

**ANEJO 4:  
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

## INDICE:

<b>1. INTRODUCCION .....</b>	<b>3</b>
<b>2. ANTECEDENTES .....</b>	<b>3</b>
<b>2. 1. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE RIEGO .....</b>	<b>5</b>
2.1.1. INFRAESTRUCTURAS ACTUALES DE RIEGO DE LA ZONA REGABLE DEL CANAL DE SAN JOSE.....	5
2.1.2. DEFICIENCIAS ACTUALES DEL CANAL DE SAN JOSE .....	6
<b>2. 2. OBJETO DEL PROYECTO .....</b>	<b>15</b>
<b>3. CRITERIOS DE DISEÑO PARA TODAS LAS ALTERNATIVAS.....</b>	<b>16</b>
<b>3. 1. ELEMENTOS CLIMÁTICOS DE LA ZONA .....</b>	<b>16</b>
<b>3. 2. ALTERNATIVA DE CULTIVO CONSIDERADA .....</b>	<b>16</b>
<b>3. 3. CALCULO DE LAS NECESIDADES DE RIEGO.....</b>	<b>16</b>
<b>3. 4. PARÁMETROS DE DIMENSIONAMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES .....</b>	<b>18</b>
3.4.1. CAUDAL FICTICIO CONTINUO .....	18
3.4.2. JORNADA EFECTIVA DEL RIEGO.....	18
3.4.3. RENDIMIENTO OPERATIVO DE LA RED.....	20
3.4.4. CAUDALES DE LINEA.....	20
3.4.5. HIDRANTES .....	21
3.4.6. MATRIZ DE CAUDALES .....	21
<b>3. 5. MATERIALES Y DIAMETROS A EMPLEAR EN TUBERIAS .....</b>	<b>22</b>
<b>3. 6. VELOCIDADES EN TUBERIAS .....</b>	<b>22</b>
<b>3. 7. PERDIDAS DE CARGA CONTINUAS.....</b>	<b>22</b>
<b>3. 8. PERDIDAS SINGULARES .....</b>	<b>23</b>
<b>3. 9. INCREMENTO DE LA PRESION ESTATICA PARA TIMBRAJE .....</b>	<b>23</b>
<b>3. 10. PARAMETROS FINANCIEROS .....</b>	<b>23</b>
<b>3. 11. ESTACION DE BOMBEO.....</b>	<b>23</b>
<b>3. 12. REGIMEN DIARIO DE BOMBEO EN EL CASO DE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE EL AZUD DE VILLARALBO.....</b>	<b>23</b>
<b>3. 13. COMPUTO DE GASTOS ENERGETICOS .....</b>	<b>27</b>
<b>4. ALTERNATIVAS PLANTEADAS .....</b>	<b>29</b>
<b>4. 1. ALTERNATIVA CERO: NO ACTUACIÓN .....</b>	<b>30</b>
<b>4. 2. ALTERNATIVA I (ALT1): RIEGO DEL SI Y SII DESDE UNA BALSA ELEVADA.....</b>	<b>30</b>
<b>4. 3. ALTERNATIVA II (ALT2): RIEGO DEL SI MEDIANTE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE BALSA DE REGULACIÓN UBICADA A PIE DEL CANAL DE SAN JOSÉ. MANTENIENDO EL CANAL DE SAN JOSÉ. 33</b>	<b>33</b>
<b>4. 4. ALTERNATIVA III (ALT3): RIEGO DEL SI MEDIANTE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE AZUD EXISTENTE EN EL RÍO DUERO EN EL TT.MM DE VILLARALBO. DISEÑO DE RED OPCIÓN I.....</b>	<b>35</b>
<b>4. 5. ALTERNATIVA IV (ALT4): RIEGO DEL SI MEDIANTE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE AZUD EXISTENTE EN EL RÍO DUERO EN EL TT.MM DE VILLARALBO. DISEÑO DE RED OPCIÓN II.....</b>	<b>37</b>
<b>5. ESTUDIO DE COSTES Y VIABILIDAD MEDIOAMBIENTAL DE LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS .....</b>	<b>39</b>
<b>5. 1. ALTERNATIVA CERO: NO ACTUACIÓN .....</b>	<b>39</b>
<b>5. 2. ALTERNATIVA I (ALT1): RIEGO DEL SI Y SII DESDE UNA BALSA ELEVADA.....</b>	<b>41</b>
<b>5. 3. ALTERNATIVA II (ALT2): RIEGO DEL SI MEDIANTE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE BALSA DE REGULACIÓN UBICADA A PIE DEL CANAL DE SAN JOSÉ. MANTENIENDO EL CANAL DE SAN JOSÉ. 43</b>	<b>43</b>
5.3.1. ANÁLISIS MULTICRITERIO MEDIOAMBIENTAL Y FUNCIONAL DE LA ALTERNATIVA II (ALT2)....	43
5.3.2. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA ALTERNATIVA II (ALT2).....	45
<b>5. 4. ALTERNATIVA III (ALT3): RIEGO DEL SI MEDIANTE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE AZUD EXISTENTE EN EL RÍO DUERO EN EL TT.MM DE VILLARALBO. DISEÑO DE RED OPCIÓN I.....</b>	<b>50</b>
5.4.1. ANÁLISIS MULTICRITERIO AMBIENTAL Y FUNCIONAL DE LA ALTERNATIVA III (ALT3).....	50
5.4.2. ANÁLISIS DE COSTES ALTERNATIVA III (ALT3).....	52
<b>5. 5. ALTERNATIVA IV (ALT4): RIEGO DEL SI MEDIANTE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE AZUD EXISTENTE EN EL RÍO DUERO EN EL TT.MM DE VILLARALBO. DISEÑO DE RED OPCIÓN II.....</b>	<b>56</b>
5.5.1. ANÁLISIS MULTICRITERIO AMBIENTAL Y FUNCIONAL DE LA ALTERNATIVA IV (ALT4).....	56
5.5.2. ANÁLISIS DE COSTES ALTERNATIVA IV (ALT4).....	56
<b>6. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS.....</b>	<b>58</b>
<b>7. CONCLUSIONES Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA .....</b>	<b>60</b>
<b>7. 1. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MEDIOAMBIENTALMENTE MENOS IMPACTANTE. ....</b>	<b>60</b>

