.c.a en el punto bajo de la misma.

En el siguiente gráfico se muestra la envolvente de presiones obtenida en régimen permanente y transitorio:

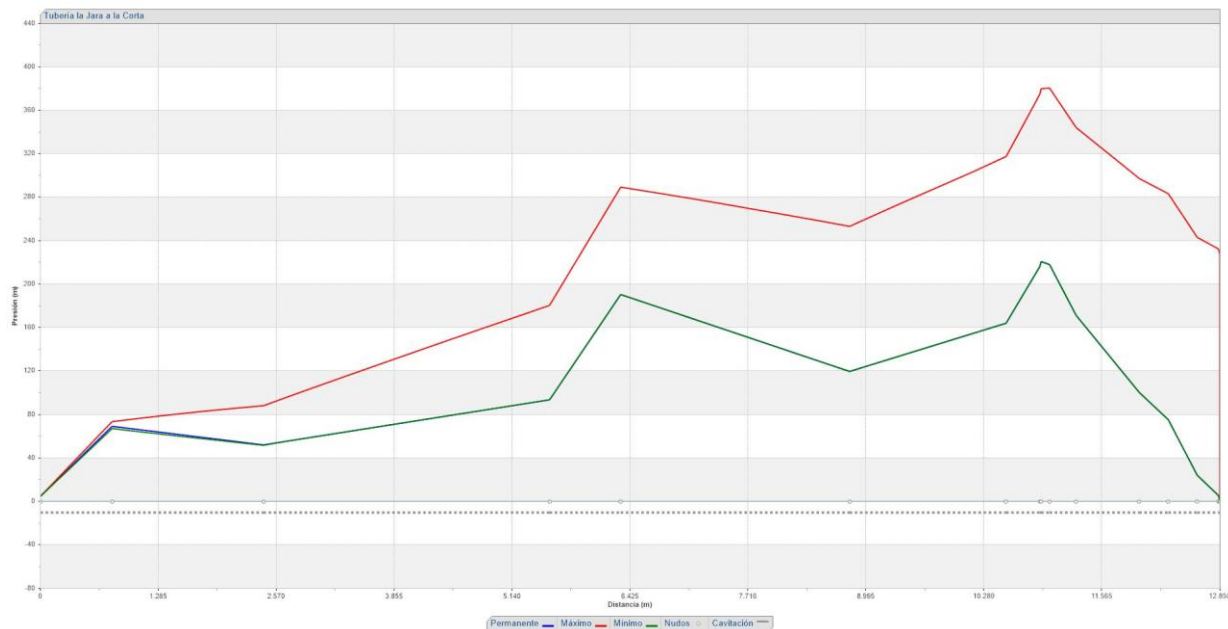


Figura 8 Envolvente de presiones

3.4.3 Presión de cálculo

La presión máxima en la conducción calculada incluyendo la sobrepresión debida al golpe de ariete suministrando desde el depósito de Nuevo Portachuelo es:

$$P_{\text{máx}} = 380,12 \text{ m.c.a.}$$

A partir de ésta se calcula la presión de prueba, siendo igual a la presión máxima de diseño más 1 bar:

$$P_{\text{prueba}} = 380,12 + 10 = 390,12 \text{ m.c.a.} \cong 40 \text{ bares}$$

Por tanto, se adopta una presión de cálculo de 40 bares, igual a la presión de prueba de la instalación.

3.5 CÁLCULO DE LA AEREACIÓN

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

- Diseño para el llenado de la conducción: Las ventosas deberán ser capaces de expulsar un caudal de aire igual al caudal de llenado de agua de la conducción soportando una presión positiva de 0,3 bar. Para garantizar la eliminación de todo el aire que contenga la conducción, y no causar golpes de ariete, se suele empezar con caudales de llenado bajos; se recomienda una velocidad de llenado máxima entre 0,1 m/s y 0,5 m/s, siendo lo óptimo 0,3 m/s.

Las ventosas deberán evacuar más aire que el indicado para el llenado considerando que la capacidad de la ventosa es para una presión diferencial en la misma de 1,5 mca. A partir de ese valor el aire puede provocar el cierre del orificio grande y funcionamiento del orificio purgador. El fabricante suministrará la capacidad para los diferentes diámetros en función de la presión diferencial (PD).

