

BALSA GENERAL DE REGULACION DE LA COMUNIDAD DE USUARIOS DE AGUAS DE LA COMARCA DE NIJAR, EN EL PARAJE DEL JABONERO. T.M. DE NIJAR (ALMERÍA)

(PROYECTO TÉCNICO)

ANEJO Nº 05.- ESTUDIO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS. ANÁLISIS MULTICRITERIO

Lista de Revisiones anteriores

Fecha	Revisión modificada	Causa de la modificación
15/06/2022	00	Creación del documento
15/12/2022	01	Revisión de la OAP

Equipo Redactor

REDACTADO: Antonio Carrillo Oller	REVISADO Y APROBADO: Alejandro Carrillo Del Águila
--------------------------------------	---

CONTENIDO

1. **INTRODUCCIÓN. OBJETO. METODOLOGÍA**
2. **DESCRIPCIÓN BREVE DE LA SITUACIÓN ACTUAL**
 - 2.1 **Distribución de los consumos por zonas**
3. **DESCRIPCIÓN DE CADA ALTERNATIVA**
 - 3.1 **Alternativa 1**
 - 3.2 **Alternativa 2**
 - 3.3 **Alternativa 3**
4. **SELECCIÓN DE VARIABLES DE COMPARACIÓN Y PESOS**
 - 4.1 **Conceptos y subconceptos**
 - 4.2 **Pesos asignados**
5. **ASIGNACIÓN DE VALORES POR CADA ALTERNATIVA**
 - 5.1 **Conceptos funcionales**
 - 5.1.1 **Complejidad de la solución**
 - 5.1.2 **Garantía de suministro**
 - 5.2 **Indicadores Constructivos**
 - 5.2.1 **Expropiaciones**
 - 5.2.2 **Superficie ocupada**
 - 5.2.3 **Condicionantes geotécnicos**
 - 5.2.4 **Balance Desmote-Terraplén**
 - 5.2.5 **Altura de desmote**
 - 5.2.6 **Altura terraplén**
 - 5.3 **Conceptos de seguridad**
 - 5.3.1 **Riesgo de rotura**
 - 5.3.2 **Riesgo potencial afección a viviendas y vidas humanas**
 - 5.4 **Conceptos económicos**
 - 5.4.1 **Coste de construcción**
 - 5.4.2 **Costes de explotación, conservación y amortización.**
 - 5.5 **Conceptos medioambientales**
 - 5.6 **Conceptos socioeconómicos**
 - 5.6.1 **Empleos generados**
6. **MATRIZ MULTICRITERIO**
7. **CONCLUSIÓN**

1. INTRODUCCIÓN. OBJETO. METODOLOGÍA

En el presente anejo se va a realizar un estudio comparativo de las diferentes soluciones propuestas, para poder elegir la más adecuada en todos los aspectos valorados y poder desarrollarla en profundidad en el proyecto constructivo.

Este anejo se apoya en todos los anteriores, tomando de todos ellos los datos obtenidos para poder comparar las características de cada alternativa respecto a los conceptos técnicos, económicos y medioambientales desarrollados anteriormente.

Por tanto, el objetivo de este anejo es comparar las diversas alternativas, para seleccionar una, mediante un análisis multicriterio. Este análisis se realizará mediante medios cuantitativos basados en el método Electre II. Para esta comparación se seleccionarán, justificarán y ponderarán los mejores criterios, variables, conceptos y subconceptos de comparación que hagan posible distinguir claramente las cualidades de cada alternativa y seleccionar la más adecuada.

Para la comparación y selección de alternativas se va a utilizar la metodología basada en el método Electre II, que consiste en lo siguiente:

- Selección de conceptos generales a comparar, refiriéndose al término concepto a un área particular del conocimiento que sea de relevancia en la comparación de las alternativas.
- Selección de subconceptos a analizar. Los subconceptos son aspectos concretos mediante los que se diferencian las alternativas y deben escogerse aquellos que vayan a diferir de unas a otras.
- Asignación de pesos a cada subconcepto, según la importancia de cada uno.
- Asignación de valores de cada subconcepto de cada alternativa. Se asignan valores de 0 a 10 dependiendo del valor que toma cada variable, siguiendo una serie de fórmulas que serán enunciadas según la tipología de cada subconcepto.
- Realización de una matriz multicriterio, multiplicando cada valor por su peso y obteniendo la puntuación global de cada alternativa.
- Selección de la alternativa más adecuada, que será aquella que haya obtenido mayor puntuación en este análisis.

** Este proyecto, como ya se explicó en la memoria, además de la ejecución de la balsa o balsas, contempla la construcción de una tubería de mallado y cierre de ramales en la zona de Los Graninos y tres pequeñas plantas fotovoltaicas. Estas obras estarían en todas las alternativas de la misma forma, puesto que no admiten diferentes soluciones. Es por este motivo que no se ha incluido en el estudio de alternativas del proyecto, puesto que estas obras estarían contempladas de forma idéntica y no serviría para diferenciar una alternativa de otra. Es por esto que el estudio de alternativas se limita a las diferentes soluciones para las balsas que resuelven la falta de regulación de la CUCN:

2. DESCRIPCIÓN BREVE DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Desde el año 2005 la CUCN, distribuye en el Campo de Níjar, el agua procedente de la desaladora de Carboneras. Si bien en un principio el volumen suministrado era pequeño, el uso de las balsas de acumulación estaba limitado a unas pocas épocas del año, en la actualidad su uso está convirtiéndose en crítico.

Con los actuales volúmenes de consumo, al ser el volumen de agua “fabricada” por la desaladora constante, a lo largo de todo el año, es imprescindible acumular agua para aquellas épocas del año en que el consumo supera ampliamente la capacidad de la desaladora y es necesario recurrir al agua ya acumulada en las balsas, en épocas de menor consumo.

Las 7 balsas que gestiona la CUCN se están demostrando insuficientes, para los volúmenes de regulación necesarios, incluso con la ayuda de las 5 balsas de ACUAMED y se hace imprescindible aumentar la capacidad de regulación de la CUCN, con una nueva balsa.

Se plantea pues la necesidad de ampliar la capacidad de regulación del sistema de balsas existentes, para garantizar el suministro a las fincas en determinadas épocas del año, el volumen extra, de capacidad necesaria en las balsas, es de, aproximadamente, un millón de metros cúbicos (1.000.000 m³) como se puede ver en el anexo correspondiente.

La evolución de los consumos con tasas de crecimiento entre el 13,29% y el 9,83% hace predecir que en el año 2025 se alcanzará el volumen de 27 hm³, máximo que puede suministrar ACUAMED a la CUCN. Esta circunstancia hace necesario que se inicie de forma urgente los trámites para la ejecución de la balsa contemplada en este proyecto.

2.1 Distribución de los consumos por zonas

El sistema de distribución del agua desalada en el Campo de Níjar responde a un esquema ramificado con funcionamiento por gravedad. Tiene su origen en dos balsas de regulación en el paraje de Venta del Pobre que se alimentan a su vez mediante un bombeo desde la desaladora de Carboneras, situada próxima al puerto de esta ciudad.

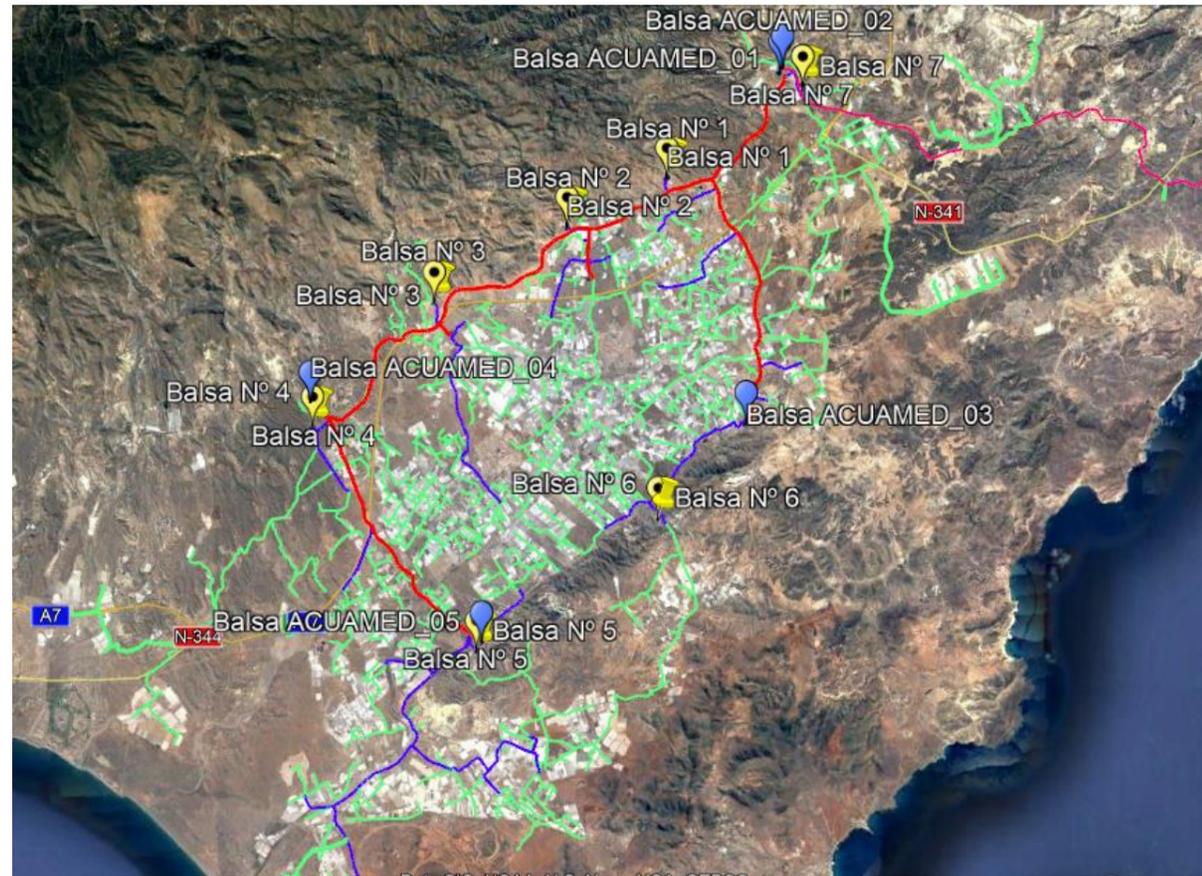
Desde estas balsas principales, de titularidad de la Sociedad Estatal ACUAMED, mediante una tubería, sensiblemente paralela a la Autovía E-15 y situada a unos 500m. al norte de la misma, el agua se transporta a cuatro balsas de titularidad de la CUCN, y desde las mismas, mediante cuatro ramales principales que penetran en las diferentes zonas del Campo de Níjar, esta agua ya se dispone en las diferentes cabeceras de sector, y desde estas cabeceras de sector, mediante tuberías ya secundarias se pone a disposición de los agricultores en los hidrantes de cada finca particular.

