ÍNDICE

ANEJO 6.- ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

1 INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y OBJETO DEL ANEJO 1
2 ALTERNATIVA 0 1
3 ESTUDIO PREVIO DE 2019 2
3.1 PLANTEAMIENTO GENERAL 2
3.2 ALTERNATIVAS DE MODERNIZACIÓN DE LA ZONA REGABLE 2
3.3 RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS 4
3.4 CONCLUSIÓN Y EVALUACIÓN ACTUAL DEL ESTUDIO DE 2019 4
4 ALTERNATIVAS DE MATERIALES 5
5 CONCLUSIÓN 6

ANEJO 6.- ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

1 INTRODUCCIÓN, ANTECEDENTES Y OBJETO DEL ANEJO

Conocidos los parámetros básicos que definen la presente actuación, como son las parcelas y superficies a modernizar, así como la distribución y morfología de la zona regable, se plantea la evaluación de posibles soluciones técnicas alternativas para llevar a cabo la modernización. Pudiendo elegir y desarrollar en el conjunto del proyecto la solución más viable técnica, económica y medioambientalmente.

De forma previa al inicio de la redacción del presente proyecto se redactó un estudio para la evaluación de la posible modernización de la zona regable. Se redactó por el Ingeniero Agrónomo D. Francisco Javier Citoler Herbera al servicio de la empresa Ingeniería y Asesoría agronómica S.L. el Estudio preliminar de soluciones para la modernización del regadío de la Comunidad de Regantes de Cenicero del Canal de la Margen Derecha del río Najerilla (La Rioja), en octubre de 2019.

El objeto del presente anejo es evaluar lo recogido en el citado estudio, y evaluar otras posibles alternativas entre ellas materiales. Y a su vez, se evaluará la situación actual o alternativa 0.

2 ALTERNATIVA 0

Actualmente la zona regable conformada, se encuentran en regadío, mediante un sistema de distribución a las parcelas de riego a través de acequias de diferentes tipologías, mayoritariamente se tratan de acequias de hormigón con sección rectangular, en algunos casos menos comunes las acequias son de tierra, o se presentan entubadas para el paso sobre las mismas.

Una vez llega el agua a las parcelas, se presentan a día de hoy diversas tipologías de distribución en parcela. La mayoría de los regantes toma directamente agua desde la acequia que bombea mediante equipos portátiles para la presurización de la red de distribución en parcela realizada con mangueras portagoteros. Una menor parte de los regantes realiza el riego por inundación, aunque en tramos de parcela pequeñas,… ya que el tipo de suelo (gravas) no favorece este sistema de riego. Algunas parcelas en la actualidad por ser viñedo aportan un riego deficitario de apoyo muy puntual.

Existe una zona "La Llana" la más elevada que a día de hoy dispone de un sistema de distribución a las parcelas mediante tuberías de presión. Estas tuberías se deben presurizar mediante un bombeo que toma el agua de las acequias próximas.

El mantenimiento de esta alternativa tiene la ventaja de evitar realizar una inversión material de modernización ni llevar a cabo obras. Pero presenta unas desventajas:

- Mantener una baja eficiencia del riego y perdida de agua: los sistemas de distribución por acequias y el riego superficial son los sistemas con menor eficiencia del uso del agua de riego, por las importantes pérdidas tanto en el transporte como en la aplicación por la percolación.
  En este caso, las acequias se encuentran en un estado poco adecuado, habiendo iniciado la CR labores de reparación de algunos tramos para la impermeabilización de los mismos mediante la instalación de láminas impermeabilizantes como revestimiento interior de las acequias (ver foto en el reportaje fotográfico).
  En lo que respecta a la distribución en el interior de la parcela, al ser un material mayoritariamente conformado por gravas, la percolación es alta, por lo que el riego en superficie tiene una eficiencia muy baja (incluso para un cultivo con raíces profundas como es el viñedo).
- Coste energético: los bombeos individuales a nivel de cada particular que existen actualmente, mediante equipos móviles, son sistemas de bombeo muy poco eficientes, por el pequeño tamaño de los mismos y porque un mismo equipo en muchos casos se utiliza en diversas parcelas con distintas necesidades de presión o caudal, lo que provoca que los equipos tengan una eficiencia baja.
- Costes de mantenimiento: mantener el sistema actual, implica unos crecientes costes de mantenimiento por el deterioro que van presentando las acequias de riego. Como se indicaba anteriormente las pérdidas en las acequias van creciendo por el deterioro de las mismas, esto implica la necesidad de reparaciones como la antes mencionada impermeabilización interior de las acequias.
- Perdida de oportunidad: es una tierra adecuada para el cultivo de viñedo con un gran valor añadido como permite la denominación de origen protegida. La modernización del regadío supone un impulso al mantenimiento de estos cultivos, el control y aseguramiento de las producciones frente a épocas de sequía, evitar problemas de enfermedades por sistemas de riego poco adecuados para el viñedo, la instalación de nuevas tecnologías, …
- La no modernización de la zona regable implica no revalorizar el terreno agrícola a diferencia de lo está llevándose a cabo en otras zonas de viñedo de la zona. De tal forma que este terreno pierde valor e interés agrícola por la mejora del manejo y la calidad de vida hacia los agricultores.

