

ANEJO Nº 04: ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

ÍNDICE

1. OBJETO	1
2. SISTEMA ACTUAL	2
2.1 Descripción del sistema	2
2.2 Cálculo de la demanda	3
2.3 Funcionamiento durante las actuaciones	3
2.4 Prueba real	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
4. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	9
4.1 Alternativa 1: No realizar ninguna actuación	9
4.2 Alternativa 2: Demolición y construcción de dos nuevos vasos de agua con rehabilitación de cámara de reparto existente y tercer vaso existente.	10
4.3 Demolición y construcción de dos nuevos vasos de agua, cámara de válvulas y rehabilitación de tercer vaso existente.	12
4.4 Demolición y construcción de un depósito nuevo de agua y cámara de válvulas.	14
5. TRABAJOS AÑADIDOS	16
6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	17
6.1 Introducción	17
6.2 Factores de decisión	17
6.2.1 Sencillez de construcción	17
6.2.2 Plazo de ejecución	18
6.2.3 Coste de las alternativas	20
6.2.4 Sencillez de maniobra y conservación	21
7. CONCLUSIONES	22

ANEXO I: RESUMEN PRESUPUESTO ESTIMADO DE ACTIVIDADES DIFERENCIADORAS PARA CADA ALTERNATIVA (SOLO VÁLIDO PARA COMPARATIVA)

1. OBJETO

En la actualidad, la localidad de Colmenar Viejo dispone de un sistema de regulación de agua potable compuesto por 2 depósitos cuyo funcionamiento se describirá a continuación.

- El más antiguo está formado por 4 vasos circulares de igual volumen con una cámara de reparto central. El volumen teórico de estos vasos es de 4.500 m³ aunque en la actualidad el volumen máximo de explotación es de 3.500 m³, lo que lleva a una capacidad total de 14.000 m³.
- El de reciente construcción está ejecutado en prefabricado y consta de dos vasos concéntricos de 3.000 y 8.500 m³, teniendo un volumen total de 11.500 m³.

Del depósito antiguo los dos vasos más septentrionales están muy envejecidos y presentan grandes deficiencias, siendo el objeto del presente documento el análisis de las diferentes alternativas a llevar a cabo sobre el sistema.

2. SISTEMA ACTUAL

2.1 Descripción del sistema

El sistema actual de regulación de Colmenar Viejo tiene una capacidad teórica de 29.500 m³.

Por un lado, está el depósito formado por cuatro vasos circulares con una capacidad total máxima de 18.000 m³ conforme a los datos de campo extraídos y al proyecto de construcción de los vasos ubicados al sur, redactado en el año 1985 (4.500 m³ cada uno considerando el calado de proyecto de 6 m). No obstante, el volumen de explotación es de 14.000 m³ (3.500 m³ cada uno con calado de explotación de 5 m). Al ser esta la forma de trabajo en el municipio, siempre que nos refiramos a este depósito, a partir de este momento, será con este volumen. Los vasos fueron construidos en fechas diferentes: dos de ellos durante los años 70 y los otros dos en los años 90. Por último, el concéntrico, de reciente construcción con un volumen total de 11.500 m³. Este depósito consta de dos vasos concéntricos de 8.500 y 3.000 m³ respectivamente, totalmente independientes.

Con esto en la actualidad el sistema se explota conforme a una capacidad máxima de 25.500 m³, que es la que se estima como útil.

El funcionamiento de los 4 vasos es a través de una cámara de reparto de caudal.

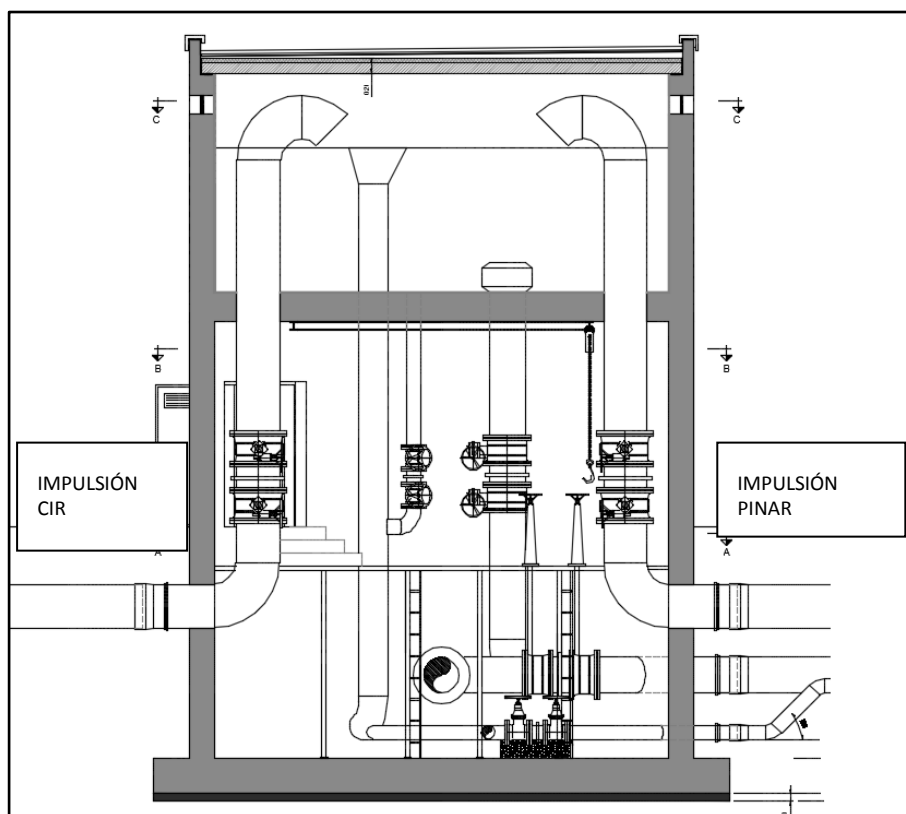


Figura 1: Esquema cámara de reparto

A esta cámara de reparto llegan dos impulsiones, la impulsión procedente del C.I.R. y la impulsión procedente del Pinar, esta última con dos líneas. Ambas conducciones rompen carga en esta cámara y por medio de las tuberías independientes de alimentación son llenados los diferentes vasos.

La salida de agua de todos los vasos llega hasta una única conducción de distribución y en ella, aguas abajo, se encuentra el caudalímetro CA.34PF-172 (para el seguimiento de los códigos en el **Anexo III**

se adjunta el plano del Gaudy), cuyos datos permitirán ver las curvas de demanda en verano e invierno y los caudales medio y punta demandados por el municipio. Aguas abajo de este caudalímetro se encuentra la conexión con el depósito de 11.500 m³ cuya descripción se realiza a continuación.

El depósito de agua de 11.500 m³ tiene una cámara de válvulas a la que llegan las impulsiones del C.I.R. y del Pinar. En las derivaciones que llegan de estas impulsiones a la cámara de válvulas del depósito se encuentran sendos caudalímetros, el CA.34PF-330 y CA.34PF-329.

Actualmente, las válvulas que permiten el llenado desde las impulsiones del C.I.R. y del Pinar se encuentran cerradas, de tal modo que el llenado de los depósitos se lleva a cabo por la salida de agua de ambos, quedando éste como depósito auxiliar. Aguas abajo de este depósito se encuentra una cámara de válvulas en la que se unen las conducciones procedentes de los 4 vasos descritos anteriormente y de este último depósito. Esta cámara de válvulas permite la circulación del agua en forma bidireccional, de tal forma que los dos depósitos de agua se encuentran conectados, permitiendo el llenado de los depósitos por vasos comunicantes.