El esquema general figura en la imagen adjunta, con el siguiente código de tuberías:

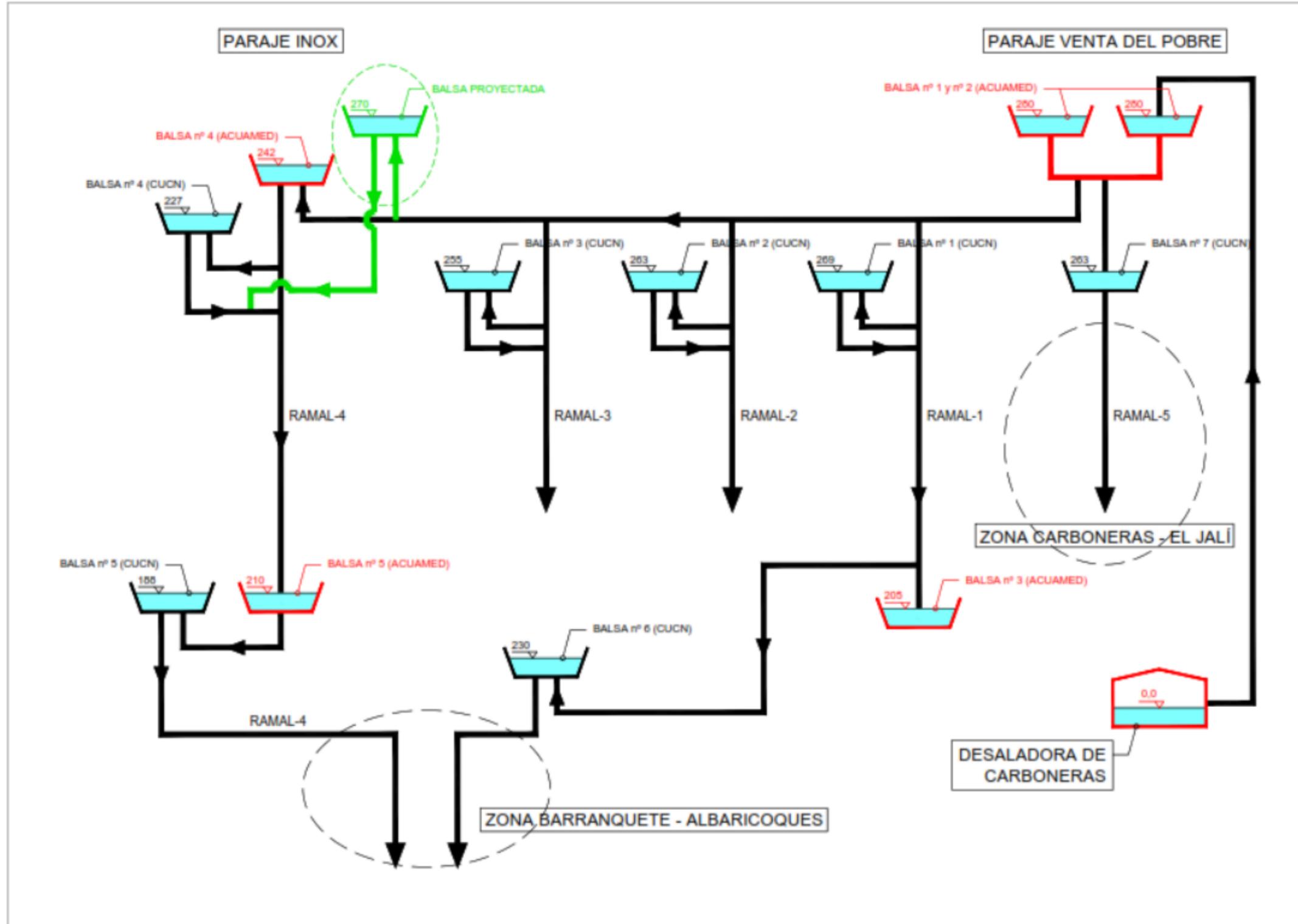
Tuberías de color rojo, corresponde a las tuberías de Transporte de ACUAMED.

Tuberías de color azul, corresponde a las tuberías de Primarias de CUCN, donde se sitúan las cabeceras de sector.

Tuberías de color verde, corresponde a las tuberías de secundarias CUCN.



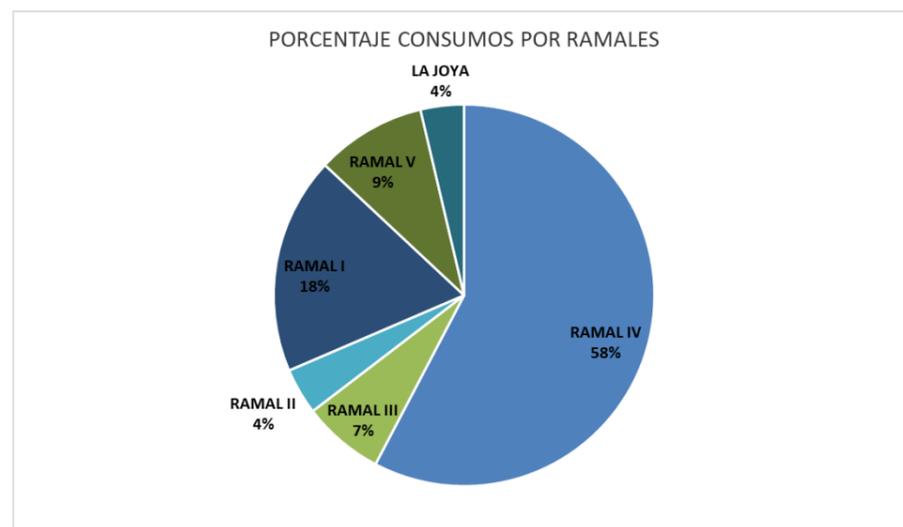
El esquema sinóptico de estas tuberías figura en la página siguiente:



Es importante resaltar que el consumo de agua desalada, dentro de la zona de distribución, no es homogéneo. Existen zonas donde el consumo está muy generalizado, generalmente asociado a zonas con alta salinidad de los acuíferos y zonas donde el uso del agua desalada, está teniendo una introducción más lenta, aunque también aumenta de forma continua.

Puesto que esta distribución, de consumos por zonas, puede ser importante a la hora de ubicar la nueva balsa propuesta en este proyecto, es necesario iniciar los estudios sistematizando toda la información de datos de consumo por zonas de que dispone la CUCN y que se resumirán en los epígrafes siguientes en forma de tablas y gráficos.

Con objeto de hacer más visual el importante desequilibrio de consumos, entre los diferentes ramales, se ha realizado el siguiente gráfico donde puede observar que el ramal que alimenta a la zona IV, prácticamente representa el 58% del total de los 18 hm³ consumidos en el 2019.



Distribución de consumos por ramales, Año 2019

Parece pues lógico tener en cuenta este hecho relevante, en el estudio de las soluciones propuestas para la nueva o nuevas balsas.

3. DESCRIPCIÓN DE CADA ALTERNATIVA

A continuación, se va a realizar una descripción de cada una de las alternativas propuestas, analizando las características de las mismas, con objeto de compararlas y elegir aquella que globalmente sea mejor que las demás. También se estudiará la llamada **alternativa 0**, de no realizar ninguna obra y continuar con la situación actual.

Se van a estudiar **tres posibles alternativas**, situando las balsas en diferentes zonas, del ámbito de influencia de la CUCN, explorando las ventajas e inconvenientes de realizar varias balsas distribuidas por el ámbito de la CUCN o realizar una sola balsa con todo el volumen necesario y estudiar dos posibles soluciones para esta única balsa.

Se ha tenido como premisas básicas para ubicar la nueva o nuevas balsas, los siguientes criterios:

- Situarlas a cota suficiente para seguir dominando por gravedad la mayor parte del territorio a regar, evitando si es posible los bombeos.
- Situarlas próximas a las balsas ya existentes, de forma que no sea necesario realizar nuevas líneas eléctricas o de telecomunicaciones, sino tratar que estas nuevas líneas, sean pequeños tramos a ejecutar desde los ya existentes y a ser posibles seguir para las mismas el propio trazado de las nuevas tuberías de conexión de la obra nueva con la existente, evitando también necesidades de nuevas licencias y permisos.
- Buscar ubicaciones que tengan próximo un cauce o rambla de entidad suficiente, por donde pueda transcurrir la onda de avenida en caso de rotura.

Con estos criterios se han estudiado las siguientes tres alternativas:

3.1 Alternativa 1

Parece lógico, plantear inicialmente, ejecutar el nuevo volumen de regulación (0,956 hm³) junto a las balsas de cabecera de ACUAMED en el paraje de Venta del Pobre, teniendo en cuenta que desde estas balsas se alimenta todo el sistema, tanto lo perteneciente a la CUCN, como las demás balsas de ACUAMED, desde las que a su vez se da servicio a la CUCN.

Si colocamos una sola balsa en este lugar, podremos dominar por gravedad todas las demás balsas y esta nueva balsa dará servicio a todo el ámbito de la CUCN.

Tendrá esta solución como ventajas en su haber el cumplimiento del primer requisito de cota suficiente, también cumplirá el segundo requisito de proximidad a balsas existentes, minimizando el coste de dotarla de servicios eléctricos, telecomunicaciones, etc.

Sin embargo, esta ubicación presenta tres problemas importantes:

1º) Es necesario realizar una nueva tubería que conecten esta nueva balsa, con las demás balsas de CUCN, pues esta nueva balsa solo tendría conexión directa con la balsa Nº7 de la CUCN que abastece a la zona de La Venta del Pobre. Es decir, se necesita una nueva tubería que conecte la nueva balsa con las balsas Nº 1, 2, 3 y sobre todo con la balsa Nº4 de la CUCN, que es la que da servicio a la zona de máximo consumo (58% del consumo), puesto que si no se realizase esta tubería de conexión la nueva balsa no daría todo el servicio necesario.

2º) No hay próximo un cauce con capacidad suficiente, para transitar la onda de avenida de una

posible rotura de la balsa.

3º) El terreno, en esta zona, es una roca bastante compacta, lo que representa un alto coste de movimiento de tierras, en una balsa de tanto volumen a excavar.