En base a todos los anteriores aspectos, especialmente por disponerse de menor eficiencia hídrica y energética, se descarta la alternativa 0, y se deben evaluar opciones de modernización que luchen contra estas problemáticas.

3 ESTUDIO PREVIO DE 2019

De forma previa al presente proyecto, la comunidad de regantes encargo el "Estudio previo para la modernización del regadío de la comunidad de regantes de Cenicero del Canal de la Margen Derecha del río Najerilla (La Rioja).

En dicho estudio se planteaban varias alternativas para la solución de la modernización de la zona regable. De forma resumida se van a pasar a indicar las alternativas evaluadas:

3.1 PLANTEAMIENTO GENERAL

El planteamiento general consiste en la modernización del regadío del ámbito de estudio, considerando para ello la implantación de sistemas de riego a presión (fundamentalmente riego localizado).

Como premisa de partida se ha fijado también el objetivo de que esta modernización del regadío se lleve a cabo minimizando la incidencia de los costes energéticos.

En este estudio se pretenden desarrollar varias alternativas que se diferenciarán entre sí por el número de balsas a plantear: una o dos. De cada una de las variantes, se plantearán diferentes ubicaciones teóricas (pie de canal y/o elevadas) y soluciones complementarias para satisfacer las zonas más limitantes del regadío.

Dichas alternativas se describen de forma resumida en los apartados a continuación, pudiendo verse un desarrollo más detallado con planos en el estudio previo.

En cuanto a la elección y descarte de las alternativas planteadas, no siempre se tuvieron en cuenta exclusivamente los aspectos económicos, sino también la disponibilidad real o cercana de terrenos para la ubicación de balsas y estaciones de bombeo, el menor impacto, la complejidad de la solución y su manejo, versatilidad, calidad y homogeneidad en el servicio posterior.

Se huyó de describir en exceso aquellas opciones o alternativas que una vez planteadas se consideran poco interesantes y, por tanto, rechazables, o que por funcionalidad se asemejan a otras.

Cabe destacar en este punto que se hizo un tratamiento diferenciado para el subperímetro situado aguas abajo de Cenicero, con una superficie considerada de 47 ha, aproximadamente, al tratarse de una zona claramente diferenciada y aislada del subperímetro principal. Este subperímetro se identificará en el estudio como Subzona Oriental. Este subperimetro que ya se trataba de forma independiente en el estudio previo, no forma parte de la actuación que se desarrolla en el presente proyecto técnico quedando dicha zona pendiente de otro proyecto específico, y de su correspondiente estudio de alternativas. Planteándose para esta zona como posible solución la conexión a las infraestructuras adyacentes de la Comunidad de Regantes de Los Campillos (Cenicero) y convenio específico con ésta.

3.2 ALTERNATIVAS DE MODERNIZACIÓN DE LA ZONA REGABLE

Las alternativas a plantear en el estudio de soluciones tendrán por objeto modernizar el 100 % de la zona regable "dominada" por el Canal de la Margen Derecha del río Najerilla, tal y como se plantea en el "Plan Director del Sistema de Riego de los Canales del Río Najerilla (La Rioja)" para esta zona.

La singularidad de la zona regable, tal como sucede en la actualidad, obligará a bombear agua para atender zonas de la superficie regable que desde el canal no quedan dominadas con suficiente cota para suministrarles el agua en condiciones suficientes de caudal y presión. En este sentido se plantearán alternativas que permitan reducir al máximo el coste de explotación.