<b>7. 2. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ECONÓMICA Y TÉCNICAMENTE MÁS VIABLE.....</b>	<b>60</b>
<b>7. 3. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MEDIOAMBIENTAL, ECONÓMICA Y TÉCNICAMENTE MÁS VENTAJOSA.....</b>	<b>60</b>
<b>8. PLANO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA .....</b>	<b>60</b>

## 1. INTRODUCCION

En este anejo se ofrece el análisis técnico y económico de las diferentes alternativas estudiadas para realizar la mejora y modernización del riego de la zona regable del Sector I del Canal de San José (Zamora), objeto de este proyecto.

En primer lugar, se recogen los datos referentes a la situación actual de la zona y todos aquellos condicionantes que puedan influir en la solución finalmente adoptada. A continuación, en este anejo se plantean posibles soluciones técnicas viables y finalmente se selecciona la alternativa más apropiada.

## 2. ANTECEDENTES

Los propietarios, regantes y demás usuarios con derecho al aprovechamiento de las aguas del Canal de San José se constituyeron en “Comunidad de regantes del Canal de San José” con sujeción a la Ley y sus ordenanzas y Reglamentos aprobados por O.M. de 19/12/57. Dichas ordenanzas fueron modificadas por las ordenanzas actualmente en vigor adecuadas a la Ley 29/85 de 2 de agosto, de Aguas y su Reglamento de Dominio Público Hidráulico, aprobado por Real Decreto 849/1986 de 11 de Abril.

La actuación de Consolidación y Mejora del Regadío de la Comunidad de Regantes del Canal de San José está declarada de Interés General en el art. 111 de la Ley 62/ 03 de 30 diciembre, de Medidas fiscales, administrativas y de orden social; que hace referencia a la Declaración de interés general de determinadas obras de infraestructuras hidráulicas con destino a riego, incluyendo esta actuación.