En la imagen siguiente puede verse reseñada en azul la situación de la nueva balsa, junto a las dos balsas de ACUAMED, que conforman la cabecera, desde la que se alimentaría todo el sistema. También puede verse el trazado de la tubería necesaria para interconectar con el resto de balsas, que podrá situarse paralela a la ya existente, en el propio camino de servicio de la tubería de ACUAMED.

Las características principales de esta solución son las siguientes:

BALSA DE REGULACION:

Capacidad: 0,956 hm³ (aproximadamente)

Cota del fondo de la balsa: 265 m

Cota de coronación: 280 m

Altura de la balsa: 15 m

Altura máx. de desmonte: 18 m

Altura máx. de terraplén: 35 m

Talud interior 2,00H/1,00V

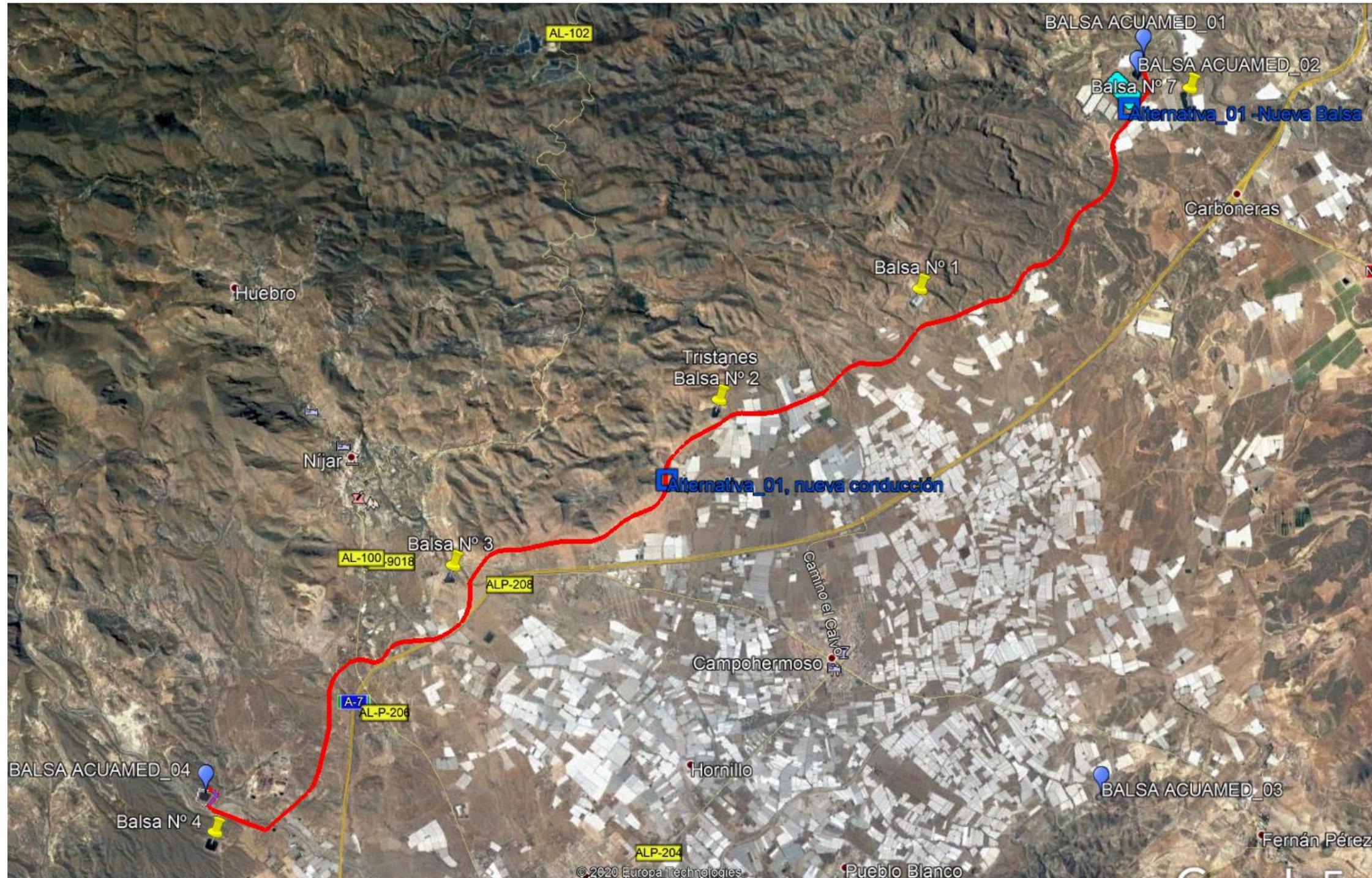
Talud exterior 1,50H/1,00V

Ancho camino de coronación: 8,00 m

Superficie de ocupación: 155.300 m²

CONDUCCION:

Fundición dúctil D=600 y longitud 19,7 km



ALTERNATIVA-1 . Ejecución de la nueva balsa junto a la Venta del Pobre y tubería de transporte.



ALTERNATIVA-1. La nueva balsa, junto a las ya existentes de ACUAMED, en la Venta del Pobre.



Perfil longitudinal de la nueva tubería

3.2 Alternativa 2

Se plantea en esta alternativa la ejecución de cuatro balsas, situadas junto a las ya existentes de la CUCN, situadas a lo largo de la arteria principal de ACUAMED, que discurre al norte de la autovía, y desde las cuales nacen los ramales principales que atraviesan el Campo de Níjar de Norte a Sur y donde nacen las tuberías primarias de la CUCN y las cabeceras de sector.

De esta forma se ejecutaría un volumen aproximado, para cada una de estas nuevas balsas de 0,25 hm³, que dominarían también por gravedad, cada una la zona de riego correspondiente.

Tendría esta solución también la ventaja de estar situadas junto a las existentes con lo que serían bajos los costes de las instalaciones y servicios, que se tomarían de los existentes en las balsas ya construidas, sin embargo al tratarse de cuatro balsas sería necesario realizar cuatro conexiones de estas nuevas balsas con las ya existentes, mientras que en la alternativa-1 y como luego se verá en la alternativa-3, al tratarse de balsas únicas solo sería necesario una conexión con las tuberías de entrada de las balsas.

Presentaría esta alternativa, como desventaja, la inexistencia de un cauce claro para el tránsito de la avenida, en el caso de la balsa N^o2, de las cuatro que es necesario construir y análoga problemática tendría la balsa N^o3 en su primer tramo del tránsito de avenida, en caso de rotura.

Presentaría esta solución también la desventaja de que algunos de los terrenos donde se ubican, son de roca compacta y ya fue necesaria realizar excavación con voladura en las balsas ejecutadas en la fase II, de las obras generales.

Además hay que mencionar que la balsa N^o3, de esta alternativa-2, afectaría a terrenos de protección arqueológica, en el llamado yacimiento de "Los Cerricos I", que aunque no imposibilitaría totalmente su construcción, pues ya se situó una balsa, en fases anteriores, que también los afectaban, la obtención de una nueva autorización será ciertamente difícil.

Las características principales de esta solución son las siguientes:

BALSAS DE REGULACION:

Balsa N^o 1

Capacidad 0,25 hm³

Cota del fondo de la balsa: 259 m

Cota de coronación: 269 m

Altura de la balsa 10 m

Altura máx. de desmonte: 15 m

Altura máx. de terraplén: 25 m

Talud interior 2,00H/1,00V

Talud exterior 1,50H/1,00V

Ancho camino de coronación: 5,00 m

Superficie de ocupación: 42.300 m²

Balsa N^o 2

Capacidad 0,25 hm³

Cota del fondo de la balsa: 253 m

Cota de coronación: 263 m

Altura de la balsa 10 m

Altura máx. de desmonte: 15 m

Altura máx. de terraplén: 25

Talud interior 2,00H/1,00V

Talud exterior 1,50H/1,00V

Ancho camino de coronación: 5,00 m

Superficie de ocupación: 39.500 m²

Balsa N^o 3

Capacidad 0,25 hm³

Cota del fondo de la balsa: 245 m

Cota de coronación: 255 m

Altura de la balsa: 10 m

Altura máx. de desmonte: 15 m

Altura máx. de terraplén: 25 m

Talud interior 2,00H/1,00V

Talud exterior 1,50H/1,00V

Ancho camino de coronación, 5 m

Superficie de ocupación 41.500 m²



Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU



BALSA GENERAL DE REGULACION DE LA COMUNIDAD DE USUARIOS DE AGUAS DE LA COMARCA DE NIJAR, EN EL
PARAJE DEL JABONERO. T.M. DE NIJAR (Almería)