La cota considerada del agua en el Canal del Margen Derecha del río Najerilla, en el punto de captación factible más elevado posible, será la 518 msnm. Así, teniendo en cuenta la distribución topográfica de la zona regable, se considera que aproximadamente el 57% de la superficie, equivalente a unas 564,2 ha, podría regarse por presión natural desde la Balsa Inferior (B1). Esta zona se identificará en el estudio como Piso Inferior (P1). El resto de la superficie (sin considerar la Subzona Oriental), en este caso 376,1 ha, aproximadamente, requerirán de un bombeo suplementario, bien mediante bombeo directo o bien a una segunda balsa (B2).

Atendiendo al número de balsas potenciales a plantear para la zona regable, en función de la orografía existente, se expondrán a continuación una serie de alternativas de las que se irán consolidando aquellas más razonables y económica y técnicamente factibles.

- Alternativas del Bloque 1: En ellas se plantea la ejecución de una única balsa.
  - Alternativa 1.A: Balsa a pie de canal y bombeo directo único a zonas elevadas
    - Captación y prefiltrado desde el Canal de la Margen Derecha del Najerilla
    - Balsa de Regulación a pie de Canal (B1), con una capacidad aproximada de unos 25.000 m^3, situada en inicio de zona regable. Dominaría por presión natural unas 564,2 ha, aproximadamente el 57% de la superficie.
    - Estación de Bombeo (EB1), para el bombeo directo a la superficie situada a mayor cota y no dominada por la Balsa Inferior (B1), en este caso unas 376,1 ha, equivalentes al 38%, aproximadamente, de la superficie.

      Para el dimensionamiento de este bombeo y de la red de riego correspondiente se ha considerado una disponibilidad de funcionamiento de 136 h semanales, correspondientes a los periodos tarifarios P3 y P2.

- Alternativa 1.B: Balsa a pie de canal, bombeo directo para la zona no dominada desde ésta y con rebombeo en serie para la zona más elevada
  - Captación y prefiltrado desde el Canal de la Margen Derecha del Najerilla
  - Balsa de Regulación a pie de Canal (B1), con una capacidad aproximada de unos 25.000 m^3, situada en inicio de zona regable. Dominaría por presión natural unas 564,2 ha, aproximadamente el 57% de la superficie.
  - Estación de Bombeo (EB1), para el bombeo directo a la superficie situada a mayor cota y no dominada por la Balsa Inferior (B1), en este caso unas 376,1 ha, equivalentes al 38%, aproximadamente, de la superficie, si bien en este caso se plantea un rebombeo en serie (EB2) para la zona más elevada, situada en el entorno de la plana de "La Llana", con una superficie de unas 46,5 ha.

    Para el dimensionamiento de ambos bombeos, así como de las redes de riego correspondientes, se ha considerado una disponibilidad de funcionamiento de 136 h semanales, correspondientes a los periodos tarifarios P3 y P2.
- Alternativa 1.C: Balsa a pie de canal, bombeo directo para la zona no dominada desde ésta y con rebombeo en serie para la zona más elevada, con instalación solar fotovoltaica para suministro de energía al rebombeo.
  - Se trata en este caso de una alternativa idéntica a la 1B expuesta anteriormente, con la única diferencia de que en este caso se plantea una pequeña planta fotovoltaica para el suministro de energía al rebombeo en serie.

    Se plantea en este caso una instalación de 24 kWp.

- Alternativas del Bloque 2: En ellas se plantea la ejecución de dos balsas.
  - Alternativa 2.A: Balsa a pie de canal y balsa elevada (Cota 580 msnm)
    - Captación y prefiltrado desde el Canal de la Margen Derecha del Najerilla.
    - Balsa de Regulación a pie de Canal (B1), con una capacidad aproximada de unos 25.000 m^3, situada en inicio de zona regable. Dominaría por presión natural unas 564,2 ha, aproximadamente el 57% de la superficie.
    - Estación de Bombeo (EB1), para elevar el agua hasta una segunda balsa, a la que llamaremos Balsa Elevada (B2), situada a una cota tal que permita el riego por presión natural de toda la superficie del piso situado a mayor cota.

      Para el dimensionamiento de este bombeo se ha considerado una disponibilidad de funcionamiento de 72 h semanales, correspondientes al periodo tarifario más económico de la tarifa disponible, en este caso el P3.
    - Balsa Elevada (B2) de unos 18.000 m^3, ubicada en el entorno de la cota mínima 580 msnm, que dominaría el resto de zona regable.