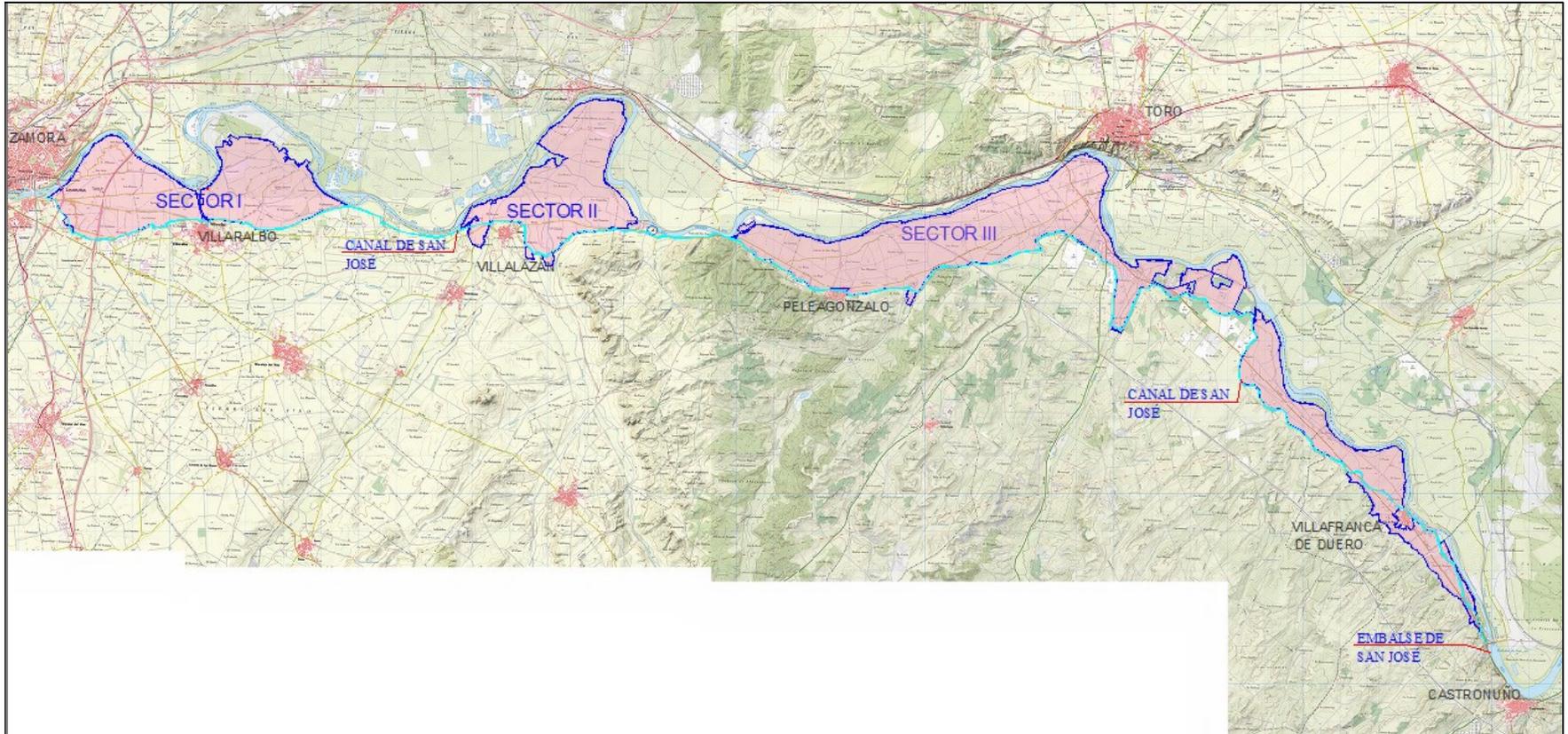
La Comunidad de Regantes del Canal de San José, acordó en Asamblea General de fecha 22 de julio de 2018 acometer la Mejora y Modernización del Regadío en sus instalaciones afectando a superficies pertenecientes a los términos municipales de Castronuño y Villafraanca (provincia de Valladolid) y Toro, Peleagonzalo, Villalazán, Villaralbo y Zamora (provincia de Zamora).

Según la Ley 1/2014, de 2014, de 19 de marzo, Ley Agraria de Castilla y León y el Decreto 1/2018 de 11 de enero por el que se aprueba el Reglamento de Concentración Parcelaria de la Comunidad de Castilla y León, se establece en su Artículo 3.- Criterios para iniciar un procedimiento de concentración parcelaria, que a efectos de lo dispuesto en el artículo 38.1 de la Ley 1/2014, de 19 de marzo: la iniciación del procedimiento de concentración parcelaria estará motivada por alguna de las causas enumeradas, entre ellas se establece en el apartado c) “La implantación de nuevos regadíos o la consolidación y modernización de los ya existentes, en los términos previstos en el artículo 37 de la Ley 1/2014, de 2014.

En cumplimiento de dicho artículo la Comunidad de Regantes del Canal de San José instó a los Ayuntamientos afectados a solicitar la reconcentración parcelaria de la zona ante la Dirección General de Producción Agropecuaria e Infraestructuras Agrarias. Por lo tanto, la mejora y modernización del regadío de la zona regable del Canal de San José está ligada al proceso de reconcentración parcelaria que se ha iniciado en la zona.