En la conducción que lleva el agua desde el depósito de agua de 11.500 m³ hasta la cámara de válvulas se encuentra el caudalímetro CA.34PF-328. Dado que se encuentra en una conducción actualmente funcionando de forma reversible, los datos aportados por este caudalímetro no pueden ser utilizados ya que registran datos de caudal en ambos sentidos de circulación.

2.2 Cálculo de la demanda

De los datos aportados por el Canal de Isabel II para el cálculo de la demanda a corto, medio y largo plazo se obtienen los siguientes caudales:

AÑO	ACTUAL	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO
Qm (l/s)	254,6	284,95	314,96	346,61
Qm (m ³ /día)	22.237,44	24.859,68	27.452,54	30.187,10

2.3 Funcionamiento durante las actuaciones

Las diferentes alternativas planteadas en el apartado 4 del presente documento llevan implícita la utilización del depósito de agua de 11.500 m³ como depósito regulador durante las posibles actuaciones. Para ello se ha realizado una simulación hidráulica de este depósito tomando como nudos de aporte las estaciones de bombeo de CIR y el Pinar, teniendo un caudal medio de aporte de 154,6 l/s en el caso de CIR y de 100 l/s en el de Pinar. Finalmente, como punto de demanda se ha ubicado un nudo en el que el consumo medio es de 254,6 l/s (consumo actual de Colmenar Viejo).

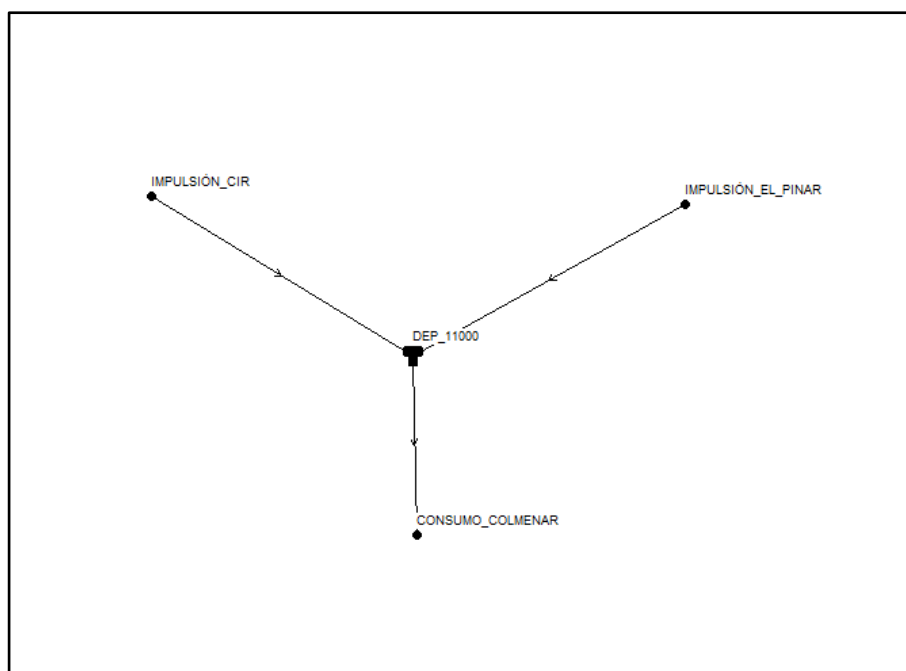


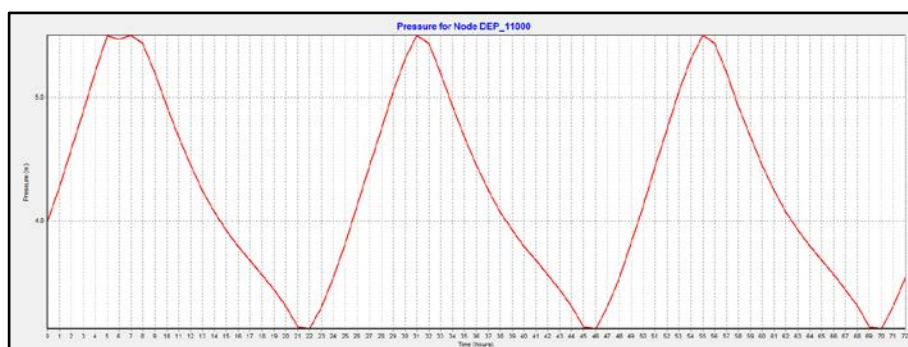
Figura 2: Esquema funcionamiento general

El consumo real de la localidad lleva implícito una curva de demanda, la cual ha sido obtenida a partir de los datos de consumo aportados por el Canal de Isabel II y cuyos coeficientes se muestran a continuación:

HORA	COEFICIENTE MAYO
1:00	0,634
2:00	0,533
3:00	0,516
4:00	0,473
5:00	0,476
6:00	0,707
7:00	1,072
8:00	1,259
9:00	1,385
10:00	1,413
11:00	1,416
12:00	1,398
13:00	1,328
14:00	1,231
15:00	1,105

HORA	COEFICIENTE MAYO
16:00	1,053
17:00	1,011
18:00	1,009
19:00	1,049
20:00	1,096
21:00	1,208
22:00	1,014
23:00	0,859
0:00	0,758

Partiendo de una cota inicial de agua de 4,0 m de altura y con una altura máxima de agua de 5,7 m de agua, el comportamiento del depósito obtenido para una simulación de 72 horas es el siguiente:



De la simulación se obtiene que la altura máxima de agua obtenida es de 5,51 m y la mínima de 3,13 m. Por tanto, el volumen del depósito de agua permite amortiguar las puntas de consumo horario.

Además, se ha comprobado el volumen de regulación que permitiría este depósito de agua durante las actuaciones. Considerando el caudal medio de consumo actual de 254,6 l/s el volumen de 11.500 m³ permite una capacidad de regulación en torno a las 12,5 horas.

A lo largo de los puntos que conforman el apartado 4 del presente documento se detalla la capacidad de regulación a largo plazo para el volumen futuro de cada una de las alternativas propuestas.