  - Alternativa 2.B: Balsa a pie de canal, balsa elevada (cota 580 msnm), con instalación solar fotovoltaica complementaria pare suministro de energía al bombeo de impulsión.
    - Se trata en este caso de una alternativa idéntica a la 2A expuesta anteriormente, con la única diferencia de que en este caso se plantea una planta fotovoltaica para el suministro de energía al rebombeo en serie.

      De este modo, al complementarse el suministro desde la red convencional con el suministro desde la instalación fotovoltaica, se dispone de 136 h semanales para el funcionamiento del bombeo frente a las 72 h consideradas en la alternativa 2A, lo que permite reducir notablemente el caudal de impulsión.

      Se plantea en este caso una instalación de 155 kWp.

  - Alternativa 2.C: Balsa a pie de canal, balsa elevada (a cota 565 msnm), con rebombeo en serie para la zona más elevada.
    - Captación y prefiltrado desde el Canal de la Margen Derecha del Najerilla
    - Balsa de Regulación a pie de Canal (B1), con una capacidad aproximada de unos 25.000 m^3, situada en inicio de zona regable. Dominaría por presión natural unas 564,2 ha, aproximadamente el 57% de la superficie.
    - Estación de Bombeo (EB1), para elevar el agua hasta una segunda balsa, a la que llamaremos Balsa Elevada (B2), situada en el entorno de la cota 565 msnm, desde la que se dominaría la mayor parte de la zona no dominada desde la Balsa B1.

      Para el dimensionamiento de este bombeo se ha considerado una disponibilidad de funcionamiento de 72 h semanales, correspondientes al periodo tarifario más económico de la tarifa disponible, en este caso el P3.
    - Balsa Elevada (B2) de unos 18.000 m^3, ubicada en el entorno de la cota mínima 565 msnm, desde la que se dominaría la mayor parte de la zona no dominada desde la Balsa B1, en este caso unas 327 ha.

      Es conveniente aclarar en este punto que de la cota en la que se ubique esta balsa elevada, junto con los requerimientos de presión que puedan establecerse para las zonas más elevadas y que puedan considerarse limitantes, dependerá la superficie que finalmente pueda ser dominada por presión natural desde la misma. Obviamente, cuanto mayor sea la cota a la que se plantee esta balsa mayor será la superficie dominada y, por tanto, menor será la superficie que requerirá rebombeo. Del mismo modo, si se asumen menores requerimientos de presión en las zonas limitantes, cuestión que parece asumible al tratarse en su mayor parte de viñedo, se minimizará la superficie que requerirá rebombeo.
    - Estación de Rebombeo en Serie (EB2), para el bombeo directo a la superficie situada a mayor cota y no dominada por la Balsa Elevada (B2), en este caso unas 46,5 ha situadas en la zona elevada de "La Llana".

Para el dimensionamiento de este rebombeo, así como de las redes de riego correspondientes, se ha considerado una disponibilidad de funcionamiento de 136 h semanales, correspondientes a los periodos tarifarios P3 y P2.

- Solución específica para la superficie de la zona regable al este del núcleo urbano de Cenicero, de unas 47 ha de riego, mediante la conexión a las infraestructuras adyacentes de la Comunidad de Regantes de Los Campillos (Cenicero) y convenio específico con ésta.

- Alternativa 2.D: Balsa a pie de canal, balsa elevada (a cota 565 msnm) y rebombeo en serie para la zona más elevada, con instalación solar fotovoltaica complementaria para el suministro de energía a los dos bombeos planteados.
  - Se trata en este caso de una alternativa idéntica a la 2C expuesta anteriormente, con la única diferencia de que en este caso se plantea una planta fotovoltaica para el suministro de energía a los dos bombeos planteados.

    Para el caso del bombeo principal (EB1), al complementarse el suministro desde la red convencional con el suministro desde la instalación fotovoltaica, se dispone de 136 h semanales para el funcionamiento del bombeo frente a las 72 h consideradas en la alternativa 2C, lo que permite reducir notablemente el caudal de impulsión.

    Se plantea en este caso una instalación de 125 kWp.

    Por otro lado, para el caso del suministro al Rebombeo en Serie (EB2) se plantea una pequeña planta fotovoltaica para el suministro de energía al rebombeo.

    Se plantea en este caso una instalación de 24 kWp.