- Diseño para el vaciado de la conducción. Las ventosas serán capaces de inyectar un caudal de aire igual al caudal de vaciado de agua de la conducción, soportando una presión negativa de 0,3 bar. La velocidad máxima de vaciado de la conducción estará entre 0,3 y 0,6 m/s.
- Diseño para protección frente a roturas francas. Las ventosas serán capaces de inyectar un caudal de aire suficiente para paliar los efectos negativos del vaciado brusco de la conducción.

3.5.1 Cálculo del orificio de entrada de aire en el vaciado

El cálculo del orificio entrada de la ventosa se puede realizar utilizando dos criterios:

1. Rotura franca de la conducción

Se va a considerar la hipótesis de que las ventosas deben evacuar un caudal equivalente al 30% de la rotura franca.

Para obtener el caudal de aire libre a eliminar (CAE) en el caso de una rotura franca se va a considerar la siguiente fórmula, incluida en las "Normas para redes de abastecimiento", publicadas por Canal de Isabel II:

$$CAE (m^3 / s) = 24,6 \cdot \sqrt{P \cdot D^5}$$

Siendo:

P = la pendiente m/m

D = diámetro de la conducción en m

2. Vaciado por desagüe

El caudal para vaciado por desagüe (CVD) se obtiene aplicando la siguiente ecuación, que corresponde con el caudal por un orificio simétrico sin influencia de la gravedad:

$$CVD (m^3 / s) = C_c \cdot S \cdot \sqrt{(2 \cdot g \cdot H)}$$

Siendo:

Cc = Coeficiente de orificio lateral, estimado en 0,6.

S = Superficie del desagüe en m².

H = Diferencia de cotas entre la ventosa y el desagüe en m.

Se realiza el cálculo tanto del caudal correspondiente al 30% de la rotura franca de la conducción como al de vaciado por desagüe, que servirán para la determinación del diámetro de la ventosa.

El criterio de cálculo de la rotura franca es más restrictivo que el de vaciado por desagüe, obteniéndose ventosas de 50 mm en todo el trazado.

3.5.2 Cálculo del orificio de salida de aire en presión (purgador)

El orificio purgador es el que permite la eliminación del aire en presión en la conducción cuando ésta está en carga. Su diámetro es función del aire en presión que transporta la tubería y de la presión de trabajo. La estimación del aire en la conducción se determina con un valor del 2% del caudal de circulación por la misma, según el manual AWWA M51.

Dado que la velocidad máxima recomendada por las normas para redes de abastecimiento de Canal de Isabel II para una conducción por gravedad es de 1,5 m/s, el caudal máximo que circulará por la tubería será de 47,12 l/s, por lo que el caudal de aire a evacuar será de $47,12 \times 0,02 = 0,942$ l/s.

Una vez determinado el caudal de aire a evacuar se analiza para las diferentes presiones de trabajo cuál será el orificio adecuado, según la siguiente tabla.

Presión (atm)		3,5	7,0	10,5	14,0	17,0	21,0
Diámetro del orificio (")	1/32"	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5
	3/64"	0,6	1,1	1,6	2,1	2,6	3,3
	1/16"	1,1	2,0	2,9	3,8	4,7	5,6
	5/64"	1,7	3,1	4,5	5,8	7,2	8,7
	3/32"	2,5	4,5	6,5	8,4	10,4	12,4
	7/64"	3,4	6,1	8,8	11,5	14,1	16,9
	1/8"	4,5	8,0	11,5	15,0	18,5	22,0
	9/64"	5,7	10,0	14,5	19,0	23,3	27,8
	5/32"	7,0	12,4	17,9	23,3	28,8	34,4
	3/16"	10,1	17,8	25,7	33,9	41,5	49,5
	1/4"	18,0	32,1	46,2	60,0	74,0	88,0
	5/16"	27,8	49,5	71,0	93,0	115,0	137,0
	3/8"	40,5	72,0	104,0	135,0	115,0	198,0
	7/16"	55,0	97,0	140,0	184,0	166,0	
	1/2"	72,0	127,0	184,0	240,0	226,0	
	5/8"	111,0	199,0	279,0			

De la tabla anterior se deduce el diámetro del purgador necesario en la conducción de abastecimiento, en función de las presiones de trabajo de la misma.

3.5.3 Dimensionamiento de ventosas

A continuación se presenta el cálculo realizado para determinar el diámetro mínimo de la ventosa a instalar así como el orificio de purga.