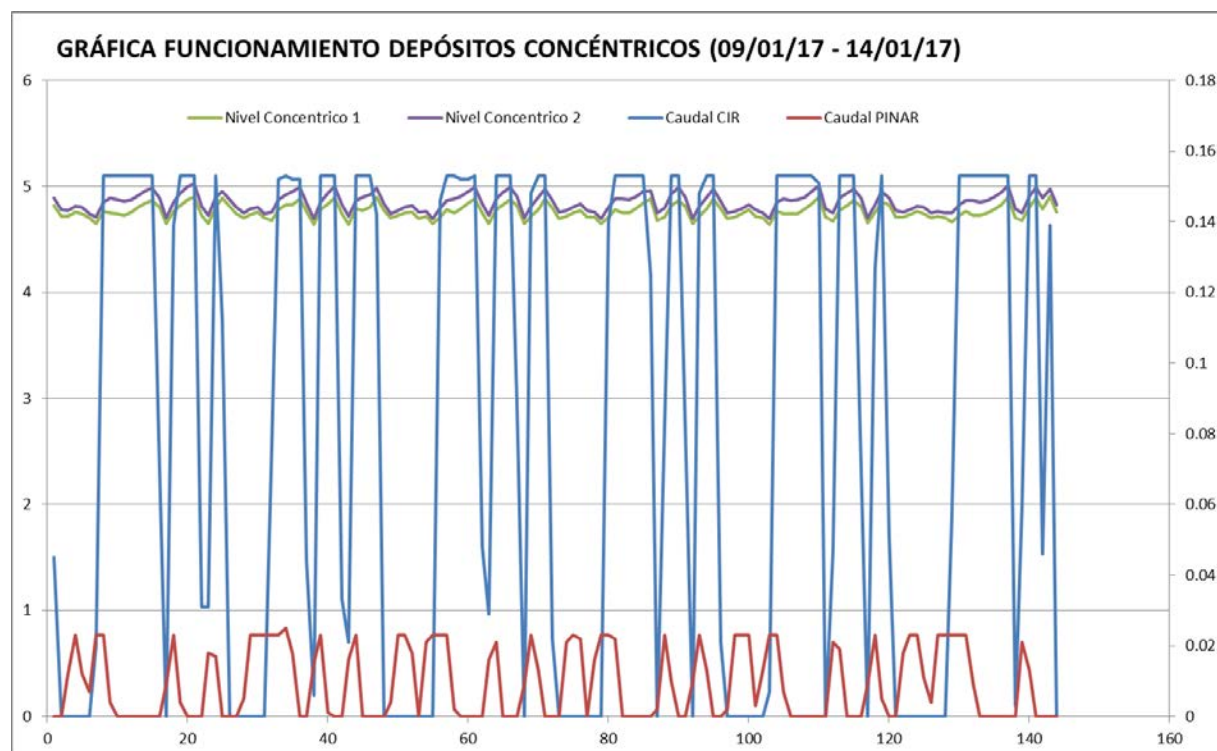
2.4 Prueba real

Una vez fijado el correcto funcionamiento de las instalaciones desde el punto de vista teórico, se ha llevado a cabo la correspondiente simulación real para comprobar el correcto funcionamiento de las instalaciones. Para tal fin es necesario llevar el caudal procedente de las impulsiones del CIR y el Pinar directamente hasta el depósito de 11.500 m³.

Primero, con fecha 19/09/16 se comenzó a abastecer Colmenar pasando el control de las elevadoras CIR y PINAR con los niveles de los cuatro vasos a los concéntricos, pero manteniendo abierta la conexión con los vasos antiguos. Posteriormente, el 14/12/16 se pasó a abastecer Colmenar sólo desde los depósitos concéntricos, anulando el resto de los vasos. Esta prueba se realiza hasta finales

de enero, aproximadamente mes y medio, que con motivo de la obra de CIR, por seguridad se vuelve a recuperar el servicio de todos los vasos (antiguos y concéntricos).

Durante el mes y medio que se estuvo abasteciendo Colmenar sólo con el depósito concéntrico, no se registraron incidencias y la variación de niveles de los vasos fue correcta, variando siempre entre 4,7 y 5 metros aproximadamente. En el gráfico a continuación se muestran los niveles durante una semana de funcionamiento. Durante estos 6 días, CIR y PINAR realizaron una media de 20 arranques (entre 3 y 4 arranques por día cada una). En la gráfica el caudal se ha multiplicado por 40 para poder visualizar:



La idea general ha sido funcionar llenando por la vela de entrada del vaso exterior de los concéntricos desde la elevadora del CIR, ya que es el vaso más grande (8.500 m³ útiles) y bombear desde CIR implica menos gasto energético. El vaso interior (3.000 m³ útiles) desde el Pinar, para mantener así en servicio las 2 tuberías de impulsión de 500 y 600 mm.

Al principio, las pruebas se realizaban sin control por nivel desde las elevadoras. Las VLL se quedaban cerradas en estado normal, y ocasionaba que las elevadoras no arrancasen por sobrepresión porque las aperturas de las VLL eran muy lentas. Se optó por reajustar el tarado de los pilotos de las mismas para evitar esta situación y mantener un llenado de los vasos acorde con los consumos.

En conclusión, en invierno, de momento no ha habido problemas de suministro debido a lo que bajan los consumos en el municipio en ese período. Se prevé poner en marcha CIR a principios de abril, y volver a probar a funcionar sólo con el depósito concéntrico hasta fechas de mayor consumo, pero por el momento, se confirman los cálculos hidráulicos modelizados.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a la antigüedad del depósito formado por los 4 vasos y la cámara de reparto central, varios de los elementos que la componen presentan deficiencias que hacen recomendable su sustitución o reparación.

En particular:

- Los dos vasos más antiguos presentan fisuras y eflorescencias que sugieren un deterioro importante de las capacidades durables del hormigón, lo cual puede afectar también a las resistentes.



Imagen 1: *Filtraciones en depósito de 3.500m³*

- También en uno de ellos se desplomó la cubierta, habiendo tenido que realizar labores de emergencia para taparla de forma provisional. Actualmente este vaso se encuentra lleno, pero fuera de servicio, manteniendo las válvulas de control cerradas.



Imagen 2: *Rotura de la cubierta*

- En los vasos de los años 90, sus muros presentan buen estado, sin embargo, de la cubierta de uno de ellos se está desprendiendo su bovedilla en algunos puntos, lo cual hace peligroso el caminar sobre ella, siendo necesario su reparación.



Imagen 3: Vista inferior de forjado con bovedillas desprendidas

- La cámara de reparto presenta un estado de conservación deficiente, con filtraciones y paredes blanquecinas por envejecimiento del hormigón. Desde el punto de vista funcional, la colocación de las válvulas en sentido vertical y carecer de puente grúa dificulta las labores de mantenimiento y reparación.



Imagen 4: Cámara de reparto existente

- Las conducciones que están a la vista, tanto en los vasos como en la cámara de reparto central presentan un estado de corrosión avanzada.



Imagen 5: Estado de las conducciones deterioradas

4. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Como se ha indicado anteriormente, en la actualidad el depósito antiguo de Colmenar Viejo presenta deficiencias importantes que pueden interferir a corto plazo en el consumo de la localidad. Para subsanar estas deficiencias se proponen las siguientes alternativas:

- Alternativa 1: No realizar ninguna actuación.
- Alternativa 2: Demolición y construcción de dos nuevos vasos. Rehabilitación de la cámara de reparto existente y del tercer vaso (la cubierta presenta desperfectos). Esta Alternativa podrá ser prefabricada o in-situ.
- Alternativa 3: Demolición y construcción de dos nuevos vasos y de una nueva cámara de válvulas. Rehabilitación del tercer vaso (la cubierta presenta desperfectos).
 - 3A Vasos realizados in-situ
 - 3B Vasos realizados mediante prefabricados.
- Alternativa 4: Demolición de los cuatro vasos existentes y construcción de dos vasos y de una nueva cámara de válvulas.
 - 4A Depósito in-situ.
 - 4B Depósito prefabricado con dos vasos concéntricos.
 - 4C Depósito prefabricado con dos vasos independientes.

A continuación, se describen dichas alternativas.

