# ANEJO Nº 3. – ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS. SOLUCIÓN ADOPTADA

## INDICE

1. OBJETO DE ESTE ANEJO ..... 1
2. ALTERNATIVA 1 ..... 1
3. ALTERNATIVA 2 ..... 2
4. SOLUCIÓN ADOPTADA ..... 3
4.1. Escenario provisional para un máximo de 1.000 l/s ..... 4
5. CONCLUSIONES ..... 6

## 1. OBJETO DE ESTE ANEJO

Una vez definidas y planteadas, en el anejo anterior, dos posibles alternativas para que las instalaciones puedan funcionar correctamente sin tener que recurrir a un sistema de regulación complejo y sofisticado, se analizarán en este documento las ventajas e inconvenientes que cada una de estas alternativas ofrece para, finalmente, poder decantarnos por la solución más adecuada para satisfacer las necesidades reales de este abastecimiento.

## 2. ALTERNATIVA 1

Dentro de las actuaciones que contempla esta alternativa, en orden de relevancia, consideramos imprescindible que las ventosas puedan disponer de una válvula de corte (compuerta o mariposa), para poder independizarlas de la red sin que sea preciso tener que cortar el suministro y desaguar parcialmente la conducción para proceder al mantenimiento, limpieza y/o reparación de estos elementos. El coste de instalar estas válvulas en las 4 ventosas existentes, sin válvula de corte, no es significativo si se compara con las ventajas que puede aportar.

La chimenea de aireación se considera imprescindible puesto que en su emplazamiento, al inicio del tramo de fuerte pendiente descendente, las ventosas no podrían funcionar como tales por no disponer de presión suficiente y, sin embargo, es fundamental en dicho punto disponer de un sistema que permita, no sólo la expulsión del aire arrastrado con el agua que caería a gran velocidad al circular en lámina libre a lo largo del primer tramo descendente, sino la admisión de gran cantidad de aire para impedir el colapso de la tubería. El coste de este elemento y su instalación no es relevante desde el punto de vista económico. En el anejo nº 6, se acompaña el cálculo justificativo de sus dimensiones.

Por último, aunque la instalación cuenta con una ventosa trifuncional, holgadamente dimensionada en todos los puntos altos generados por la rasante de la tubería, lo que hace pensar que el aire que, en mayor o menor medida, siempre lleva disuelto el agua, podrá ser expulsado desde dichos puntos y, siempre que el llenado y vaciado de la conducción se realice de modo extremadamente lento, no debiera producirse ningún contratiempo por este concepto. Sin embargo, analizando detalladamente el perfil longitudinal, consideramos conveniente instalar una serie de

ventosas en algunos puntos en los que, o bien se produce un cambio de pendiente significativo, o la distancia entre dos ventosas, según las recomendaciones generales en esta materia, es extremadamente larga.

La Alternativa 1, permitiría el funcionamiento de la instalación correctamente pero con dos puntos débiles:

- La ventosa existente en el pk 6.986,8, no trabajaría como tal, excepto con el depósito de el "El Cristo" lleno o, al menos, cuando las válvulas de corte a la entrada de ésten completamente cerradas y la conducción en carga. Cualquiera que fuese el caudal de servicio y, mayormente, cuanto mayor sea el caudal circulante, en este punto se anularía la presión, por ser la pérdida de carga que se produce, con un valor cercano al desnivel existente entre la cabecera de la conducción y la cota de este nudo (336,53m). Esta ventosa trabajaría, pues, como un aireador, con el inconveniente de poder ser una fuente de salidas incontroladas de agua, con sus consecuentes trastornos en la arqueta y alrededores.

- El primer tramo de la conducción tras la chimenea de aireación y el siguiente a la ventosa del pk 6.986,8, funcionarían en lámina libre, tanto mayor longitud cuanto menor fuese el caudal circulante. El inconveniente de este tipo de funcionamiento en tramos de grandes pendientes, es el desgaste que puede sufrir el interior de la tubería por el exceso de velocidad que, por lo general, lleva el agua en este tipo de régimen.

## 3. ALTERNATIVA 2

Esta alternativa, añade a todas las actuaciones contempladas por la alternativa anterior un sistema de regulación de la presión en el extremo final de la conducción que se transmite hacia cabecera y permite que, una vez que la tubería ha entrado en carga, se mantiene en ese régimen hasta su vertido en el depósito de "El Cristo".