3.3 RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación, se recoge una tabla resumen de los costes de inversión y los costes energéticos de cada una de las alternativas planteadas en el ámbito de la zona regable actual y la posible ampliación.

Descripción	Coste Inversión PEC (€)	Inversión a 25 Años, 3%. Anual (€)	Coste Energético Anual (€)	Coste Total Anual (€)	Inversión a 25 Años, 3%. Anual (€/ha)	Coste Energético Anual (€/ha)	Coste Total Anual (€/ha)
Alternativa 1. A	**3.581.528,29**	203.808,15	**32.636,20**	236.444,35	206,31	33,04	**239,35**
Alternativa 1.B	**3.668.355,26**	208.749,07	**26.071,16**	234.820,23	211,32	26,39	**237,71**
Alternativa 1. C	**3.563.938,50**	202.807,19	**24.080,69**	226.887,89	205,30	24,38	**229,68**
Alternativa 2. A	**4.039.245,15**	229.854,69	**21.156,83**	251.011,52	232,68	21,42	**254,10**
Alternativa 2. B	**4.033.289,54**	229.515,78	**10.121,65**	239.637,43	232,34	10,25	**242,58**
Alternativa 2. C	**4.015.344,91**	228.494,64	**18.818,39**	247.313,03	231,30	19,05	**250,35**
Alternativa 2. D	**3.899.875,57**	221.923,81	**7.656,30**	229.580,11	224,65	7,75	**232,40**

3.4 CONCLUSIÓN Y EVALUACIÓN ACTUAL DEL ESTUDIO DE 2019

Se analizaron dos soluciones en la fase de Estudio Preliminar de alternativas para la Modernización del regadío de la C.R. de Cenicero del Canal de la Margen Derecha del río Najerilla: las soluciones (1), plantean abastecer la red de riego por gravedad desde una balsa de regulación a pie de canal y un bombeo directo desde ésta hasta el resto de la zona regable, y las soluciones (2) que propone el bombeo por gravedad desde una balsa de regulación a pie de canal, una elevación a una balsa elevada desde que se domina la mayoría del resto de la zona regable y en algún caso un rebombeo directo para la zona más elevada de la zona regable.

Asimismo, se plantearon variantes dentro de los dos grupos de alternativas, cuyas principales diferencias son la forma de abastecer la zona elevada de la red de bombeo, sin condicionar al resto de la superficie, y el uso de energías renovables para la obtención de energía.

Del análisis de las alternativas estudiadas, se concluían varios resultados en función del coste la inversión o del coste energético en la explotación.

- A nivel de <u>inversión</u> la alternativa más ventajosa es la Alternativa 1.C, balsa de regulación a pie de canal y bombeo directo desde ésta hacia el resto de zona regable, planteado durante 136 h semanales. Para dotar de la presión necesaria a la zona alta, se plantea un rebombeo directo alimentado por energía solar. La inversión anualizada de la alternativa supone un coste de 202.807,19 €, lo que supone un coste por hectárea de 205,30 €.
- Si atendemos al <u>coste energético</u> se observa que la alternativa 2.D es más ventajosa que el resto de alternativas. Esta alternativa se basa en una balsa de regulación a pie de canal, un bombeo a balsa elevada a cota 565 msnm, alimentado por 72h de energía eléctrica y energía solar, y un rebombeo para la zona alta alimentado por energía solar. El coste energético anual sería de 7.656,30 €, lo que supondría un coste por hectárea de 7,75 €. Asimismo, se debe resaltar que un menor coste energético en la explotación hace menos vulnerable a la Comunidad de Regantes frente a la subida de los costes energéticos que puedan ocurrir en un futuro.
- Si se conjuga <u>inversión y coste energético</u> la alternativa 1.C es más ventajosa desde un punto de vista de costes anualizados: inversión y energéticos de explotación.

  El coste anual de dicha alternativa atendiendo a costes de inversión y a costes de explotación es 226.887,89 €, lo que supone un coste de 229,68 € por hectárea y año.

A la vista de las alternativas estudiadas en 2019, en el inicio de la redacción del presente proyecto técnico se realizó una evaluación de las mismas en conjunto entre la Comunidad de Regantes y Cingral como proyectista actual.