Balsa Nº 4

Capacidad 0,25 hm³

Cota del fondo de la balsa: 252 m

Cota de coronación: 262 m

Altura de la balsa: 10 m

Altura máx. de desmonte: 15 m

Altura máx. de terraplén: 25 m

Talud interior 2,50H/1,00V

Talud exterior 1,50H/1,00V

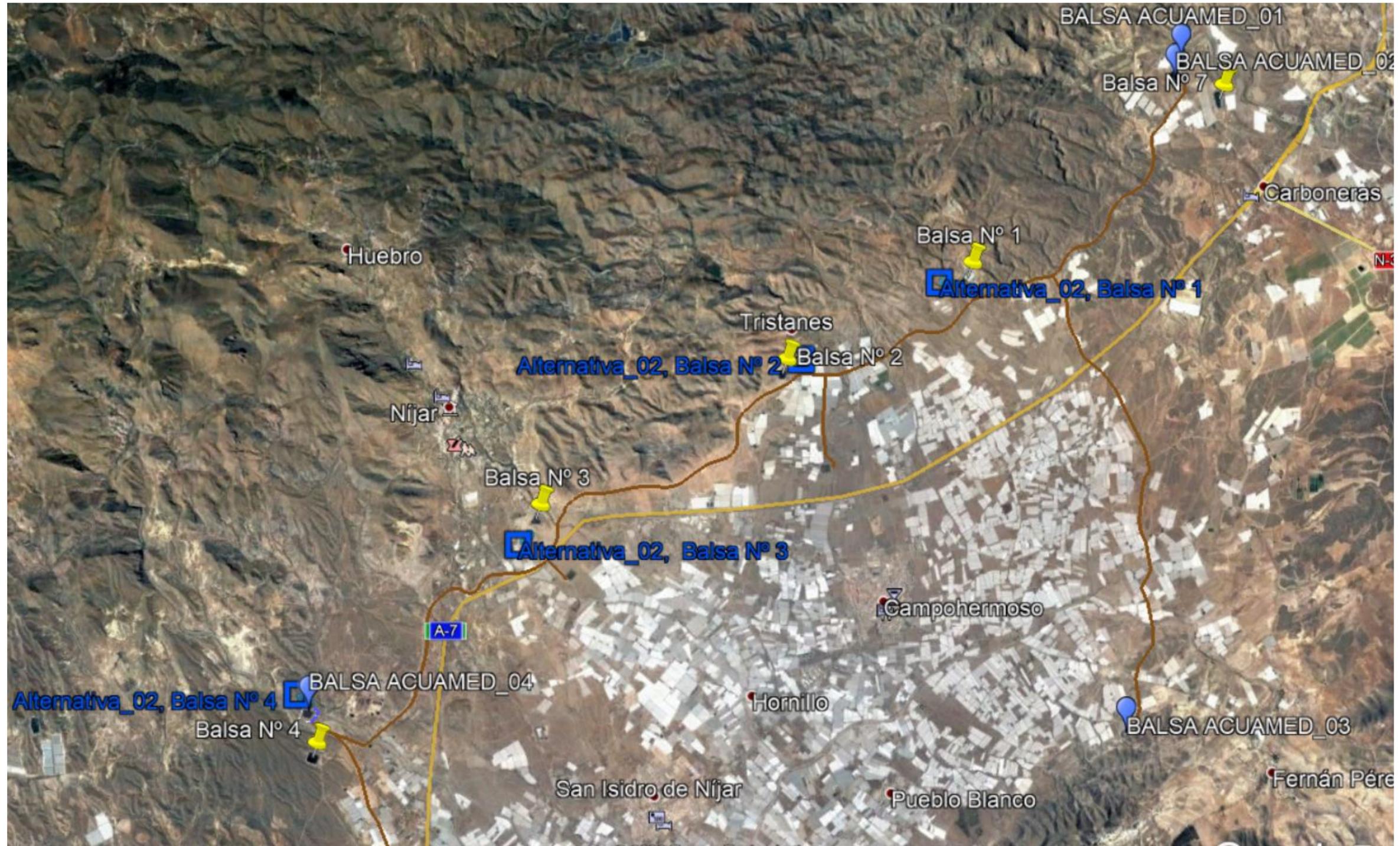
Ancho camino de coronación: 8,00 m

Superficie de ocupación: 38.100 m²

CONDUCCIONES:

4 conexiones de las nuevas balsas con las existentes

Fundición dúctil D=500 y longitud 1,25 km.-----



3.3 Alternativa 3

Se plantea en esta alternativa la ejecución de una sola balsa, con el volumen total de, aproximadamente, 0,939 hm³, en el paraje del Jabonero, próximo a la actual balsa de ACUAMED, y alimentarla desde la misma tubería de llena la balsa de la sociedad Estatal.

De esta forma se tendría la ventaja de, situar la nueva balsa próxima a las ya existentes minimizando los gastos de instalación de servicios eléctricos y telecontrol . y tramos cortos de tuberías, tanto para el llenado, como la conexión a las tuberías cercanas de la CUCN.

Tiene esta ubicación la ventaja de situarse en un terreno de compacidad media, fácil de excavar y con la suficiente capacidad portante para formación de terraplenes estables.

Se sitúa, esta balsa, próxima la confluencia de La Rambla de Las Palmerillas con la Rambla del Cambronel, con lo que el tránsito de la avenida de rotura discurre produciendo unos daños bastante limitados.

Tiene sin embargo esta balsa la desventaja de no poder situarse en una cota desde la que dominar todo el ámbito de la CUCN, pero si domina prácticamente , la totalidad la zona de influencia de los ramales principales 2, 3 y 4, que es donde se produce el mayor consumo de agua de la CUCN,(fundamentalmente el 4) de forma que dedicándose esta balsa a dar servicio a las mismas zonas de las balsas de regulación de estos ramales, estaremos garantizando el servicio a estas zonas y dejando a la balsa del ramales 1 y parte de la 2, en exclusiva para estas zonas, la situación general mejora, y realmente no es una desventaja que la nueva balsa no pueda dar servicio a algunas zonas, cuyo servicio quedaría garantizado por las balsas existentes en esta zona, que quedarían en exclusiva para estas zonas de menor consumo, dedicándose la nueva balsa a la zona de mayores consumos.

Por otra parte, el lugar elegido para la nueva balsa, al ser de titularidad pública, (Monte Publico) como ocurre con la situación de otras balsas de la CUCN, tendrá una ventaja ¡no menor! de no necesitar comprar y/o expropiar los terrenos donde se sitúa. En este caso la CUCN ha propuesto la permuta de estos terrenos, que ocupa la balsa , por otros terrenos, adyacentes al Monte Publico existente, que la CUCN ha adquirido con objeto de la permuta. De esta forma no se disminuye la superficie de Monte Publico existente.

En la actualidad ya está en tramitación la permuta de los terrenos, donde se ubica la balsa de esta alternativa Nº 3.

Las características principales de esta solución son las siguientes:

BALSA DE REGULACION:

Capacidad 0,939 hm³ (NMN)

Cota del fondo de la balsa: 256,75 m

Cota de coronación: 270,75 m

Altura de la balsa; 14,00 m

Altura máx. de desmonte: 28 m

Altura máx. de terraplén: 26,50 m

Talud interior 2,50H/1,00V

Talud exterior 2,00H/1,00V

Ancho camino de coronación: 6,00 m

Superficie de ocupación 156.076 m²

CONDUCCION:

Tubería de llenado

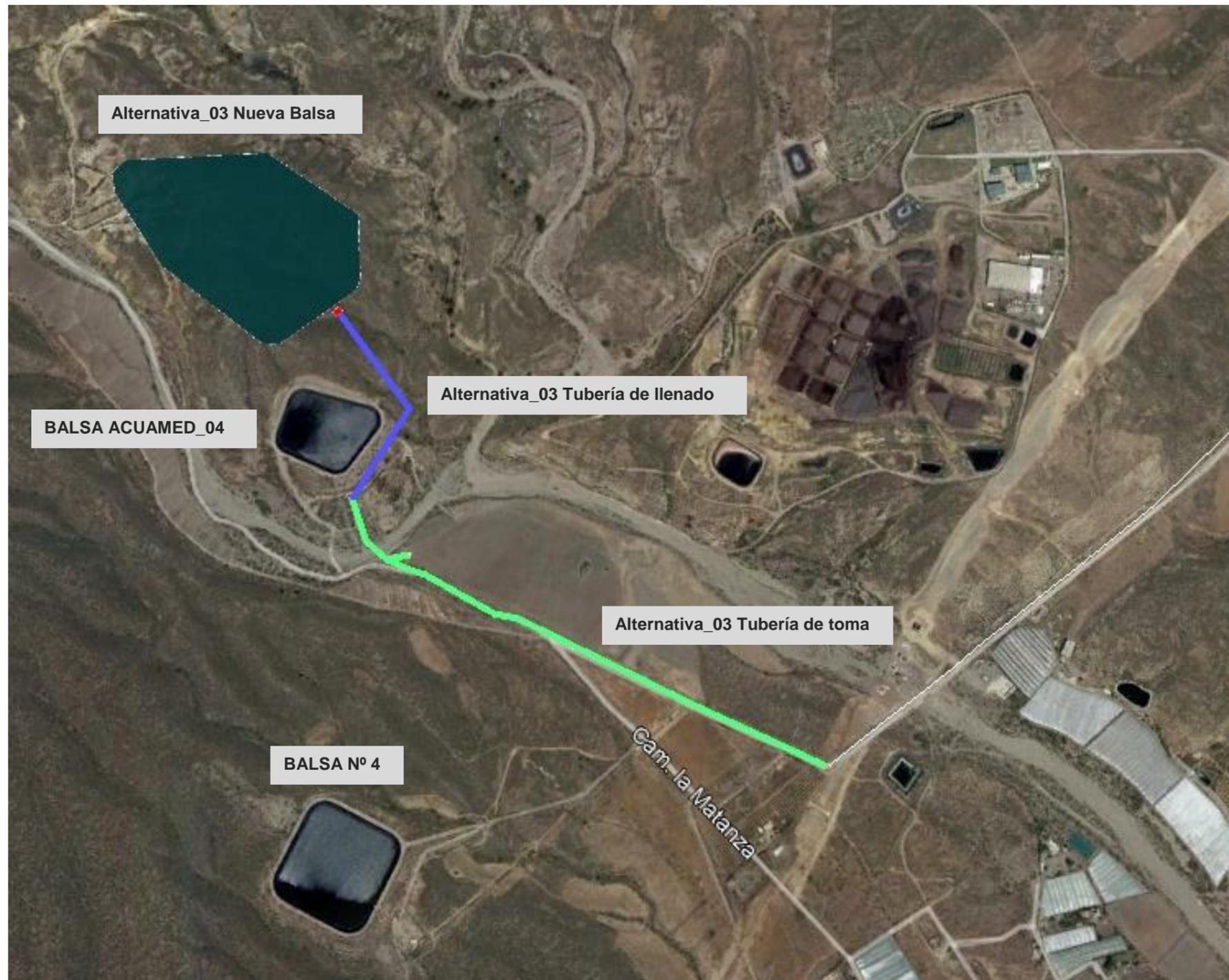
Fundición dúctil D=800 y longitud 325,55 m

Tubería de toma

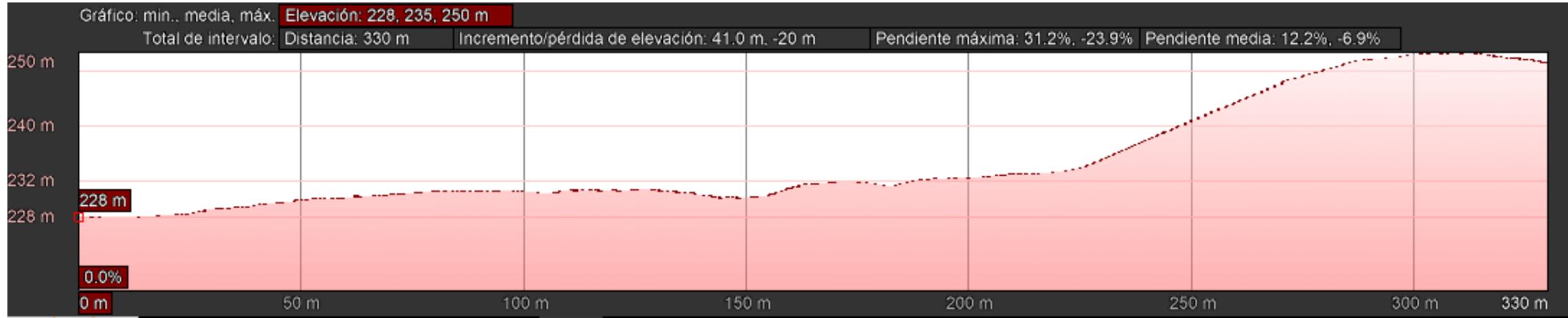
Fundición dúctil D=800 y longitud 325,55 m.