Aprovechando que el depósito se divide en tres vasos, que estos se pueden comunicar entre ellos y a pesar de que la conducción de diámetro 1000 se desdobla en tres de DN 500, con sendas válvulas de mariposa motorizadas, la actuación que se propone consiste en instalar en el vaso 2, una válvula modulante para el llenado

del depósito, tipo flotador pilotado, con cierre lento para retardar esta maniobra, controlando el golpe de ariete y que, además, posee un piloto mantenedor de presión que actúa en función de la presión a la entrada de la misma, garantizando de este modo una presión mínima que nos garantice la carga de la red y el funcionamiento correcto de la última ventosa. En su función sostenedora, la apertura se realiza proporcionalmente para garantizar la presión de tarado que fijemos. La posición totalmente cerrada se produciría cuando la presión aguas arriba fuese inferior a la de regulación fijada o cuando el vaso 2 haya alcanzado su lámina superior.

Con esta alternativa, ajustando el piloto sostenedor de presión (fácilmente regulable *in situ*), para el caudal de diseño (máximo esperable), únicamente tendríamos un tramo inicial en lámina libre, tanto más largo cuanto menor fuese el caudal circulante.

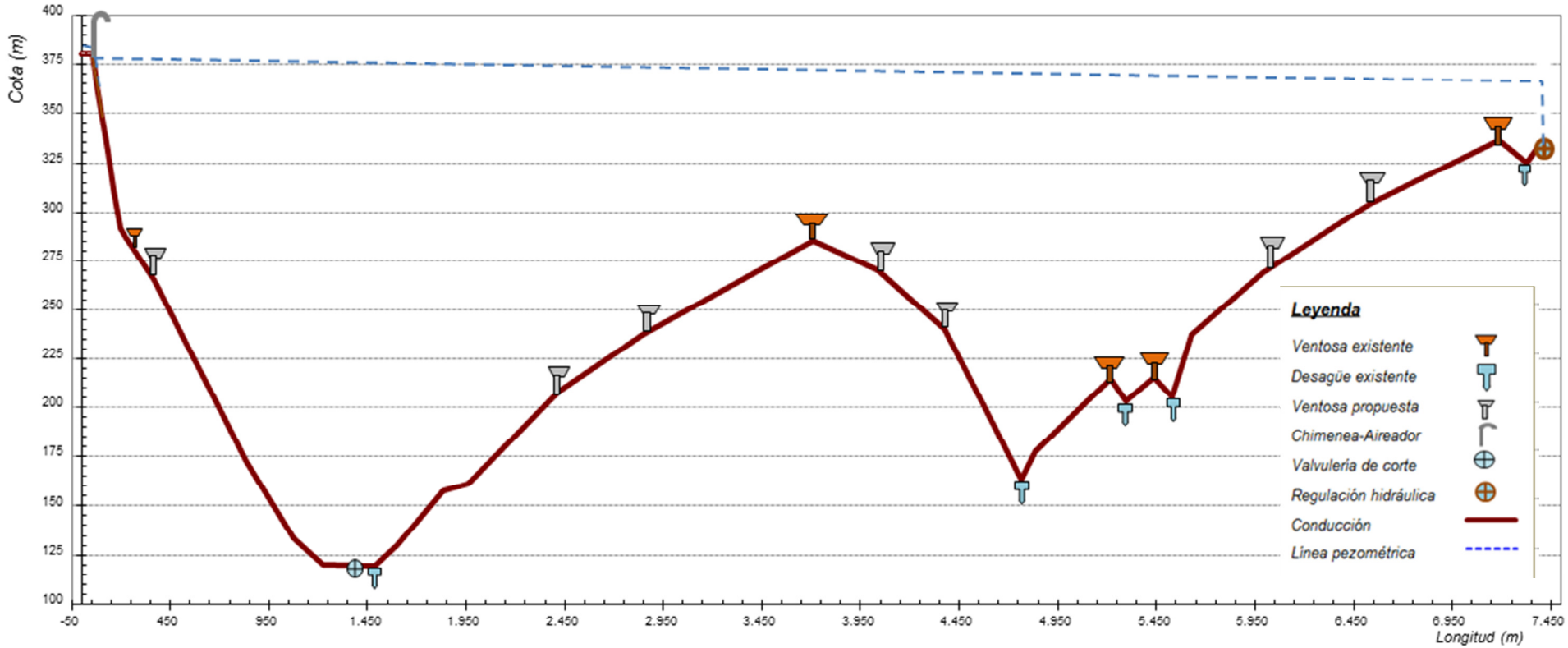
## 4. SOLUCIÓN ADOPTADA

Con todo lo visto, consideramos que, aunque la inversión requerida por la Alternativa nº 2, al incorporar la regulación de las presiones en el extremo final de la conducción, es significativa, las mejoras que esta actuación aportaría a la regulación del sistema y funcionamiento correcto de todas las ventosas, compensarían holgadamente los costes que conllevan.