Además de valorar las alternativas en la situación de 2019, se tienen en consideración:

- Inversión total: la inversión de las actuaciones, ha crecido en todos los casos de forma proporcional, debido a que los materiales de construcción han presentado un incremento muy importante en los últimos años. Se podría seguir considerando con la alternativa más económica la considerada de forma previa, es decir la alternativa 1.C
- Coste energético: los costes energéticos han supuesto un incremento muy elevado respecto a la realidad existente en 2019, por lo que los costes energéticos deben minimizarse al máximo posible, tanto por el coste económico como por el coste medioambiental que supone el consumo de energía.
- Simplicidad del futuro manejo: en algunas de las alternativas se plantean dos bombeos y en algún casos dos bombeos directos a la red, ello frente a planteamientos de un único bombeo a balsa. Se busca desde la CR un planteamiento simple y que permita mayor autonomía para los regantes. El planteamiento de un único bombeo permite concentrar en un único punto toda la instalación con elementos electromecánicos, facilitando la supervisión y mantenimiento de la instalación. A su vez la elevación a balsa elevada permitirá optimizar el sistema fotovoltaico, con un mayor aprovechamiento de la energía, y permitirá mayor libertad de consumo del agua por parte de los regantes, sin necesidad de organización del riego, turnos o similares organizaciones que optimizan el uso de bombeos directos.

En base a lo anterior, se dictamina que la solución con un coste reducido, simplicidad y una inversión media de todas las anteriores sería la alternativa 2.B.

Acordando, por tanto, que la alternativa a desarrollar será similar a la alternativa 2.B con las siguientes premisas principales:

- Captación y prefiltrado desde el Canal de la Margen Derecha del Najerilla.
- Balsa de Regulación a pie de Canal (B1), situada en inicio de zona regable, desde la que se dominaría por presión natural entre el 55 y el 60% de la superficie.
- Estación de Bombeo (EB1), para elevar el agua hasta una segunda balsa, a la que llamaremos Balsa Elevada (B2), situada a una cota tal que permita el riego por presión natural de toda la superficie del piso situado a mayor cota.

  Para el suministro de energía al bombeo se plantea una solución mixta, combinando el suministro desde la Red existente con el suministro desde una planta fotovoltaica de nueva ejecución.
- Balsa Elevada (B2), desde la que se dominaría el resto de zona regable.

4 ALTERNATIVAS DE MATERIALES

Una vez conocida la alternativa o esquema general de la solución adoptada se plantea la evaluación de diferentes materiales de tuberías para ajustar la solución, económica y técnicamente.

Como materiales alternativos que pueden evaluarse podemos considerar los siguientes:

- PVC-M: es un material adecuado para la solución deseada en la que los diámetros de mayor envergadura pueden ser de 500-630 mm de diámetro. Siendo un material con un coste económico adecuado.
- PVC-O: es un material adecuado como el PVC-M, que con el actual mercado dispone de precios próximos o inferiores al PVC-M, y presenta la ventaja de una mayor sección interior, por lo que a igualdad de DN permite una mayor capacidad de transporte pudiendo optimizar las redes de riego.
- PEAD: es un material con mayor coste que los anteriores, especialmente al aumentar el tamaño de las tuberías, pero con una gran versatilidad en lo que respecta al montaje, curvado, y a la reducción de superficie necesaria en el montaje. Por lo que con este material se reducirían las afecciones a las parcelas de los particulares (factor considerable).
- PRFV: se considera un material adecuado para diámetros considerables, superiores a 400-500 mm de diámetro. Que requiere mayor anchura de ocupación en su ejecución. No considerándolo como adecuado para la zona y envergadura del proyecto a realizar.
- HPCC: se considera un material adecuado para diámetros considerables, superiores a 400-500 mm de diámetro. Que requiere mayor anchura de ocupación en su ejecución. No considerándolo como adecuado para la zona y envergadura del proyecto a realizar.
- Fundición o acero helicosoldado: se descartan estos materiales para toda la red, al no presentar presiones elevadas que hagan necesario este tipo de material, requerir protección frente a corrosión a diferencia de los otros materiales, y al elevado precio que también presentan.

A continuación, se muestra una tabla comparativa entre precios de diferentes materiales, utilizando precios de la base de datos de tragsa del año 2021.