Conexión ACUAMED Fundición Dúctil D=600 y longitud 890 m.

ALTERNATIVA-3. Ejecución de la nueva balsa próximo a la existente de ACUAMED, en el paraje del Jabonero



ALTERNATIVA-3. Tubería de llenado



ALTERNATIVA-3. Tubería de toma



4. SELECCIÓN DE VARIABLES DE COMPARACIÓN Y PESOS

4.1 Conceptos y subconceptos

A continuación, se van a seleccionar los conceptos y subconceptos que se van a utilizar en la comparación global de las diferentes alternativas. Además, se les otorgará su peso atendiendo a la importancia que tiene cada uno de ellos en la decisión final. Son, por tanto, criterios relativamente subjetivos. Por ello, se acude a una clasificación de pesos por conceptos dada para que la evaluación sea lo más imparcial posible.

Los conceptos que se van a estudiar son los siguientes:

- Funcionales.
- Constructivos
- Seguridad.
- Económicos.
- Medioambientales.
- Socio-económicos.

A partir de los conceptos previamente definidos se eligen los subconceptos que serán tratados en el análisis multicriterio. Para definirlos, se deben escoger aquellos subconceptos que muestren fielmente las diferencias entre las alternativas y hagan que se puedan valorar claramente. Estos subconceptos dependen, por tanto, del tipo de proyecto, su emplazamiento y las características de las diferentes soluciones.

En el Estudio Comparativo de las soluciones se definen los siguientes subconceptos:

- Indicadores Funcionales:
 - Complejidad de la solución
 - Garantía de suministro
- Indicadores Constructivos
 - Expropiaciones
 - Superficie ocupada
 - Condicionantes geotécnicos
 - Balance Desmonte-Terraplén
 - Altura desmonte
 - Altura terraplén
- Seguridad:
 - Riesgo de rotura.
 - Riesgo potencial afección a viviendas y vidas humanas
- Económicos:
 - Coste de construcción
 - Costes de explotación, conservación y amortización.
- Medioambientales:
 - Puntuación obtenida en el Estudio de Impacto Ambiental
- Socio-económicos:
 - N° de empleos generados

Cada uno de estos subconceptos se medirá con las magnitudes relacionadas correspondientes.

4.2 Pesos asignados

La ponderación de los subconceptos se realiza de acuerdo con, los pesos de los subconceptos económicos y los funcionales decisivos para el diseño son los que tienen más ponderación. Le siguen los que sean funcionales y no fundamentales para el diseño, los sociológicos relacionados con el empleo y los medioambientales.

Se utiliza en este caso una escala de 1 a 3, siendo el 3 el valor de mayor importancia.

Según ella, los pesos de los subconceptos económicos y funcionales decisivos para el diseño son los que tienen más ponderación. Le siguen los subconceptos funcionales y no fundamentales para el diseño, los sociológicos relacionados con el empleo y los medioambientales.

Se utiliza en este caso una escala de 1 a 3, siendo el valor 3 el valor de mayor importancia. Según ello, los pesos de los subconceptos enunciados son los siguientes:

CONCEPTOS	SUBCONCEPTOS	PESO
FUNCIONALES	Complejidad de la solución	2
	Garantía de suministro	3
CONSTRUCTIVOS	Expropiaciones	1
	Superficie ocupada	1
	Condicionantes geotécnicos	1
	Balance Desmonte-Terraplén	1
	Altura de desmonte	1
	Altura terraplén	1
SEGURIDAD	Riesgo de rotura	1
	Riesgo afección viviendas-Vidas	2
ECONOMICOS	Costes de Construcción	1
	Costes Explot-Conserv-Amortiza	2
MEDIOAMBIENTALES	EIA	3
SOCIOECONOMICOS	Empleos generados	2
VALORACIÓN TOTAL		

5. ASIGNACIÓN DE VALORES POR CADA ALTERNATIVA

A partir del valor de cada subconcepto se establecerá una clasificación común de 0 a 10 para cada uno, con objeto de poder compararlas en la misma escala. Para transformarlo, se recurre a una ecuación sencilla que depende de si el subconcepto es objetivo o subjetivo y, si es subjetivo, de si es o no cuantificable.

Para determinar estos valores se siguen las fórmulas que buscan que las puntuaciones más altas se den a las mejores soluciones, con objeto de seleccionar finalmente la alternativa con la puntuación más alta. Son las siguientes:

- Si los subconceptos son de estimación subjetiva:
 - No cuantificables: se busca diferenciar los valores resultantes de manera muy apreciable:

- Si el superior es el más favorable:

$$P = 10 \frac{V_x - V_i}{V_s - V_i}$$

- Si el superior es el menos favorable:

$$P = 10 - 10 \frac{V_x - V_i}{V_s - V_i}$$

- Cuantificables: se busca diferenciar los valores de manera intermedia:

- Si el superior es el más favorable:

$$P = 10 \frac{V_x}{V_s}$$

- Si el superior es el menos favorable:

$$P = 10 \frac{V_i}{V_x}$$

- Si los subconceptos son de estimación objetiva: se busca diferenciar los valores resultantes de manera poco apreciable:
 - Si el superior es el más favorable:

$$P = 5 + 5 \frac{V_x - V_i}{V_s - V_i}$$

- Si el superior es el menos favorable:

$$P = 10 - 5 \frac{V_x - V_i}{V_s - V_i}$$

En todas las fórmulas:

- Vs: valor más alto.
- Vi: valor más bajo.
- Vx: valor que se está tratando.

A continuación, se van a dar los valores de todos los conceptos y se van a transformar a la escala común.

5.1 Conceptos funcionales

Los conceptos funcionales, tienen en cuenta factores que evalúan cuál de las alternativas cumple mejor los objetivos planteados, optimizando los recursos empleados en conseguirlos.

Se tratará, por una parte, como de **compleja es la solución**, tanto en la ejecución de la propia obra como en su fase de explotación, y de otra parte, que alternativa supone una mejor **garantía de suministro** del agua las parcelas de riego.

5.1.1 Complejidad de la solución

Dentro del planteamiento general, es evidente que todas las alternativas, excepto la alternativa 0, cumplen con el objetivo planteado de: conseguir un aumento del volumen de regulación en el entorno 0,956Hm³. Se tratará pues de determinar, que soluciones son más fáciles de ejecutar desde el punto de vista constructivo y que soluciones son mejores atendiendo a su facilidad de operación y mantenimiento.

Trataremos de determinar que subconceptos pueden utilizarse para diferenciar una solución de otra, en lo referente a la construcción de la obra y, a la facilidad de la explotación, determinado esta por el número de elementos a mantener: balsas, tuberías, válvulas, telecontrol y otros elementos funcionales, así como la cantidad de trabajadores necesarios para el buen funcionamiento de todo el sistema.

Aumento del número de balsas, se considera que el aumento del número de balsas en el sistema general, supone una mayor complejidad de funcionamiento, por cuanto que, será necesario atender a más elementos funcionales: apertura y cierre de válvulas, control de niveles, revisión del estado de las impermeabilizaciones, limpieza de lodos, reparaciones y operaciones de mantenimiento, etc. Es evidente que atender a las cuatro nuevas balsas de la solución 2, es más complejo que atender a la única balsa de las Alternativas 1 y 3.

Aumento de las longitudes de tuberías, el aumento de las longitudes de tubería es claro que aumenta la complejidad del mantenimiento de las instalaciones. Las nuevas tuberías suponen: más arquetas para para válvulas y ventosas, mas pozos de desagües y sus válvulas y tuberías de desagüe, etc y la propia tubería que también supone aumento de posibilidades de averías y roturas. Es decir, una Alternativa será más compleja cuanto más longitud suponga.

Aumento del número de trabajadores se considera que tanto en la Alternativa-1, como en la Alternativa-2 es necesario un operario nuevo, mientras que la Alternativa-2 no necesita de nuevos operarios en la CUCN y podrá explotarse la nueva balsa con los operarios actuales.

En resumen tendremos los siguientes valores que diferencian una alternativa de otra.

Alternativa 0 : No se realizan nuevas obras. ni cambia el número de operarios.

Alternativa 1: 1 nueva balsa + 19,7 Km de nueva tubería + 1 nuevo operario.

Alternativa 2 : 4 nueva balsa + 1,25 Km de nueva tubería + 1 nuevo operario.

Alternativa 3: 1 nueva balsa + 0,650+0,890 Km. de nueva tubería + 0 nuevo operario.

Se trata ahora de asignar unos valores subjetivos a cada uno de estos subconceptos. Son valores subjetivos, evidentemente, puesto que no podemos decir que el hecho de tener que operar sobre cuatro balsas sea cuatro veces más complejo que tener que operar una, o que operar sobre 19 km. de tubería sea 19 veces más complejo de operar sobre 1,0 km. Pero si podremos dar unos valores relativos que sirvan para diferenciar una alternativa de otra y podremos construir la siguiente tabla.

	Nº de balsas	Long. Tuberías	Número de empleados	TOTAL
ALTERNATIVA 0	0	0	0	0
ALTERNATIVA 1	1	2	1	3
ALTERNATIVA 2	2	1	1	4
ALTERNATIVA 3	1	1	0	2

En resumen, la complejidad de la solución, se trata en este caso de un subconcepto de estimación subjetiva y no cuantificable, donde el mayor valor es el más desfavorable y con ello la formula a utilizar es $P = 10 - 10 \frac{V_x - V_i}{V_s - V_i}$ con ello, las puntuaciones de cada alternativa son las siguientes:

Alternativa	Coplejidad de la solución	Alternativa	Valoración
Alternativa 0	0	Alternativa 0	10.00
Alternativa 1	3	Alternativa 1	2.50
Alternativa 2	4	Alternativa 2	0.00
Alternativa 3	2	Alternativa 3	5.00

5.1.2 Garantía de suministro

La garantía del suministro, del agua de riego, en una agricultura tan tecnificada como la almeriense, es un factor primordial para el éxito de una explotación agraria.

La falta de agua de unos pocos días, a veces de solo dos o tres días, en un periodo crítico puede suponer la ruina de una campaña agrícola.

No es frecuente, pero a veces ha sido necesario, aportar agua a las explotaciones con camiones-cubas, debido, por ejemplo, a una parada en la producción de la Desaladora de Carboneras cuando ha supuesto el agotamiento de las reservas de las balsas.

Para dar una idea de lo critico que puede llegar a ser la falta de agua, en algunas épocas del año, debemos destacar que recientemente debido a los daños ocasionados, en las tuberías de la CUCN, por las inundaciones del pasado otoño en el levante Almeriense, ha sido necesario que la CUCN contrate una flota de camiones-cubas para abastecer a las explotaciones, para evitar unas pérdidas millonarias.