El perímetro de actuación total se corresponde con el actual perímetro de la zona regable del Canal de San José, definido en la declaración de “alto interés nacional” por Decreto 478/1970 de 29 de enero (BOE nº47 de 24 de febrero de 1970). Existe la posibilidad de que durante el proceso de concentración se realice una regularización de la superficie modificando el perímetro definitivo de la zona incluida en la actuación, siempre que así lo determine Confederación Hidrográfica del Duero, que es la autoridad competente para ello.

Por la topografía y la distribución geográfica de la zona regable del Canal de San José se establecen tres sectores de riego separados geográficamente cuyas necesidades hidráulicas pueden ser abastecidas desde diferentes puntos de bombeo.



Mapa 1.- Perímetro de la zona regable del Canal de San José. Sectorización.

## 2. 1. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INFRAESTRUCTURAS DE RIEGO

### 2.1.1. INFRAESTRUCTURAS ACTUALES DE RIEGO DE LA ZONA REGABLE DEL CANAL DE SAN JOSE

Actualmente la Comunidad de Regantes del Canal de San José tiene un sistema de riego por gravedad por turnos. El agua utilizada para el riego proviene de una única toma en el Embalse de San José (Masa 200674 del Duero).

Los principales canales que suministran agua a toda la zona son:

- **Canal de San José:** Se puso en funcionamiento en el año 1946, aunque posteriormente se han realizado varias reformas, siendo la más importante la realizada en 1963. El canal tiene una longitud total de 50,9km, está revestido de hormigón y tiene sección variable, con capacidad en origen 5,5 m<sup>3</sup>/s y de 1m<sup>3</sup>/s en el tramo final.:
  - Sección trapezoidal: 39,602 km
  - Sección Rectangular: 5,297 km
  - Sección circular: 2,572 km
  - 7 Túneles: 3,429 km
- **La traza del canal se aproxima al río delimitando tres veces en la margen izquierda del Duero:** Villafranca-Toro-Peleagonzalo (Sector III), Villalazán (Sector II) y Villaralbo-Zamora (Sector I, cola de canal) unidas mediante túneles, sifones y acueductos. Las principales infraestructuras son:
  - Túnel salida del embalse: 276m
  - Sifón Peleagonzalo:457 m
  - Túnel en la Granja Florencia: 723m
  - Acueductos en la Granja Florencia (varios)
  - Sifón salida de Villalazán: 615m
  - Varios túneles entre Villalazán y Villaralbo (Yacimiento arqueológico del Alba): 2.409m
- **Acequia de riego para la vega superior del Canal de San José, en los Términos de Castronuño y Villafranca de Duero (Valladolid):** Dicha acequia se construyó en 1952. Tiene una longitud de 6,5km y está construida en hormigón con una capacidad en origen de 0,4 m<sup>3</sup>/s.

Además del Canal de San José y la Acequia elevada de Castronuño, actualmente encontramos las siguientes infraestructuras principales del riego:

- Red principal de acequias: formada por 42,7km de acequia en hormigón de secciones variables (13,4km con capacidad mayor de 0,5 m<sup>3</sup>/s, 29,3 km con capacidad entre 0,5 y 0,2 m<sup>3</sup>/s).
- Red principal de tuberías enterradas: en algunos municipios como Peleagonzalo la red principal de acequias se encuentra sustituida por tuberías enterradas. Con una longitud aproximada de 10,1km (3,3 km con capacidad entre 0,5 y 0,2 m<sup>3</sup>/s y 6,8km con capacidad menor de 0,2km).
- Red secundaria de acequias: Está constituida por la red de acequias que llevan el agua hasta las parcelas. Se encuentran ejecutadas en hormigón y en tierra, dependiendo de las zonas. Con una longitud aproximada hormigonada de 46,3km con capacidad menor de 0,2 m<sup>3</sup>/s.
- Estación elevadora para la acequia superior de Villafranca (con una potencia instalada de 121 CV y un caudal de bombeo de 400l/s).

- Otros elementos ejecutados en hormigón: 4 almenaras, 1 salto, 1 bifurcación, sifones, arquetas, pilares, ....

Debido al paso del tiempo las infraestructuras de riego actuales de la Comunidad de regantes presentan un deterioro considerable. Esta situación supone un mayor consumo del recurso hídrico e implica problemas ambientales y económicos, que hacen difícil mantener una actividad agraria sostenible y viable en la zona.