	PRECIOS TRAGSA 21				
DN	PVC-M	PVC-O	PEAD	PRFV	Fundición
63	2,88		2,36		
75	3,29		2,85		
90	5,08		3,99		
110	6,68	6,65	6,78		
125	7,73		7,33		
140	9,12	8,68	9,46		28,09
160	9,69	8,58	11,95		
180	13,21		14,12		
200	16,88	15,14	19,94		37,84
250	25,57	22,9	28,01		56,17
315	37,89	32,43	40,97		62,29
355					73,91
400	54,7	44,21	63,58	63,03	85,78
450		63,08	83,73	72,11	101,88
500	84,26	74,1	103,06	77,61	130,88
630	144,7	108,44		96,83	152,08
700				128,71	224,33

Por todos los aspectos antes mencionados, se considera que los materiales más adecuados económica y técnicamente para la realización de este proyecto son el PVC-O y el PEAD. El primero por el coste económico y siendo una solución adecuada, y el segundo, aunque presenta precios más elevados, su versatilidad y la posibilidad de reducir las afecciones, implica una importante ventaja.

Para ajustar de forma más adecuada la solución más factible para la situación prevista se realiza el cálculo hidráulico de las dos redes de riego (piso bajo y alto) con las mismas exigencias de presiones en parcela, trazados y caudales de diseño en las tuberías, para evaluar que alternativa de materiales es la más adecuada.

Se plantean 3 opciones:

- PVC-O: todas las tuberías de las redes principales realizarlas mediante tuberías de PVC-O, de forma que pueda obtenerse una red más económica por la mayor capacidad de transporte que puede reducir el DN de algunos tramos, y por el menor coste a equivalencia de DN.
- PEAD: la ejecución de todas las tuberías principales mediante tuberías de PEAD, aunque supone un mayor coste a igualdad de DN, permitiría mayor versatilidad en trazados y menores ocupaciones
- PVC-O y PEAD: se plantea una alternativa que mezcla ambos materiales haciendo distinción en el diámetro DN200. Hasta este diámetro se instalarían tuberías de PEAD y las tuberías de mayor diámetro se instalarían con PVC-O.

A continuación, se muestra una tabla comparativa del coste (únicamente) de las tuberías instaladas en zanja para las 3 alternativas de materiales propuestas:

	PVC-O	**PEAD**	**PVC-O+ PEAD**
IMPORTE (€)	935.586,41 €	1.721.453,96 €	1.001.931,68 €

Como se puede observar, el coste de una red exclusivamente de PEAD, la cual dispondría de menores ocupaciones, y mucha versatilidad, es excesivamente cara en comparación con otras alternativas al suponer un gran coste especialmente en las tuberías de mayor diámetro, a su vez por el espesor de pared de las tuberías implica menores secciones útiles suponiendo en algunos casos incrementar el diámetro de las tuberías.

La solución de PVC-O es la solución más económica de las 3 alternativas expuestas de forma previa. La alternativa de mezclar PVC-O y PEAD supone un incremento del 7% respecto al solo uso de PVC-O, que en el conjunto del proyecto (movimientos de tierras, balsas, estación de bombeo,…) supondría un incremento reducido del coste del proyecto, y permitiría aumentar la versatilidad y reducir las ocupaciones en los menores diámetros.

Por lo anteriormente expuesto se considera la solución de mezclar ambos materiales como una solución adecuada para el presente proyecto.

5 CONCLUSIÓN

En base a todo lo expuesto con anterioridad se considera que la solución más adecuada técnica, económica y ambientalmente es la realización de una solución conformada por dos pisos de riego, dos balsas, una a pie de canal y una elevada, una estación de bombeo con alimentación desde la red eléctrica y mediante energía fotovoltaica, y dos redes de riego independientes entre sí realizadas con PVC-O y PEAD.

Siendo algunas de las ventajas observadas las siguientes:

- Es una solución que se ajusta presupuestariamente, no suponiendo una alternativa muy cara, aunque pueda no ser la de menor inversión inicial.
- Es una solución simple tanto para la gestión y mantenimiento por la comunidad de regantes como para el uso del agua por parte de los regantes, pudiendo ajustar el uso a las necesidades de cada cultivo o variedad.
- Es una solución con reducidos costes o consumos de energía, que gracias a un bombeo optimizado con un bombeo a balsa que permite aprovechar al máximo la energía fotovoltaica permitirá una factura energética reducida y una menor huella de carbono del regadío.
- La mezcla de materiales de las tuberías evita un sobrecoste excesivo reduciendo en la medida de lo posible las afecciones a los cultivos gracias a la inclusión de PEAD en parte de los diámetros.