También debe de tenerse en cuenta que esta falta de suministro puede provenir de fallos en las propias instalaciones de la CUCN, tanto en las tuberías como en las propias balsas, donde en los periodos de limpieza y reparación de las mismas, estarán fuera de servicio varios días, reduciendo el volumen de regulación disponible ante cualquier eventualidad.

Podemos estimar que, a igualdad de las demás condiciones, la garantía de suministro mejora cuando aumenta el número de balsas, desde las que se distribuye el agua. Ante una avería en una balsa, una rotura en una tubería, etc. podremos continuar el suministro desde las demás balsas, aunque sea de forma precaria. Sin embargo, si el número de balsas disminuye la avería de una balsa afectara a un número de fincas mayor.

Podemos pues estimar, aunque no de forma estrictamente proporcional, la mejora de garantía con el número de balsas existentes en el sistema.

Se trata en este caso de un subconcepto de estimación subjetiva y no cuantificable, donde el mayor valor es el más favorable y con ello la formula a utilizar es $P = 10 \frac{V_x - V_i}{V_s - V_i}$. Con ello, las puntuaciones de cada alternativa son las siguientes:

A la alternativa 0, se le asigna como situación de partida una garantía de suministro 1, y con respecto a esta situación actual, se considera que las demás alternativas suponen una mejora.

Consideraremos como solución de mejor garantía la alternativa 2, puesto que en la misma se consideran 4 nuevas balsas, mientras que en las otras alternativas se consideran una sola balsa y por tanto de menos garantía. Así mismo entre la alternativa s.1 y 3, consideremos de mejor garantía la 3, puesto que en la alternativa 1, además de la nueva balsa también es necesario la construcción de una tubería de transporte de 19,7 km que también es susceptible de averías.

Alternativa	Garantía de suministro	Alternativa	Valoración
Alternativa 0	1	Alternativa 0	0.00
Alternativa 1	3	Alternativa 1	5.00
Alternativa 2	5	Alternativa 2	10.00
Alternativa 3	4	Alternativa 3	7.50

5.2 Indicadores Constructivos

Con este indicador se trata de establecer la mayor o menor dificultad constructiva de las diferentes alternativas, atendiendo a los siguientes subconceptos; expropiaciones, superficie ocupada, condicionantes geotécnicos, balance Desmonte-Terraplén, Altura desmonte, altura terraplén.

5.2.1 Expropiaciones

Se establece la necesidad de realizar expropiaciones como un criterio de estimación objetiva y un valor superior de la superficie expropiada, corresponde a una alternativa menos favorable.

La fórmula a aplicar en este caso es $P = 10 - 5 \frac{V_x - V_i}{V_s - V_i}$, por ser el mayor valor el más desfavorable. Con ello, las puntualizaciones de cada alternativa son las siguientes:

Alternativa 1: Superficie a expropiar = 155 300 m²

Alternativa 2: Superficie a expropiar = 42 300+39 500+ 41 500+ 38 100 =161 400 m²

Alternativa 3: Superficie a expropiar =156.076 m²

No todos los terrenos a expropiar tienen el mismo valor, en esta zona el precio queda determinado fundamentalmente por sus posibilidades de explotación agrícolas.

-Para el caso de la alternativa 1, situado en zona próxima a invernaderos y sin ningún tipo de protección ambiental, su justiprecio de expropiación está en el entorno de 6 a 10 €/m², tomaremos un valor intermedio de 8 €/m² de acuerdo con las últimas expropiaciones realizadas en la zona.

-Para el caso de la alternativa 2, aproximadamente tres balsas están en terrenos forestales, sin valor agrícola con un justiprecio de expropiación aproximado de 0,90 €/m² de acuerdo a los justiprecios abonados en las últimas expropiaciones de la zona, y una cuarta balsa, esta próxima a invernaderos, con un justiprecio de expropiación de 8 €/m².

-En el caso de la alternativa 3, todo el terreno ocupado está en terrenos forestales con un justiprecio de 0,90 €/m².

Con estos valores los costes de expropiación son los siguientes:

Alternativa 1= 155 300 m²*8,0 €/m² = 1 242 400.-€

Alternativa 2= 123 300 m²*0,90 €/m² + 38 100 m²*8,0 €/m² = 415 770.-€

Alternativa 3= 156.076 m²*0,90 €/m² = 140.468,40.-€

Alternativa	Expropiaciones	Alternativa	Valoración
Alternativa 0	0	Alternativa 0	10,00
Alternativa 1	1242400	Alternativa 1	5,00
Alternativa 2	415770	Alternativa 2	8,33
Alternativa 3	140468,4	Alternativa 3	9,43

5.2.2 Superficie ocupada

Independientemente de la necesidad o no de expropiaciones, la ocupación de superficie tanto para la construcción de las balsas y las conducciones, se establece la superficie total ocupada por la obra como un criterio de estimación objetiva y un valor superior de la superficie ocupada, corresponde a una alternativa menos favorable.

La fórmula a aplicar en este caso es $P = 10 - 5 \frac{V_x - V_i}{V_s - V_i}$, por ser el mayor valor el más desfavorable. Con ello, las puntualizaciones de cada alternativa son las siguientes:

Alternativa	Superficie ocupada	Alternativa	Valoración
Alternativa 0	0	Alternativa 0	10,00
Alternativa 1	155300	Alternativa 1	5,19
Alternativa 2	161400	Alternativa 2	5,00
Alternativa 3	156076	Alternativa 3	5,16

5.2.3 Condicionantes geotécnicos

Este concepto aúna diferentes aspectos de las características geotécnicas, de los terrenos donde se ubican las obras: Estabilidad de los terrenos, excavabilidad, posibles deslizamientos, acarcavamientos, presencia de nivel freático, etc. Se trata en esta ocasión de un subconcepto de estimación subjetiva.

La fórmula a utilizar, en este tipo de subconcepto, por ser de estimación subjetiva y no cuantificable, siendo el mayor valor el menos favorable, es: $P = 10 - 10 \frac{V_x - V_i}{V_s - V_i}$, con ello, las puntuaciones de cada alternativa son:

Alternativa	Condic. geotécnicos	Alternativa	Valoración
Alternativa 0	0	Alternativa 0	10.00
Alternativa 1	4.000	Alternativa 1	5.56
Alternativa 2	9.000	Alternativa 2	0.00
Alternativa 3	5.000	Alternativa 3	4.44

5.2.4 Balance Desmonte-Terraplén

Se estudia la diferencia entre los valores de desmonte y relleno de las diferentes alternativas. Este es un subconcepto objetivo cuyo valor óptimo es el más bajo.

Revisando las mediciones de cada alternativa, que figuran en el apartado 5.4, "costes de construcción" obtenemos el siguiente resumen de los movimientos de tierras.

	Terraplen	Desmonte	dif
alt 1	488422	549896	61474
alt 2	488420	494904	6484
alt 3	604102	613773	9671

Utilizando la fórmula correspondiente, $P = 10 - 5 \frac{V_x - V_i}{V_s - V_i}$ se obtienen las siguientes valoraciones que por este concepto corresponden a cada alternativa.:

Alternativa	Balace Desm-Terra	Alternativa	Valoración
Alternativa 0	0	Alternativa 0	10.00
Alternativa 1	61474	Alternativa 1	5.00
Alternativa 2	6484	Alternativa 2	9.47
Alternativa 3	9671	Alternativa 3	9.21

5.2.5 Altura de desmorte

La presencia de elevados desmontes implicará mayores costes y mayor impacto ambiental. Por tanto, se considera que una altura mayor de desmontes es más perjudicial.

Se trata de un subconcepto de medida objetiva y cuyo valor óptimo es el más bajo, por lo que la fórmula a aplicar es: $P = 10 - 5 \frac{V_x - V_i}{V_s - V_i}$ Se obtienen las siguientes valoraciones:

Alternativa	Altura desmorte	Alternativa	Valoración
Alternativa 0	0	Alternativa 0	10.00
Alternativa 1	18	Alternativa 1	6.79
Alternativa 2	15	Alternativa 2	7.32
Alternativa 3	28	Alternativa 3	5.00

5.2.6 Altura terraplén

Análogamente a la altura de los desmontes, se tienen mayores costes y mayor impacto cuanto más alto son los terraplenes existentes.

Se trata de un subconcepto de medida objetiva y cuyo valor óptimo es el más bajo, por lo que la fórmula a aplicar es: $P = 10 - 5 \frac{V_x - V_i}{V_s - V_i}$ Se obtienen las siguientes valoraciones:

Alternativa	Altura terraplen	Alternativa	Valoración
Alternativa 0	0	Alternativa 0	10,00
Alternativa 1	35	Alternativa 1	5,00
Alternativa 2	25	Alternativa 2	6,43
Alternativa 3	26,5	Alternativa 3	6,21

5.3 Conceptos de seguridad

Se ha determinado que, los subconceptos que más diferencian la seguridad de las balsas, de unas alternativas respecto de otras son los siguientes:

5.3.1 Riesgo de rotura

Este subconcepto, analiza la posibilidad de la rotura de los diques de cierre de las balsas, por inestabilidad de los taludes, posibles desbordamientos y aparición de brechas de rotura, etc. Se establece que el producto de la altura de terraplenes por la longitud de los mismos, es un criterio de estimación objetiva y que el valor superior es el menos favorable, puesto que a mayor altura y extensión de terraplenes aumenta el riesgo de roturas.

La fórmula a aplicar en este caso es, $P = 10 - 5 \frac{V_s - V_x}{V_s - V_i}$, con lo que quedan los siguientes valores de , en función de los diferentes valores de altura de talud x longitud:

$$\text{Alternativa 1} = ht \times \text{Long} = 35 \times 300 = 10500$$

$$\text{Alternativa 2} = ht \times \text{Long} = 25 \times 900 = 22500$$

$$\text{Alternativa 3} = ht \times \text{Long} = 26.50 \times 350 = 9275$$

Alternativa	Riesgo de rotura	Alternativa	Valoración
Alternativa 0	0	Alternativa 0	10,00
Alternativa 1	10500	Alternativa 1	7,67
Alternativa 2	22500	Alternativa 2	5,00
Alternativa 3	9275	Alternativa 3	7,94

5.3.2 Riesgo potencial afección a viviendas y vidas humanas

En caso de rotura de las balsas puedan verse afectadas viviendas, explotaciones agrícolas o vidas humanas, Se trata en esta ocasión de un subconcepto objetivo que se estimará por el número de viviendas y explotaciones agrícolas afectados en caso de rotura. Se ha realizado una estimación aproximada de las viviendas y superficie afectada por cada una de las posibles roturas, obteniendo que la que más afecta es la alternativa 2 y estando la alternativa 1 y tres bastante igualadas, con un poco de más afección en la alternativa 1 y en ambos casos bastante por debajo de la alternativa 2. Habiendo asignado los valores que figuran en el siguiente cuadro.