4.1 Alternativa 1: No realizar ninguna actuación

Como se ha indicado anteriormente, los vasos de agua de Colmenar Viejo construidos durante los años 70 presentan grandes deficiencias, tal es así, que uno de los vasos se encuentra fuera de servicio y no realizar ninguna actuación implicaría la clausura del otro. Para realizar dicha clausura, tal y como sucede ya en uno de ellos, se procedería al cierre de las válvulas de control situadas en la cámara de reparto. Finalmente, el estado de la cubierta del tercer vaso implicaría a medio/largo plazo una tercera clausura, viéndose reducida la capacidad de almacenamiento en 10.500 m³.

Clausurando estos vasos, el sistema de agua quedaría formado por una cámara de reparto de caudal, 1 depósito de agua de 3.500 m³ construido durante los años 90 y un depósito de agua de 11.500 m³ de reciente construcción.

De los datos aportados por el Canal de Isabel II para el cálculo de la demanda a corto, medio y largo plazo se obtienen los siguientes caudales:

AÑO	CORTO PLAZO	MEDIO PLAZO	LARGO PLAZO
Qm (l/s)	284,95	314,96	346,61
Qm (m ³ /día)	24.620	27.212	29.947

En caso de reducir el volumen de almacenamiento a 15.000 m³, la capacidad de regulación se vería reducida, siendo esta de 14,62 horas para el caso de a corto plazo, de 13,22 horas para el caso de a medio plazo y de 12 horas en el caso de largo plazo. Este último coincide con el mínimo volumen de regulación fijado por el Canal de Isabel II de 12 horas y claramente por debajo de las 16 horas, valor que se adoptó como mínimo para el diseño del sistema de almacenamiento de la localidad de Colmenar Viejo, por lo que se descarta esta opción.

4.2 Alternativa 2: Demolición y construcción de dos nuevos vasos de agua con rehabilitación de cámara de reparto existente y tercer vaso existente.

Para mantener la capacidad futura de regulación mínima de 16 horas incluida en el proyecto original de los depósitos de Colmenar Viejo, se propone la demolición de los dos vasos más antiguos de 3.500 m³ con la construcción en el mismo emplazamiento de dos vasos de la misma capacidad.

La arqueta de reparto presenta deficiencias en su estructura exterior, así como eflorescencias y filtraciones de agua. Durante la etapa de demolición y construcción de los vasos se propone la rehabilitación de esta cámara. La rehabilitación de la misma permitirá mantener el primer tramo de las líneas de llenado de los vasos de 3.500 m³ de los años 90, sustituyendo los elementos que se encuentren en mal estado de conservación.



Imagen 6: Línea de llenado depósito 3.500 m³ construido durante los años 90

Sí será necesario en cambio la sustitución de las tuberías de llenado de los vasos a demoler dado el estado de conservación en el que se encuentran. También se llevará a cabo la sustitución de las válvulas y elementos de control.

En los vasos a conservar, se realizará una rehabilitación interior con chorreado de sílice o granalla, sustitución de la cubierta dañada del tercer vaso e impermeabilización interior del mismo.



Imagen 7: Línea de llenado vaso 3.500 m³ construido durante los años 70

La falta de una segunda válvula para desmontaje hace necesario el vaciado de la cámara de reparto y, el empotramiento de la tubería en el forjado, con el mal estado de la conducción, hace necesario la demolición parcial del forjado.

El coste de dicho trabajo frente al mal estado general del conjunto, así como los inconvenientes que presenta para el mantenimiento y conservación hace conveniente descartar esta opción.

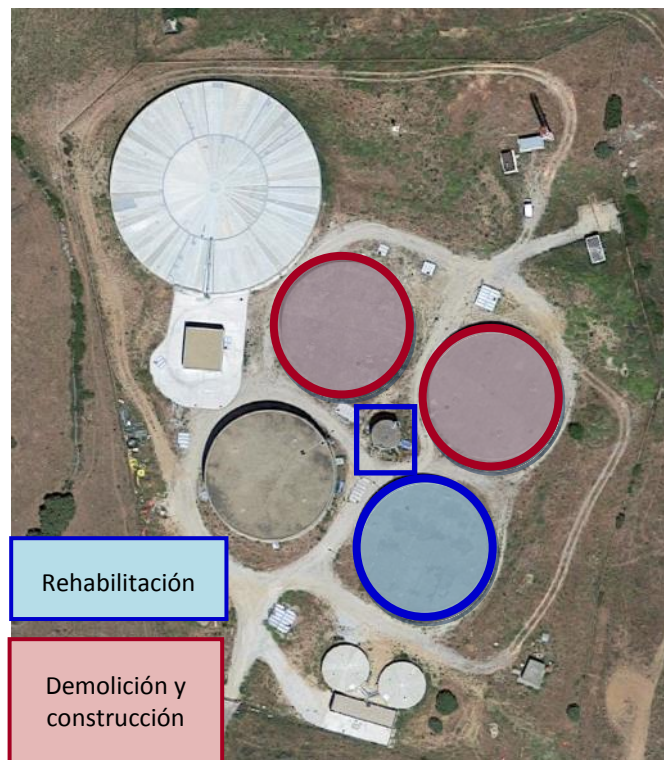


Imagen 8: Esquema Alternativa 2

4.3 Demolición y construcción de dos nuevos vasos de agua, cámara de válvulas y rehabilitación de tercer vaso existente.

Al igual que en las alternativas anteriores, para mantener la capacidad futura de regulación se propone la demolición de los dos vasos más antiguos de 3.500 m³ con la construcción en el mismo emplazamiento de dos nuevos vasos de la misma capacidad.

En esta alternativa se propone la sustitución de la cámara de reparto húmeda por una cámara de válvulas en el mismo emplazamiento. Esta construcción llevará consigo la instalación de nuevas tuberías, válvulas de control de llenado para cada uno de los vasos y de válvulas de control a la entrada y salida de los 4 vasos, haciéndose el reparto a los vasos directamente desde las tuberías de llegada de las impulsiones.

En un principio podría plantearse como alternativa la construcción de una nueva cámara de reparto similar a la existente, aunque, si bien es cierto que este sistema ha funcionado correctamente desde su construcción, desde el punto de vista operacional tiene carencias, siendo las principales la ubicación y montaje de las diferentes válvulas.

En este tipo de cámaras las válvulas se colocan en posición vertical, dificultando la extracción de las mismas en caso de avería o mantenimiento, ya que no pueden disponerse sistemas de izado en tan poca superficie. Finalmente podría plantearse una reubicación de las mismas en posición horizontal, pero esta disposición implica que el espacio dedicado a la cámara de válvulas sea mayor que el disponible en la cámara actual y por tanto no se plantee como alternativa.

Se plantea por lo tanto una nueva cámara. En ella el agua podrá llegar tanto desde la impulsión del C.I.R. como del Pinar, de tal modo que por medio de válvulas de mariposa motorizadas pueda regularse la circulación del agua. Del ramal principal surgen 4 derivaciones, una por cada vaso de agua. Cada una de estas derivaciones estará constituida por 1 válvula de control de llenado, 1 filtro cazapiedras, 2 válvulas de mariposa motorizadas y un bypass. El bypass tendrá una válvula de mariposa motorizada que permite mantener el depósito de agua en funcionamiento durante las labores de mantenimiento de la válvula de control de llenado.