Hay que tener en cuenta que, puesto que el caudal de diseño no está previsto que se alcance, al menos, a corto-medio plazo, y durante los próximos años, las aportaciones de la E.T.A.P. no superarán los 1.000 l/s, al ser el piloto mantenedor de presión fácilmente regulable *in situ*, podrá tararse con una presión tal que el tramo de cabecera en lámina libre sea mínimo, como puede comprobarse en el hipotético escenario de 1.000 l/s y presión final tarada en 36 m.c.a. que, seguidamente se detalla:

## 4.1. Escenario provisional para un máximo de 1.000 l/s

Se muestra, seguidamente, los resultados del comportamiento de la conducción, con las actuaciones propuestas en la Alternativa nº 2, para un escenario a corto-medio plazo en el que el caudal aportado por la E.T.A.P. no supere los 1.000 l/s y la presión mínima exigida aguas arriba de las sostenedoras se fija en 36 m.c.a.



| PK Nudo final | Cota Nudo inicial | Cota Nudo final | Identificación del nudo final | Caudal tramo | DN diseño (mm) | Pendiente tramo (m/km) | Velocidad tramo (m/s) | Tipo de régimen tramo | Longitud en carga del tramo (m) | Perdida carga del tramo (m.c.a.) | Cota Piezom Nudo final | Presión alcanzada Nudo final (m.c.a.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| -196,9 | 380,6 | 380,6 | ETAP | 1000 | 1016 AC | 0 | 1,29 | Tubería en carga | 0,00001 | 0 | 385 | 4,4 |
| -143 | 380,6 | 380,6 | **Chimenea-aireación** | 1000 | 1016 AC | 0 | 1,29 | Tubería en carga | 53,9 | 0,06 | 384,94 | 4,34 |
| -120 | 380,6 | 364,21 | Inicio Fundición | 1000 | 1000 FD | 712,61 | 6,36 - 1,34 | Parcialmente en carga | 21,98 | 0,027 | 379,85 | 15,64 |
| -60 | 364,21 | 330,69 | | 1000 | 1000 FD | 558,67 | 1,34 | Tubería en carga | 60 | 0,073 | 379,77 | 49,08 |
| -32,74 | 330,69 | 311,45 | Inicio Acero | 1000 | 1016 AC | 705,8 | 1,29 | Tubería en carga | 27,26 | 0,03 | 379,74 | 68,29 |
| 0 | 311,45 | 291,25 | Inicio Fundición | 1000 | 1000 FD | 616,98 | 1,34 | Tubería en carga | 32,74 | 0,04 | 379,70 | 88,45 |
| 30 | 291,25 | 286,7 | Ventosa existente | 1000 | 1000 FD | 151,67 | 1,34 | Tubería en carga | 30 | 0,037 | 379,67 | 92,97 |
| 170 | 286,7 | 265,44 | **Ventosa propuesta** | 1000 | 1000 FD | 151,86 | 1,34 | Tubería en carga | 140 | 0,171 | 379,50 | 114,06 |
| 637 | 265,44 | 172,65 | | 1000 | 1000 FD | 198,69 | 1,34 | Tubería en carga | 467 | 0,567 | 378,93 | 206,28 |
| 880 | 172,65 | 133,7 | Inicio Acero | 1000 | 1016 AC | 160,29 | 1,29 | Tubería en carga | 243 | 0,269 | 378,66 | 244,96 |
| 1.029,00 | 133,7 | 119,86 | | 1000 | 1016 AC | 92,89 | 1,29 | Tubería en carga | 149 | 0,165 | 378,49 | 258,63 |
| 1.291,98 | 119,86 | 119,43 | Desagüe | 1000 | 1016 AC | 1,64 | 1,29 | Tubería en carga | 262,98 | 0,291 | 378,20 | 258,77 |
| 1.400,00 | 119,43 | 130,2 | Inicio Fundición | 1000 | 1000 FD | -99,7 | 1,34 | Tubería en carga | 108,02 | 0,132 | 378,07 | 247,87 |
| 1.636,84 | 130,2 | 157,89 | | 1000 | 1000 FD | -116,91 | 1,34 | Tubería en carga | 236,84 | 0,289 | 377,78 | 219,89 |
| 1.765,12 | 157,89 | 161,53 | | 1000 | 1000 FD | -28,38 | 1,34 | Tubería en carga | 128,28 | 0,156 | 377,63 | 216,10 |
| 2.225,00 | 161,53 | 208,54 | **Ventosa propuesta** | 1000 | 1000 FD | -102,22 | 1,34 | Tubería en carga | 459,88 | 0,56 | 377,07 | 168,53 |
| 2.650,00 | 208,54 | 237,28 | **Ventosa propuesta** | 1000 | 1000 FD | -67,62 | 1,34 | Tubería en carga | 425 | 0,89 | 376,18 | 138,90 |
| 3.510,00 | 237,28 | 285 | Ventosa existente | 1000 | 1000 FD | -55,49 | 1,34 | Tubería en carga | 860 | 0,675 | 375,50 | 90,50 |
| 3.840,00 | 285 | 270,11 | **Ventosa propuesta** | 1000 | 1000 FD | 45,12 | 1,34 | Tubería en carga | 330 | 0,402 | 375,10 | 104,99 |
| 4.180,00 | 270,11 | 240,21 | **Ventosa propuesta** | 1000 | 1000 FD | 87,94 | 1,34 | Tubería en carga | 340 | 0,414 | 374,69 | 134,48 |
| 4.564,74 | 240,21 | 163,28 | Desagüe | 1000 | 1000 FD | 199,95 | 1,34 | Tubería en carga | 384,74 | 0,469 | 374,22 | 210,94 |
| 4.640,00 | 163,28 | 177,98 | | 1000 | 1000 FD | -195,32 | 1,34 | Tubería en carga | 75,26 | 0,092 | 374,12 | 196,14 |
| 5.023,45 | 177,98 | 214,39 | Ventosa existente | 1000 | 1000 FD | -94,95 | 1,34 | Tubería en carga | 383,45 | 0,467 | 373,66 | 159,27 |
| 5.097,00 | 214,39 | 203,43 | Desagüe | 1000 | 1000 FD | 149,01 | 1,34 | Tubería en carga | 73,55 | 0,09 | 373,57 | 170,14 |
| 5.240,00 | 203,43 | 215,47 | Ventosa existente | 1000 | 1000 FD | -84,2 | 1,34 | Tubería en carga | 143 | 0,174 | 373,39 | 157,92 |
| 5.333,66 | 215,47 | 205,77 | Desagüe | 1000 | 1000 FD | 103,57 | 1,34 | Tubería en carga | 93,66 | 0,114 | 373,28 | 167,51 |
| 5.434,80 | 205,77 | 237,17 | **Ventosa propuesta** | 1000 | 1000 FD | -310,46 | 1,34 | Tubería en carga | 101,14 | 0,123 | 373,16 | 135,99 |