La fórmula a utilizar en este tipo de subconcepto por ser una estimación objetiva es $P = 10 - 5 \frac{V_x - V_i}{V_s - V_i}$ con ello , las puntuaciones de cada alternativa son

Alternativa	Riesgo afección a viviendas-vidas humanas	Alternativa	Valoración
Alternativa 0	0	Alternativa 0	10.00
Alternativa 1	5	Alternativa 1	7.50
Alternativa 2	10	Alternativa 2	5.00
Alternativa 3	3	Alternativa 3	8.50

5.4 Conceptos económicos

5.4.1 Coste de construcción

Con objeto de estimar un coste aproximado las obras contempladas en cada alternativa, y que sirva para este estudio comparativo, se han consultado los precios que figuran en los proyectos de las fases anteriores y se han actualizado con precios publicados por la empresa pública TRAGSA, para obras de regadíos.

Se han utilizados para estimar los presupuestos de cada alternativa los precios de las unidades principales: Excavaciones, terraplenes, hormigones, longitud de tuberías, repercutiendo en los mismos la parte proporcional de otras unidades de menor peso relativo, como encofrados que se repercuten en el precio de hormigones o como rellenos y camas de arena de tuberías, que se repercuten en el precio de la tubería. De esta forma, realizando las mediciones de las unidades principales se puede obtener unos presupuestos próximos a la realidad y que nos permitirán poder diferenciar unas soluciones de otras.

En el caso de la alternativa-2 que la componen cuatro balsa de menor tamaño se ha obtenido el presupuesto de una de ellas con unas mediciones medias estimadas y posteriormente se ha multiplicado por cuatro, obteniéndose los siguientes presupuestos.

Se han utilizado precios de Ejecución Material, sin aplicar coeficientes de beneficios, gastos generales e IVA, puesto que solo se trata, en este apartado, de obtener unos presupuestos aproximados, que nos diferencien objetivamente unas alternativas de otras, sin pretender en este apartado obtener el presupuesto preciso de las obras, pero si la diferencia relativa entre unas alternativas y otras.



ALTERNATIVA-1, UNA BASA EN EL PARAJE DE LA VENTA DEL POBRE						
	Largo	Ancho	Alto	Total	Precio (€)	IMPORTE
Movimiento de tierras						
M3 de excav. en desmonte en roca				137474.02	8.21	1128662
M3 de excav. en desmonte en terreno de tránsito				412422.05	1.36	560894
M3 de formación de terraplen				488422.67	0.80	390738
Impermeabilización						
m2 Lamina PEAD 2,0 mm de espesor				98023.39	5.09	498939
m2 geomalla drenante, estructura de polipropileno y dos geotextiles				98023.39	5.21	510702
ml de anclaje de lamina en coronacion y pp. de lastres de anclajes	1253.00			1253.00	31.50	39470
Sistema de drenaje						
ml Dren-colector con tubería PVC D=140 mm	1356.00			1356.00	12.10	16408
Ml de vallado perimetral con malla metlica galvanizada y bordillo de hormigón, cerramiento de parcela	1628.90			1628.90	27.50	44795
Tuberías de entrada, toma y aliviadero de la balsa						
ml Tubería de acero helicosoldado D=620 mm, e=9mm.	415.00			415.00	105.32	43708
m3 Hormigon en protección de tubería	415.00	1.15	1.25	596.56	26.00	15511
Kg de acero en calderería, carretes y alcachofa				600.00	5.50	3300
ml de tubería de PVC, 6 atm. D=600mm (aliviadero)	241.00			241.00	47.21	11378
Arquetas y casetas de valvulas						
m3 Excavación y transportes de tierras	484.00	4.00	3.00	5808.00	4.97	28866
m3 Hormigon HA25 en alzado y solera de arquetas	484.00	4.00	0.25	484.00	78.23	37863
kg acero corrugado B500 s	87.00			42108.00	1.21	50951
Ud de telecontrol	10%					11768
Conducciones de conexión						
ml de tubería de FD D=600	19700.00			19700.00	169.20	3333240
Parte proporcional de seguridad y salud y Gestión de residuos						
	2.00%					134544
					TOTAL=	6 861 734 €

ALTERNATIVA-2, 4 BALSAS A LO LARGO DE LA CONDUCCION PRINCIPAL DE ACUAMED						
	Largo	Ancho	Alto	Total	Precio (€)	IMPORTE
Movimiento de tierras						
M3 de excav. en desmonte en roca				20621.10	8.21	169299
M3 de excav. en desmonte en terreno de tránsito				103105.51	1.36	140223
M3 de formación de terraplen				122105.67	0.80	97685
Impermeabilización						
m2 Lamina PEAD 2,0 mm de espesor				25795.63	5.09	131300
m2 geomalla drenante, estructura de polipropileno y dos geotextiles				25795.63	5.21	134395
ml de anclaje de lamina en coronacion y pp. de lastres de anclajes	313.25			313.25	31.50	9867
Sistema de drenaje						
ml Dren-colector con tubería PVC D=140 mm	325.00			325.00	12.10	3933
Ml de vallado perimetral con malla metlica galvanizada y bordillo de hormigón, cerramiento de parcela	407.23			407.23	27.50	11199
Tuberías de entrada, toma y aliviadero de la balsa						
ml Tubería de acero helicosoldado D=620 mm, e=9mm.	207.50			207.50	105.32	21854
m3 Hormigon en protección de tubería	207.50	1.15	1.25	298.28	26.00	7755
Kg de acero en calderería, carretes y alcachofa				600.00	5.50	3300
ml de tubería de PVC, 6 atm. D=600mm (aliviadero)	120.50			120.50	47.21	5689
Arquetas y casetas de valvulas						
m3 Excavación y transportes de tierras	2420.00	4.00	3.00	29040.00	4.97	144329
m3 Hormigon HA25 en alzado y solera de arquetas	2420.00	4.00	0.25	2420.00	78.23	189317
kg acero corrugado B500 s	87.00			210540.00	1.21	254753
Ud de telecontrol	10%					58840
Conducciones de conexión						
ml de tubería de FD D=600	312.50			312.50	169.20	52875
Parte proporcional de seguridad y salud y Gestión de residuos						
	2.00%					28732
					TOTAL=	1 465 345 €
					TOTAL 4 BALSAS=	5 861 379 €

ALTERNATIVA-3, UNA SOLA BALSA EN EL PARAJE DEL JABONERO						
	Largo	Ancho	Alto	Total	Precio (€)	IMPORTE
Movimiento de tierras						
M3 de excav. en desmonte en terreno de tránsito				636864.00	1.36	866135
M3 de formación de terraplen				636864.00	0.80	509491
Impermeabilización						
m2 Lamina PEAD 2,0 mm de espesor				103182.52	5.09	525199
m2 geomalla drenante, estructura de polipropileno y dos geotextiles				103183.00	5.21	537583
ml de anclaje de lamina en coronación y pp. de lastres de anclajes	1152.00			1152.00	31.50	36288
Sistema de drenaje						
ml Dren-colector con tubería PVC D=140 mm	1456.00			1456.00	12.10	17618
Ml de vallado perimetral con malla metálica galvanizada y bordillo de hormigón, cerramiento de	1555.20			1555.20	27.50	42768
Tuberías de entrada, toma y aliviadero de la balsa						
ml Tubería de acero helicoidado D=620 mm, e=9mm.	420.00			420.00	105.32	44234
m3 Hormigón en protección de tubería	420.00	1.15	1.25	603.75	26.00	15698
Kg de acero en calderería, carretes y alcafofa				600.00	5.50	3300
ml de tubería de PVC, 6 atm. D=600mm (aliviadero)	245.00			245.00	47.21	11566
Arquetas y casetas de válvulas						
m3 Excavación y transportes de tierras	968.00	4.00	4.00	15488.00	4.97	76975
m3 Hormigón HA25 en alzado y solera de arquetas	968.00	4.00	0.25	968.00	78.23	75727
kg acero corrugado B500 s	87.00			84216.00	1.21	101901
Ud de telecontrol	0.10					25460
Conducciones de conexión						
ml de tubería de FD D=600	890.00			890.00	169.20	150588
ml de tubería de FD D=800	424.00			424.00	285.84	121196
Parte proporcional de seguridad y salud y Gestión de residuos						
	2.00%					60811
TOTAL=						3 222 539 €

A la vista de lo anterior, podemos asignar la puntuación a cada alternativa en función del presupuesto. Se trata de un subconcepto de estimación objetiva y cuyo valor es desfavorable.

La fórmula a usar en este caso es $P = 10 - 5 \frac{V_x - V_i}{V_s - V_i}$ con lo que queda:

Alternativa	Costes de construcción	Alternativa	Valoración
Alternativa 0	0	Alternativa 0	10.00
Alternativa 1	6861734	Alternativa 1	5.00
Alternativa 2	5861379	Alternativa 2	5.73
Alternativa 3	3222539	Alternativa 3	7.65

5.4.2 Costes de explotación, conservación y amortización.

Los costes de explotación y conservación, generalmente se establece por su importe anual, de forma que una parte se considera como fija, independiente del caudal suministrado, ligados fundamentalmente al gasto de personal y otra parte variable, ligada al caudal suministrado.

Consideraremos que, como todas las soluciones suministraran el mismo caudal, aparte de los gastos de personal el resto de los costes se estimaran como un porcentaje del presupuesto de las obras:

Personal: la estructura del personal de la CUCN es la siguiente:

Personal directivo 1

Titulados medios 6

Administrativos y auxiliar de oficina 5

Personal operario (mandos, oficiales, personas) 6

De forma que el coste empresarial del personal de la CUCN es :

$$GP = 1 \times 40\,000 + 6 \times 30\,000 + 5 \times 25\,000 + 6 \times 22\,000 = 477\,000.-€$$

Se considera en la Alternativa-1, donde se ejecuta una nueva balsa y 19,7 Km de nueva tubería, será necesario que la CUCN aumente su número de personal operario para mantener estos nuevos elementos. Se estima un aumento de 1 nuevo operario.

Del mismo modo en la Alternativa-3, donde se ejecutan 4 balsas será necesario ampliar la plantilla. Se estima un aumento de 1 nuevo operario

En la Alternativa-3, se considera que no es necesario ampliarla la plantilla para atender la nueva Balsa construida.