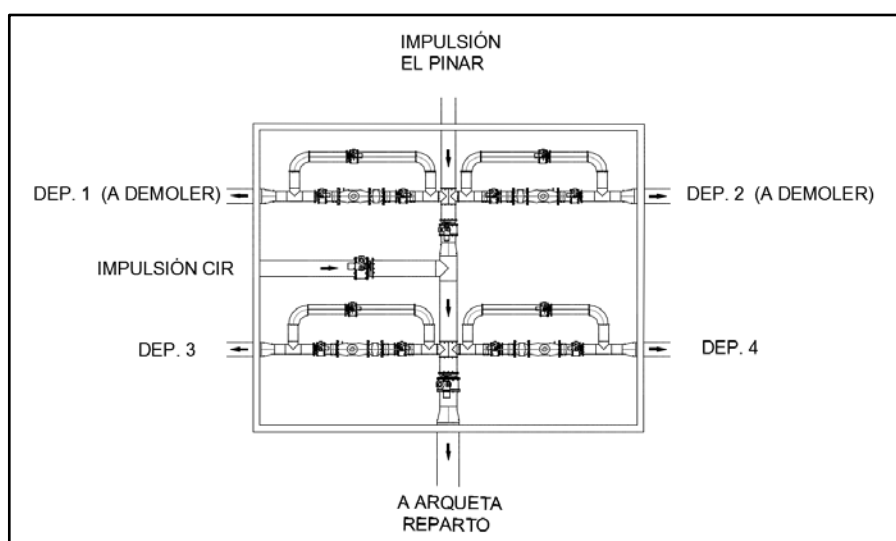


Figura 3: Cámara de válvulas propuesta

En cada una de las salidas de los vasos se instalará una válvula de mariposa motorizada que permita regular la salida de agua de los mismos, pudiendo mantener el llenado a través de estas conducciones por vasos comunicantes.

En los vasos a conservar, se realizará una rehabilitación interior con chorreado de sílice o granalla y sustitución de la cubierta dañada.

Durante las obras, el depósito de nueva construcción de 11.500 m³ será el que realice el suministro de agua durante la etapa de demolición y construcción.

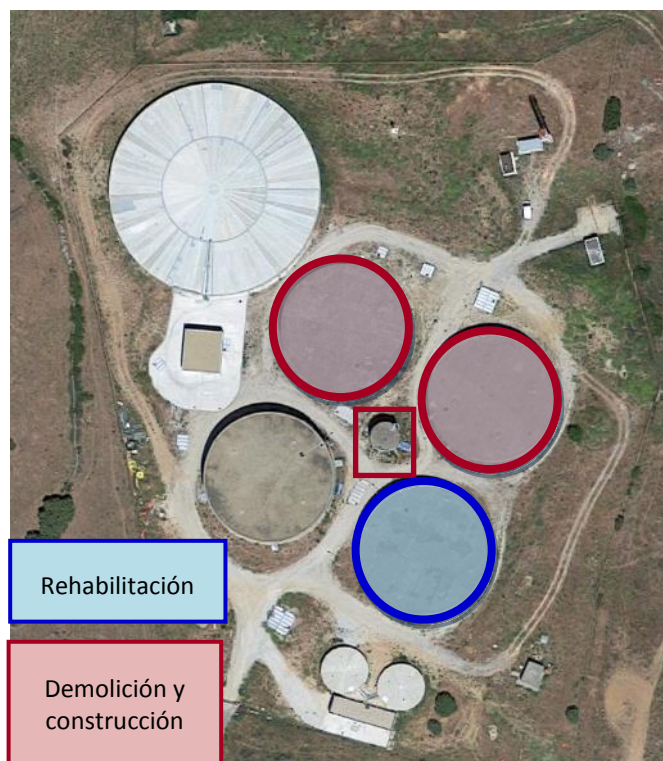


Imagen 9: Esquema Alternativa 3

4.4 Demolición y construcción de un depósito nuevo de agua y cámara de válvulas.

En este caso, propone la demolición de los cuatro vasos de 3.500 m³ con la construcción en el mismo emplazamiento de un depósito con dos vasos concéntricos como el existente o con dos vasos independientes con un volumen total de 18.000 m³ para garantizar el suministro futuro.

En esta alternativa se propone la construcción de una cámara de válvulas de control semejante a la existente en el depósito concéntrico de 11.500 m³. La cámara de válvulas permitirá la conexión de las 2 impulsiones, de tal modo que puedan emplearse las dos impulsiones de forma simultánea para llenar de forma independiente los vasos del depósito o ambos vasos se llenen desde sólo una impulsión.

Para poder conseguir esta disposición de caudales se instalarán 2 válvulas de mariposa motorizadas en las entradas de las impulsiones y 2 válvulas más en la salida. En cada una de las derivaciones a los vasos se proyecta la instalación de una válvula de control de llenado, estas podrán aislarse por medio de válvulas de mariposa motorizadas y estarán precedidas de un filtro cazapiedras.

Cada uno de los dos vasos dispondrá de una obra de toma independiente en la que se instalará una válvula de regulación. Estas conducciones se unirán en una única conducción que llevará el agua hasta la cámara de válvulas de unión entre los depósitos, los proyectados de 18.000 m³ volumen total y el existente de 11.500 m³. Esta cámara permitirá tanto el funcionamiento por vasos comunicantes entre ambos depósitos, como el funcionamiento independiente de cada uno de los depósitos. Por tanto, el suministro de agua de la localidad de Colmenar Viejo podrá llevarse a cabo de forma independiente o conjunta, según las necesidades de cada momento.

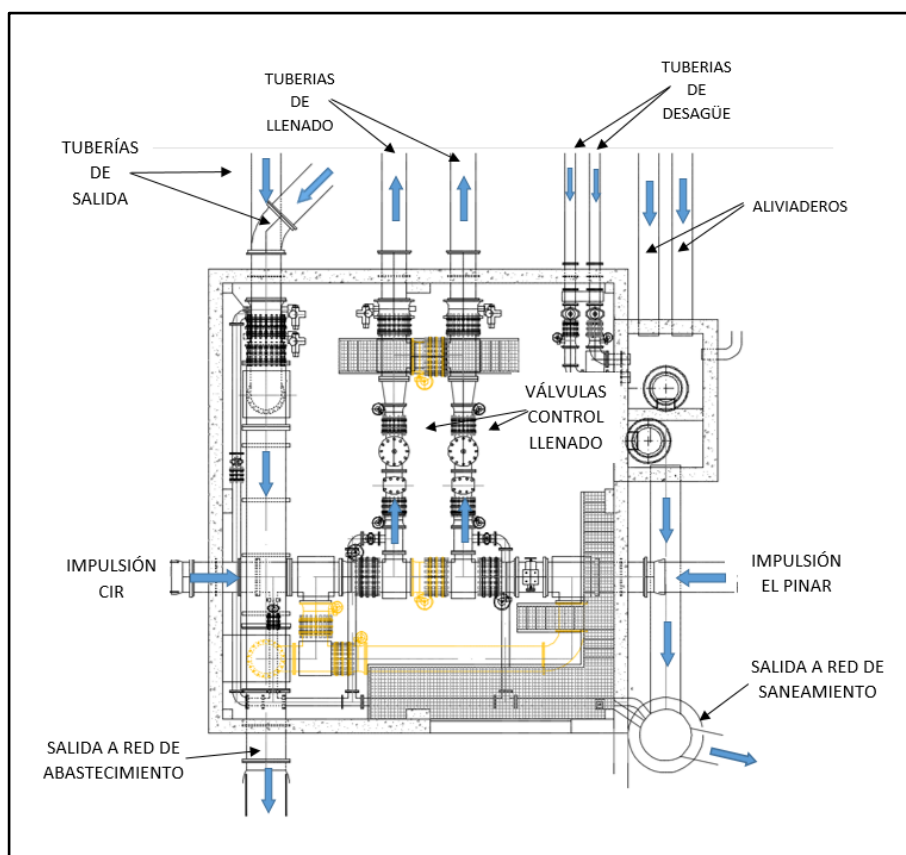


Figura 4: Cámara de válvulas propuesta

Durante las obras, el depósito de 11.500 m³, junto con el apoyo de las instalaciones a realizar y existentes, tendrá capacidad suficiente para asegurar el suministro de agua durante la etapa de demolición y construcción.