Datos del desagüe:

φDESAGÜE	0,080	m
R	0,040	m
S	0,005	m2

PK	PRESIÓN (bar)	D (m)	L (m)	H (m)	P (m/m)	ORIFICIO DE ENTRADA				ORIFICIO DE SALIDA			
						ROTURA		DESAGÜE		CAUDAL AIRE A ELIMINAR CUANDO LA TUBERÍA ESTÁ EN CARGA A UNA PRESIÓN DE TRABAJO DETERMINADA			
						Q_llenado		Q_vaciado					
						30% CAE (l/s)	Diámetro ventosa (mm)	CVD (l/s)	Diámetro ventosa (mm)	v (m/s)	Q (l/s)	2% CAE (l/s)	ORIFICIO PURGA
0+106	40	0,2	15	4,82	0,321	74,836	50	29,314	25,4	1,5	47,12	0,94	1/32"
0+396	35	0,2	294	38,5	0,131	47,774	25,4	82,848	50	1,5	47,12	0,94	1/32"
1+083	30	0,2	687	51,7	0,075	36,216	25,4	96,005	50	1,5	47,12	0,94	1/32"
1+715	25	0,2	636	57,4	0,090	39,661	25,4	101,159	50	1,5	47,12	0,94	1/32"

DATOS DEL FABRICANTE			
DN Pulgadas	DN mm	Q llenado l/s PD 0,138 bar	Q vaciado l/s PD 0,345 bar
1/2"	12,5	19,00	28,00
1"	25,4	52,38	66,50
2"	50	210,00	266,60
3"	75	471,90	299,30
4"	100	840,00	1.066,50
6"	150	1.892,00	2.397,30
8"	200	3.360,00	4.261,30
10"	250	3.819,00	5.941,00
12"	300	5.658,00	8.488,00
14"	350	8.204,00	11.600,00
16"	400	10.751,00	16.409,00

VALORES DE CAE (l/s) EN FUNCIÓN DE LA PRESIÓN Y ORIFICIO DE PURGA							
PRESIÓN (atm)		3,5	7,0	10,5	14,0	17,0	21,0
Diámetro del orificio (")	1/32"	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5
	3/64"	0,6	1,1	1,6	2,1	2,6	3,3
	1/16"	1,1	2,0	2,9	3,8	4,7	5,6
	5/64"	1,7	3,1	4,5	5,8	7,2	8,7
	3/32"	2,5	4,5	6,5	8,4	10,4	12,4
	7/64"	3,4	6,1	8,8	11,5	14,1	16,9
	1/8"	4,5	8,0	11,5	15,0	18,5	22,0
	9/64"	5,7	10,0	14,5	19,0	23,3	27,8
	5/32"	7,0	12,4	17,9	23,3	28,8	34,4
	3/16"	10,1	17,8	25,7	33,9	41,5	49,5
	1/4"	18,0	32,1	46,2	60,0	74,0	88,0
	5/16"	27,8	49,5	71,0	93,0	115,0	137,0
	3/8"	40,5	72,0	104,0	135,0	115,0	198,0
	7/16"	55,0	97,0	140,0	184,0	166,0	
	1/2"	72,0	127,0	184,0	240,0	226,0	
	5/8"	111,0	199,0	279,0			

4. TOPOLOGÍA DE LA RED A INSTALAR

En este apartado se incluye una tabla donde quedan reflejados los elementos singulares (válvulas, ventosas, desagües) de la conducción proyectada, así como los codos y demás elementos a instalar.

PK	Φ tubería (mm)	Elemento	Ángulo (º)	Φ elemento (mm)
0+009	200	Codo 22º30'	22,50	200
0 + 013	200	Codo 22º30' (vertical)	22,50	200
0 + 014	200	Codo 11º15' + Desagüe	11,25	200/80
0 + 026	200	Codo 90º	90	200
0 + 050	200	7 Codos 11º15' sobre azud	11,25	200
0 + 102	200	Codo 90º	90	200
0 + 106	200	Ventosa + Válvula Corte	-	200/50
0 + 108	200	Codo 11º15' (vertical)	11,25	200
0 + 396	200	Ventosa	-	50
1 + 083	200	Ventosa + Válvula Corte	-	50/200
1 + 091	200	Desagüe	-	80
1 + 715	200	Ventosa	-	50
1 + 830	200	Codos 22º30'+11º15'	33,75	200
1 + 943	200	Codo 45º	45	200