Los gastos de personal para las diferentes alternativas quedaran como sigue:

$$\text{Alternativa 1) } = 447\,000 + 1 \times 22\,000 = 469\,000$$

$$\text{Alternativa 2) } = 447\,000 + 1 \times 22\,000 = 469\,000$$

$$\text{Alternativa 3) } = 447\,000$$

En cuanto a los gastos de conservación se suelen estimar en torno al 0,8% y 0,9% para las tuberías (véase el Manual de Aguas Potables de Aurelio Hernandez-1981) 1% y 2% para balsas, embalses y un 5% para los equipos, mecánicos, valvulería, etc.

En cuanto a la amortización, se toma un % del total de la inversión, en función del número de años considerado para la amortización de la obra, suelen tomarse los siguientes:

- Tuberías entre 30 y 60 años según el tipo, PVC, fundición etc.
- Embalses e instalaciones superficiales de captación entre 60 y 100 años
- Equipos electromecánicos 20 años
- Contadores 10 años.

Suele tomarse de forma conjunta en un 5% para los gastos de conservación y amortización para este tipo de obras hidráulicas, véase el manual de Aurelio Hernandez de 1981, ya citado.

Puede pues ya estimarse para cada alternativa los siguientes gastos de Explotación, conservación y amortización:

Alternativa 1) =469000+5% presupuesto 1 = 469 000+0.05*6 861 734 = 812 087

Alternativa 2) =469000+5% presupuesto 2 = 469 000+0.05*5 861 379 = 762 068

Alternativa 3) =447000+5% presupuesto 3 = 447 000+0.05*3 222 539 = 608 127

Como se trata en este caso de un subconcepto de estimación objetiva y la formula a aplicar será $P = 10 - 5 \frac{V_x - V_i}{V_s - V_i}$ por ser el valor más elevado el peor, con ello las puntuaciones de cada alternativa son las siguientes:

Alternativa	Costes de Explotacion-Conservacion-	Alternativa	Valoración
Alternativa 0	0	Alternativa 0	10.00
Alternativa 1	812087	Alternativa 1	5.00
Alternativa 2	762069	Alternativa 2	5.31
Alternativa 3	608127	Alternativa 3	6.26

5.5 Conceptos medioambientales

Se utiliza la puntuación obtenida en el Anejo de Estudio de Impacto Ambiental, como medida absoluta del valor medioambiental de la alternativa.

Se trata de un subconcepto de estimación subjetiva cuantificable, siendo el valor más elevado el peor, cuando el impacto es negativo. La fórmula a usar en esos casos es la siguiente:

$$P = 10 \frac{V_i}{V_x}$$

Sin embargo, cuando, como en este caso, el impacto es positivo, es la alternativa de mayor valor la más favorable, la formula a utilizar será la siguiente:

$$P = 10 \frac{V_x}{V_s}$$

Del anejo de impacto ambiental podemos extraer la siguiente tabla.

CUADRO COMPARATIVO DE IMPACTOS							
		ALTERNATIVA-1		ALTERNATIVA-2		ALTERNATIVA-3	
		SIN-MEDIDAS		SIN-MEDIDAS		SIN-MEDIDAS	
		ABSOLUTOS	RELATIVOS	ABSOLUTOS	RELATIVOS	ABSOLUTOS	RELATIVOS
FASE-CONSTRUCCION		-1030	-58,6	-1214	-68,72	-1032	-60,53
FASE-EXPLORACION		200	3,63	200	3,63	226	4,67
IMPORTANCIA-FINAL		49	-6,52	-29	-11,88	83	-5,46
		CON-MEDIDAS		CON-MEDIDAS		CON-MEDIDAS	
		ABSOLUTOS	RELATIVOS	ABSOLUTOS	RELATIVOS	ABSOLUTOS	RELATIVOS
FASE-CONSTRUCCION		-481	-30,61	-427	-24,38	-218	-14,47
FASE-EXPLORACION		226	4,67	226	4,67	226	4,67
IMPORTANCIA-FINAL		188	-1,41	188	-1,41	192	-0,77

Podemos observar en esta tabla que:

- Sin la aplicación de medidas correctoras la importancia de cada una de las alternativas, medidas en U.I.P (Unidades de Importancia Ponderadas) es la siguiente:

Alternativa 1= 49 U.I.P.

Alternativa 2=-29 U. I.P.

Alternativa 3= 83 U.I.P.

Vemos que antes de tomar medidas correctoras, la mejor alternativa es la tercera, siendo incluso la segunda negativa.

Tras la aplicación de las medidas correctoras propuestas, la puntuación final de cada alternativa es la siguiente.

Alternativa 1= 188U.I.P.

Alternativa 2= 188 U.I.P.

Alternativa 3= 192 U.I.P.

Vemos pues, que tras la aplicación de las medidas correctoras, las tres alternativas son de impacto positivo y realmente muy parecido.

Aplicando la formula citada obtenemos la siguiente puntuación para cada alternativa.

Alternativa	EIA	Alternativa	Valoración
Alternativa 0	0	Alternativa 0	0.00
Alternativa 1	188	Alternativa 1	9.79
Alternativa 2	188	Alternativa 2	9.79
Alternativa 3	192	Alternativa 3	10.00

5.6 Conceptos socioeconómicos

5.6.1 Empleos generados

La creación de empleo, asociada con la presente obra, podemos analizarla desde dos puntos de vista diferentes:

- a) Por una parte, *los empleos directos*, generados durante los 16 meses de ejecución de la obra, puede estimarse a partir del coste de la mano de obra que a su vez puede estimarse en un 37% del presupuesto de contrata.

Dividiendo este coste de la mano, entre la duración en años de la obra y entre el coste medio empresarial de un puesto de trabajo, obtenemos el número de puestos de trabajo generados:

Alternativa 1) = $0,37 \cdot 6\ 861\ 734 \text{.-€} / 25\ 845 \text{.-€} / \text{trab} = 98$ Puestos de trabajo.

Alternativa 2) = $0,37 \cdot 5\ 861\ 379 \text{.-€} / 25\ 845 \text{.-€} / \text{trab} = 84$ Puestos de trabajo.

Alternativa 3) = $0,37 \cdot 3\ 222\ 539 \text{.-€} / 25\ 845 \text{.-€} / \text{trab} = 46$ Puestos de trabajo.

- b) Por otra parte, *los empleos indirectos*, generados por la mejora general en la producción agraria, debidos a la mejora en la garantía del suministro, aumento del consumo del agua desalada con el consecuente aumento de producción, etc. estas mejoras implicarán un aumento de puestos de trabajo en toda la cadena de producción, manipulación, envasado, etc.

Estos puestos de trabajo indirectos, no los tendremos en cuenta en nuestro estudio, puesto que aparte de la dificultad de su evaluación serán muy semejantes en todas las alternativas y no será un indicador para su diferenciación.

Por ser una valoración objetiva cuyo mayor valor es el más favorable, se tiene:

$$P = 5 + 5 \frac{V_x - V_i}{V_s - V_i} \quad \text{Con ello se llega a:}$$

Alternativa	Empleos generados	Alternativa	Valoración
Alternativa 0	0	Alternativa 0	5.00
Alternativa 1	98	Alternativa 1	10.00
Alternativa 2	84	Alternativa 2	9.27
Alternativa 3	46	Alternativa 3	7.35

6. MATRIZ MULTICRITERIO

A partir de todos los valores obtenidos en el anterior apartado, se puede realizar la matriz multicriterio para obtener las valoraciones globales de cada alternativa

CONCEPTOS	SUBCONCEPTOS	PESO	Alternativa 0		ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
			relativo	absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto
FUNCIONALES	Complejidad de la solución	2	10,00	20	2,50	5,00	0,00	0,00	5,00	10,00
	Garantía de suministro	3	0,00	0	5,00	15,00	10,00	30,00	7,50	22,50
CONSTRUCTIVOS	Expropiaciones	1	10,00	10	5,00	5,00	8,33	8,33	9,43	9,43
	Superficie ocupada	1	10,00	10	5,19	5,19	5,00	5,00	5,16	5,16
	Condicionantes geotécnicos	1	10,00	10	5,56	5,56	0,00	0,00	4,44	4,44
	Balance Desmonte-Terraplen	1	10,00	10	5,00	5,00	9,47	9,47	9,21	9,21
	Altura de desmonte	1	10,00	10	6,79	6,79	7,32	7,32	5,00	5,00
	Altura terraplen	1	10,00	10	5,00	5,00	6,43	6,43	6,21	6,21
SEGURIDAD	Riesgo de rotura	1	10,00	10	7,67	7,67	5,00	5,00	7,94	7,94
	Riesgo afección viviendas-Vidas	2	10,00	20	7,50	15,00	5,00	10,00	8,50	17,00
ECONOMICOS	Costes de Construcción	1	10,00	10	5,00	5,00	5,73	5,73	7,65	7,65
	Costes Explot-Conserv-Amortizac	2	10,00	20	5,00	10,00	5,31	10,62	6,26	12,51
MEDIOAMBIENTALES	EIA	3	0,00	0	9,79	29,38	9,79	29,38	10,00	30,00
SOCIOECONOMICOS	Empleos generados	2	5,00	10	10,00	20,00	9,27	18,54	7,35	14,70
VALORACIÓN TOTAL				150,00		139,57		145,81		161,77

7. CONCLUSIÓN

Tras la comparación de las alternativas por el método multicriterio Electre II, la alternativa elegida es la 3, al obtener la mayor puntuación (161,77). Esto se debe, fundamentalmente, a que es la alternativa que presenta una mayor simplicidad tanto constructiva como de explotación y un menor riesgo de afección a personas y bienes en caso de rotura de la misma. En cuanto a los costes de construcción y explotación también presenta mejores valores que las demás. En cuanto al impacto ambiental es la mejor, pero con muy poca diferencia respecto a las otras dos.

La alternativa 1 es la que recibe peor puntuación 139,57, debido fundamentalmente a la necesidad de ejecutar una nueva conducción de 19,7 km. para llevar el agua a la balsa existente, en la zona IV, donde más se necesita.

Globalmente, esta alternativa 2, con una puntuación de 145,81, presenta también desventajas, respecto a la alternativa 1. Siendo, esta alternativa 2, la que mejor garantizaría el servicio, su alto coste de construcción y que una de las balsas sería necesario ejecutarla dentro de una zona con protección arqueológica, penaliza fuertemente su elección, en favor de las demás.

Como conclusión de todo lo anterior. se elige como alternativa optima globalmente a la alternativa3, para la que se desarrollará el presente proyecto.

** Finalmente tras el desarrollo completo del proyecto de la alternativa-3, algunas mediciones de la balsa, difieren ligeramente de lo planteado en el estudio de alternativas, pero son diferencias mínimas que no desvirtúan el estudio comparativo realizado ni las conclusiones del mismo.