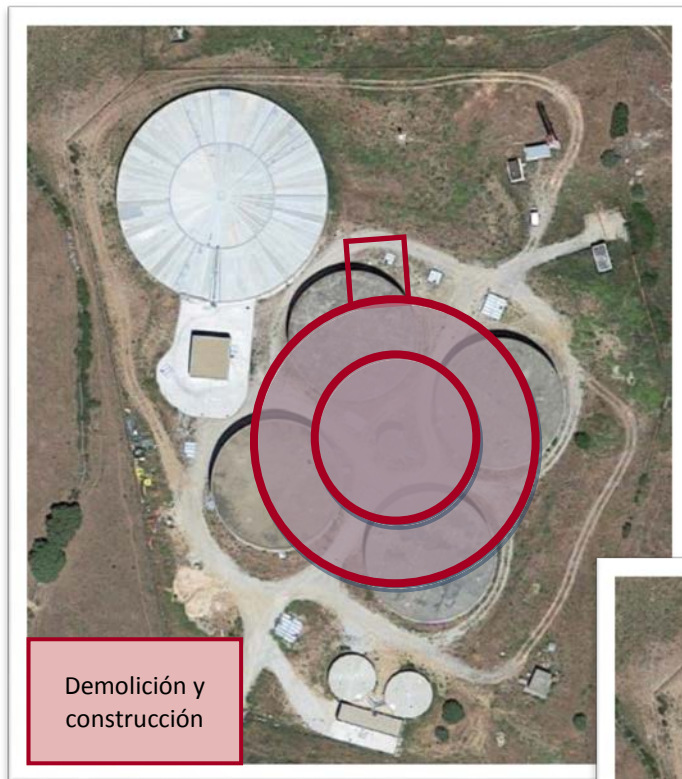


Imagen 10: Esquema Alternativa 4 A y B

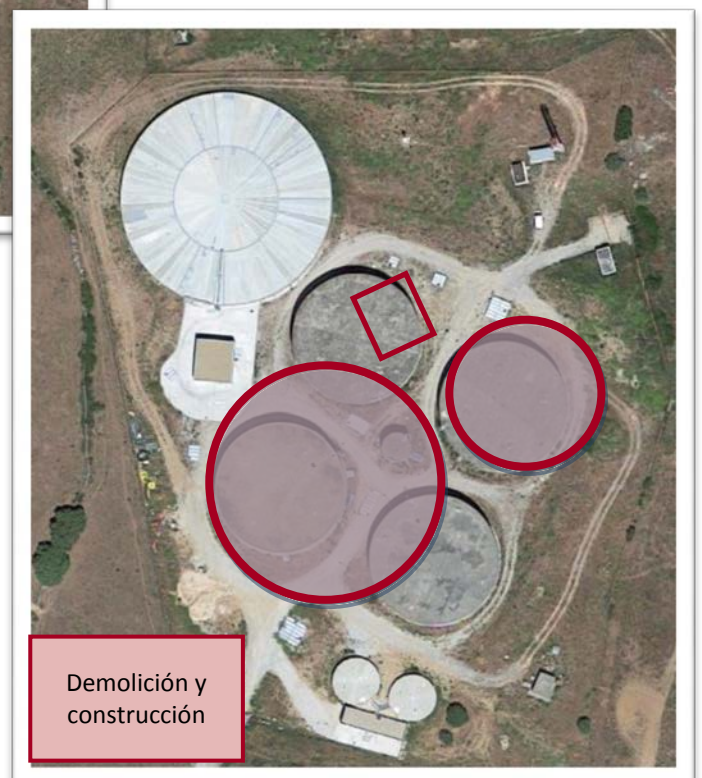


Imagen 11: Esquema Alternativa 4 C

5. TRABAJOS AÑADIDOS

Además de los trabajos relacionados directamente con la reconstrucción de los vasos a demoler y con la cámara de reparto, será necesario considerar los siguientes trabajos en las alternativas que correspondan:

- Retranqueo de los suministros a la FAMET y a la base logística de San Pedro.
- Sustitución de las conducciones entre estructuras a conservar y demoler.
- Instalación de caudalímetros de control.
- Trabajos de urbanización.
- Electricidad y control.
- Desmontaje y recolocación de equipos electromecánicos.

6. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

6.1 Introducción

Una vez descartadas las dos primeras alternativas (no realizar ninguna acción y la que plantea rehabilitar la cámara de reparto) las opciones a presupuestar quedan reducidas a dos:

- **Alternativa 3A:** Reconstruir los dos vasos deteriorados de 3.500 m³ in-situ, construir in-situ una cámara de válvulas y rehabilitar el tercer vaso existente.
- **Alternativa 3B:** Reconstruir los dos vasos deteriorados de 3.500 m³ prefabricados, construir in-situ una cámara de válvulas y rehabilitar el tercer vaso existente.
- **Alternativa 4A:** Sustituir los 4 vasos por uno in-situ de 18.000 m³ totales en dos vasos concéntricos y construir in-situ una cámara de válvulas.
- **Alternativa 4B:** Sustituir los 4 vasos por uno prefabricado de 18.000 m³ totales en dos vasos concéntricos y construir in-situ una cámara de válvulas.
- **Alternativa 4C:** Sustituir los 4 vasos por dos prefabricados de 18.000 m³ totales y construir in-situ una cámara de válvulas.

6.2 Factores de decisión

Para la decisión entre todas las opciones planteadas de la más conveniente, se tendrán en cuenta diferentes factores:

- Sencillez de construcción: La parcela presenta unas dimensiones ajustadas a los elementos que contiene, por lo que será necesario premiar aquellas opciones que necesiten menor disponibilidad de espacio para acopios y maniobra de maquinaria.
- Plazo de ejecución: Será necesario reducir el plazo de ejecución al mínimo, puesto que la instalación funcionará únicamente con la mitad de su capacidad. Cualquier imprevisto que afecte al funcionamiento normal podría penalizar fuertemente al servicio.
- Coste de ejecución: Como en cualquier obra, el coste de la misma deberá ser acorde al trabajo realizado, premiando el ahorro económico en material y en el procedimiento constructivo.
- Sencillez de maniobra y conservación: Deberá premiar aquella solución que facilite el mantenimiento y operatividad de la instalación, reduciendo el número de reparaciones a lo largo de su vida útil, el coste de las mismas y aumentando la velocidad de la reparación.