| PK Nudo final | Cota Nudo inicial | Cota Nudo final | Identificación del nudo final | Caudal tramo | DN diseño (mm) | Pendiente tramo (m/km) | Velocidad tramo (m/s) | Tipo de régimen tramo | Longitud en carga del tramo (m) | Perdida carga del tramo (m.c.a.) | Cota Piezom Nudo final | Presión alcanzada Nudo final (m.c.a.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5.790,00 | 237,17 | 268,74 | | 1000 | 1000 FD | -88,88 | 1,34 | Tubería en carga | 355,2 | 0,433 | 372,72 | 103,98 |
| 6.340,00 | 268,74 | 304,05 | **Ventosa propuesta** | 1000 | 1000 FD | -64,2 | 1,34 | Tubería en carga | 550 | 0,67 | 372,05 | 68,00 |
| 6.986,75 | 304,05 | 336,53 | Ventosa existente | 1000 | 1000 FD | -50,22 | 1,34 | Tubería en carga | 646,75 | 0,788 | 371,27 | 34,74 |
| 7.130,00 | 336,53 | 325,04 | Desagüe. Inic PRFV | 1000 | 1000 FD | 80,21 | 1,34 | Tubería en carga | 143,25 | 0,175 | 371,09 | 46,05 |
| 7.200,00 | 325,04 | 335 | Dep. El Cristo | 1000 | 1000 PR10 | -142,29 | 1,32 | Tubería en carga | 70 | 0,089 | 371,00 | 36,00 |

## 5. CONCLUSIONES

A la vista de estos resultados, nos decantamos por la ejecución de las actuaciones que se proponen en la **Alternativa 2**, por considerar que garantiza el funcionamiento con una regulación suficiente y un mínimo grado de complejidad.

Oviedo, junio de 2015

El Autor del Anejo

José Ramón Henríquez de Luna Barreda

Ingeniero Agrónomo