6.2.1 Sencillez de construcción

El primero de los factores de decisión es la sencillez de construcción. Un procedimiento constructivo complicado conlleva retrasos asociados, así como largos trabajos de localización, protección y paliación de daños de elementos asociados que puedan verse afectados durante las obras.

Atendiendo a las opciones disponibles, serán más convenientes aquellas que de entrada realicen un movimiento de tierras general con demolición de los elementos existentes, puesto que de esta manera se evitarán indefiniciones y se facilitarán el resto de tajos.

La realización de ampliaciones o rehabilitaciones parciales de una estructura en funcionamiento que puedan presentar complicaciones serán convenientemente reducidas o evitadas

En base a esto, se muestran las diferentes opciones ordenadas en función de su complejidad de ejecución (de menor a mayor complejidad):

ALTERNATIVA	SISTEMA DE EJECUCIÓN	MOTIVO
Alternativa 4C	Prefabricado	Parcela libre de afecciones. Más disponibilidad de espacio. Montaje estandarizado.
Alternativa 4B	Prefabricado	Parcela libre de afecciones. Más disponibilidad de espacio. Montaje estandarizado.
Alternativa 4A	In-situ	Parcela libre de afecciones. Más disponibilidad de espacio.
Alternativa 3B	Prefabricado	Menos demoliciones. Mayores afecciones. Montaje estandarizado.
Alternativa 3A	In-situ	Menos demoliciones. Mayores afecciones.

6.2.2 Plazo de ejecución

Como se ha indicado antes, el plazo de ejecución va ligado al tiempo disponible para el funcionamiento del sistema con un solo depósito, por lo que ante la posibilidad de imprevistos o complicaciones en la obra deberán primarse las opciones que planteen un menor plazo de ejecución.

Para estudiar mejor los plazos de ejecución, se han estudiado dos alternativas dentro de las planteadas: estructura in-situ y estructura prefabricada.

A continuación, se muestran los plazos de ejecución estimados para las diferentes opciones planteadas, ordenadas de menor a mayor tiempo de ejecución y ligadas exclusivamente a los elementos principales descritos:

ALTERNATIVA	SISTEMA DE EJECUCIÓN	PLAZO APROXIMADO
Alternativa 3B	Prefabricado	21 semanas
Alternativa 4B	Prefabricado	22 semanas
Alternativa 4C	Prefabricado	22 semanas
Alternativa 3A	In-situ	26 semanas
Alternativa 4A	In-situ	28 semanas

Tiempos basados en los siguientes criterios:

Actividad	Duración
ALTERNATIVA 3A. RENOVACION DE 2 VASOS IN SITU DE 3.500 M³	
Demoliciones	
Vaso 1	1 semana
Vaso 2	1 semana
Cámara de Reparto	5 días
Arquetas	3 días
Nuevos depósitos in situ 3500 m ³	
Vaso 1	2 meses
Vaso 2	2 meses
Rehabilitación Vasos existentes	1 mes cada depósito
Caseta de válvulas	2 meses
ALTERNATIVA 3B. RENOVACION DE 2 VASOS PREFABRICADOS DE 3.500 M³	
Demoliciones	
Vaso 1	1 semana
Vaso 2	1 semana
Cámara de Reparto	5 días
Arquetas	3 días
Nuevos depósitos Prefabricados 3500m ³	
Vaso 1 (Solera)	dos semanas y media
Vaso 1 (Estructura)	3 semanas
Vaso 2 (Solera)	dos semanas y media
Vaso 2 (Estructura)	3 semanas
Rehabilitación Vasos existentes	1 mes cada depósito
Caseta de válvulas Prefabricada, sótano in situ	7 semanas
Caseta de válvulas Prefabricada, (Estructura)	1 semanas
ALTERNATIVA 4A. RENOVACION COMPLETA. DEPÓSITO IN SITU CONCENTRICO	
Demoliciones	
Vaso 1	1 semana
Vaso 2	1 semana
Vaso 3	1 semana
Vaso 4	1 semana
Cámara de Reparto	5 días
Arquetas	5 día
Depósito in situ 18000 m ³	4 meses y medio
Caseta de válvulas	1 mes y medio
ALTERNATIVA 4B. RENOVACION COMPLETA. DEPÓSITO PREFABRICADO CONCENTRICO	
Demoliciones	
Vaso 1	1 semana
Vaso 2	1 semana
Vaso 3	1 semana
Vaso 4	1 semana
Cámara de Reparto	5 días
Arquetas	5 día
Depósito Prefabricado 18000m ³ (Solera)	1 mes

Actividad	Duración
Depósito Prefabricado 18000m ³ (Estructura)	2 meses
Caseta de válvulas Prefabricada, sótano in situ	5 semanas
Caseta de válvulas Prefabricada, (Estructura)	1 semana
ALTERNATIVA 4C. RENOVACION COMPLETA. VASOS PREFABRICADOS INDEPENDIENTES	
Demoliciones	
Vaso 1	1 semana
Vaso 2	1 semana
Vaso 3	1 semana
Vaso 4	1 semana
Cámara de Reparto	5 días
Arquetas	5 día
Vasos prefabricados 6.500+11.500m ³ (Solera)	1 mes
Vasos Prefabricado 6.500+11.500m ³ (Estructura)	2 meses
Caseta de válvulas Prefabricada, sótano in situ	5 semanas
Caseta de válvulas Prefabricada, (Estructura)	1 semana

La rehabilitación de los vasos existentes se realizará de forma paralela a la construcción de los nuevos.

Se ha considerado un único equipo de trabajo trabajando a la vez en la construcción de los depósitos.

El resto de la obra, se deberá hacer independientemente de la solución adoptada, por lo que no se incluye su tiempo de ejecución en este apartado.

6.2.3 Coste de las alternativas

A continuación, se muestra el coste de las opciones planteadas. Estos costes solamente contemplan las unidades que son diferentes entre las alternativas planteadas. Las actividades comunes no generan diferencia de coste entre alternativas, pero pueden suponer un coste muy importante dentro de la obra. Por lo tanto, el coste a continuación indicado **servirá únicamente para hacer la comparativa**. En ningún caso podrá tomarse como coste global de las obras.

ALTERNATIVA	SISTEMA DE EJECUCIÓN	PRESUPUESTO
Alternativa 3A	In-situ	1.437.104,11 €
Alternativa 3B	Prefabricado	1.453.283,85 €
Alternativa 4A	In-situ	1.588.493,03 €
Alternativa 4C	Prefabricado	1.718.268,03 €
Alternativa 4B	Prefabricado	2.071.868,03 €

Las opciones que plantean dos depósitos como los existentes son más económicas, puesto que generan menor demolición, movimiento de tierras y gasto en material.

6.2.4 Sencillez de maniobra y conservación

Para aumentar la sencillez de maniobra será necesario reducir el número de elementos implicados al mínimo, de tal forma que quede claro qué instrumentos controlan o manejan cada uno de los depósitos y sus entradas/salidas.

Para mejorar la conservación, será necesario disponer de los equipos auxiliares necesarios para el desmontaje, sustitución y control de lo instalado. También será conveniente renovar aquellos elementos que presenten un deterioro visible o que por su vida útil sea conveniente aprovechar esta parada para su sustitución, en vez de realizar una nueva parada en un plazo corto de tiempo.

A continuación, se muestra la sencillez de mantenimiento y conservación considerada para las opciones planteadas:

ALTERNATIVA	SISTEMA DE EJECUCIÓN	MOTIVO
Alternativa 4C	Prefabricado	Dos depósitos. Totalmente centralizado. Vista total de alzado. Independencia total
Alternativa 4B	Prefabricado	Un único depósito con dos vasos. Totalmente centralizado. Postensado
Alternativa 4A	In-situ	Un único depósito con dos vasos. Totalmente centralizado.
Alternativa 3B	Prefabricado	Nuevos equipos. Postensado. Independencia total
Alternativa 3A	In-situ	Nuevos equipos. Independencia total

7. CONCLUSIONES

Se expone el cuadro resumen donde se muestra el balance de resultados con puntuación de 1 a 5 para cada factor de decisión:

	SENCILLEZ CONSTRUCCIÓN	PLAZO EJECUCIÓN	COSTE EJECUCIÓN	SENCILLEZ MANIOBRA	TOTAL
Alternativa 3A	1	2	5	1	9
Alternativa 3B	2	4	4	2	12
Alternativa 4 A	3	1	3	3	10
Alternativa 4 B	4	3	1	4	12
Alternativa 4 C	5	3	2	5	15

A la vista de las consideraciones tomadas, entre las opciones planteadas destaca por factores de sencillez, garantías de instalación a futuro y sencillez en la maniobra la Alternativa 4.

De las variantes de la **Alternativa 4**, se opta por la **opción C** como solución a desarrollar debido a los siguientes puntos:

- Sencillez de construcción:
 - Esta alternativa no deja el suministro únicamente pendiente del depósito de 11.500 m³, siempre da la posibilidad de apoyarse en:
 - En las primeras fases de los vasos Sur: $3.500 + 3.500 = 7.000 \text{ m}^3$
 - En una fase de corta duración únicamente con el vaso de 3.500 m³ del Suroeste.
 - En la fase final, se apoya en el vaso de nueva construcción de 6.500 m³.
- Por lo anterior se reduce el riesgo de escasez de agua y facilita los cortes puntuales a realizar.
- El plazo de ejecución es similar a la opción 4B.
- Coste de alternativas: La alternativa 4C es 353.600 € más económica que la opción 4B la otra mejor puntuada, este ahorro viene condicionado por dos motivos:
 - El tipo de placa varía a partir de un volumen de 15.000 m³ para una altura de lámina de agua de 5,7 metros, incrementando el coste de estas en un 25%.
 - Al proyectar en la opción 4C independientes, no se “paga” dos veces por el vaso interior.
- Sencillez en el mantenimiento:
 - No quedan alzados ocultos que puedan esconder algún vicio o imperfección.
 - Mayor posibilidad de uso, al ser dos vasos con obra civil independiente, se pueden realizar labores de reparación o mantenimiento sin tener que dejar ambos vasos fuera de uso.

ANEXO I: RESUMEN PRESUPUESTO ESTIMADO DE ACTIVIDADES DIFERENCIADORAS PARA CADA ALTERNATIVA (SOLO VÁLIDO PARA COMPARATIVA)

CAPITULO	RESUMEN	EUROS
01.	ALTERNATIVA 3A. 2 VASOS IN-SITU	1,437,104.11
--01.01.	-OBRA CIVIL.....	959,994.08
--01.01.01	--Demoliciones.....	121,926.78
--01.01.01.01	---Vaso 1.....	50,718.11
--01.01.01.02	---Vaso 2.....	50,718.11
--01.01.01.03	---Cámara de Reparto.....	13,863.59
--01.01.01.04	---Arquetas.....	6,626.97
--01.01.02	--Nuevos vasos in situ 3500 m³.....	509,000.26
--01.01.02.01	---Vaso 1.....	254,500.13
--01.01.02.02	---Vaso 2.....	254,500.13
--01.01.03	--Rehabilitación vasos existentes.....	193,665.55
--01.01.04	--Caseta de válvulas.....	135,401.49
-01.02.	-EQUIPOS MECÁNICOS	477,110.03
02.	ALTERNATIVA 3B. 2 VASOS PREFABRICADOS	1,453,283.85
--02.01.	-OBRA CIVIL.....	976,173.82
--02.01.01	--Demoliciones.....	121,926.78
--02.01.01.01	---Vaso 1.....	50,718.11
--02.01.01.02	---Vaso 2.....	50,718.11
--02.01.01.03	---Cámara de Reparto.....	13,863.59
--02.01.01.04	---Arquetas.....	6,626.97
--02.01.02	--Nuevos vasos prefabricados.....	525,180.00
--02.01.03	--Rehabilitación vasos existentes.....	193,665.55
--02.01.04	--Caseta de válvulas.....	135,401.49
-02.02.	-EQUIPOS MECÁNICOS	477,110.03
03.	ALTERNATIVA 4A. 1 DEPÓSITO IN SITU	1,688,493.03
--03.01.	-OBRA CIVIL.....	1,422,820.29
--03.01.01	--Demoliciones.....	223,363.00
--03.01.01.01	---Vaso 1.....	50,718.11
--03.01.01.02	---Vaso 2.....	50,718.11
--03.01.01.03	---Vaso 3.....	50,718.11
--03.01.01.04	---Vaso 4.....	50,718.11
--03.01.01.05	---Cámara de Reparto.....	13,863.59
--03.01.01.06	---Arquetas.....	6,626.97
--03.01.02	--Depósito in situ 18 000 m³.....	1,120,225.00
--03.01.03	--Caseta de válvulas.....	79,232.29
-03.02.	-EQUIPOS MECÁNICOS	265,672.74
04.	ALTERNATIVA 4B. 1 DEPÓSITO PREFABRICADO	2,071,868.03
--04.01.	-OBRA CIVIL.....	1,806,195.29
--04.01.01	--Demoliciones.....	223,363.00
--04.01.01.01	---Vaso 1.....	50,718.11
--04.01.01.02	---Vaso 2.....	50,718.11
--04.01.01.03	---Vaso 3.....	50,718.11
--04.01.01.04	---Vaso 4.....	50,718.11
--04.01.01.05	---Cámara de Reparto.....	13,863.59
--04.01.01.06	---Arquetas.....	6,626.97
--04.01.02	--Depósito prefabricado 18 000 m³.....	1,503,600.00
--04.01.03	--Caseta de válvulas.....	79,232.29
-04.02.	-EQUIPOS MECÁNICOS	265,672.74
05.	ALTERNATIVA 4C. DEPÓSITO PREFABRICADO 2 VASOS INDEPENDIENTES.....	1,718,268.03
--05.01.	-OBRA CIVIL.....	1,452,595.29
--05.01.01	--Demoliciones.....	223,363.00
--05.01.01.01	---Vaso 1.....	50,718.11
--05.01.01.02	---Vaso 2.....	50,718.11
--05.01.01.03	---Vaso 3.....	50,718.11
--05.01.01.04	---Vaso 4.....	50,718.11
--05.01.01.05	---Cámara de Reparto.....	13,863.59
--05.01.01.06	---Arquetas.....	6,626.97
--05.01.02	--Vaso prefabricado 6.500 m³.....	495,000.00
--05.01.02	--Vaso prefabricado 11.500 m³.....	655,000.00
--05.01.03	--Caseta de válvulas.....	79,232.29
-05.02.	-EQUIPOS MECÁNICOS	265,672.74