Mediante la actuación proyectada se pretende mejorar la eficiencia en el suministro de los caudales de agua a los agricultores; sustituyendo la infraestructura general de distribución de agua mediante acequias para riego por gravedad, por un riego a la demanda con una estación de bombeo por sector y una red ramificada de tuberías enterradas y accesorios, garantizando la entrega en parcela del caudal necesario, con una presión adecuada para el riego por aspersión, ya que este sistema es el que más se ajusta a las características de la zona regable a modernizar.

### 2.1.2. DEFICIENCIAS ACTUALES DEL CANAL DE SAN JOSE

Un factor determinante en la elección de la alternativa a ejecutar es el estado del Canal de San José y las limitaciones que supondría para la modernización la dependencia de esta infraestructura, por ello debemos realizar un análisis pormenorizado del estado del mismo.

El Canal de San José se puso en funcionamiento en el año 1946, aunque posteriormente se han realizado varias reformas, siendo la más importante la realizada en 1963. En varios tramos del trazado se conserva la infraestructura original (principalmente en las zonas de túneles). El canal tiene una longitud total de 50,9km con una sección variable como ya se ha indicado.

Este canal presenta actualmente unas deficiencias importantes que, en algunos casos, condicionarían de forma importante la modernización del regadío si se obliga a mantener la infraestructura en su totalidad ya que no podrán solventarse:

- Problemas de regulación y gestión de agua en cabecera, que permitan un ahorro real en el consumo de agua.

Especialmente problemática es la situación en el Sector I (Zamora-Villaralbo) donde no llega suficiente caudal de agua en las épocas de máxima demanda. El Canal no tenía suficiente capacidad para garantizar el riego de toda la zona regable y dicha circunstancia obligó a realizar un recrecido en la zona de Villalazán. Dicho recrecido supone una fisura continua en toda su longitud con pérdidas de agua continuas. El hecho de que el Canal de San José tenga 50 km de longitud desde la toma hasta la cola dificulta enormemente su gestión en la actualidad y para garantizar que todas las tomas puedan regar, el canal debe ir al máximo de su capacidad en las épocas de máxima demanda. Si se obliga a mantener dicha infraestructura para realizar la modernización, condicionará la gestión del riego modernizado también.

Este problema se está produciendo en zonas regables próximas, donde se modernizó el regadío manteniendo el Canal y esta circunstancia está dificultando enormemente la gestión del riego modernizado e incrementando el consumo de agua ya que en determinados momentos el canal no es capaz de abastecer las demandas de las estaciones de bombeo que se realizaron para modernizar la zona regable y debe mantenerse un nivel máximo de agua para que las instalaciones puedan funcionar, perdiendo en cola un % importante del caudal derivado en cabecera.

En la zona regable del Canal de San José este problema quedaría resuelto si se adopta la alternativa de proyecto III (RIEGO DEL SI MEDIANTE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE AZUD EXISTENTE EN EL RÍO DUERO EN EL TT.MM DE VILLARALBO. DISEÑO DE RED OPCIÓN I). El Sector de cola (Zamora-Villaralbo) se abastecería directamente del río aprovechando la existencia del Azud y se aprovecharían todos los retornos procedentes de los sectores II y III del Canal de San José, consiguiendo un aprovechamiento máximo del agua derivada en cabecera para el riego de estos

sectores. De esta forma se simplificaría enormemente la regulación y la gestión del Canal de San José.

- Problemas de mantenimiento debido a la inaccesibilidad del Canal en varias zonas de su trazado, sin camino de acceso y totalmente invadido por la vegetación (principalmente en la zona de la Granja Florencia y el Yacimiento Arqueológico del Alba (declarado B.I.C. en 1994)).
- Pérdidas de agua en la distribución debidas a la evaporación, el mal estado y fisuras del canal que no podrán eliminarse (generadas por el recrecimiento realizado en la zona de Villalazán para que llegue suficiente caudal de agua al Sector I (Cola de canal)).
- Problemas de responsabilidad civil en caso de accidentes por caída al canal ya que el Canal de San José no está vallado en su trazado (50km).
- Necesidad de vaciado del Canal cada 15 días durante la campaña de riego para intentar el secado y eliminación de las algas que proliferan en el mismo. Esta circunstancia condiciona el riego actualmente y condicionará de forma importante la modernización del riego si se mantiene esta infraestructura, ya que, las algas seguirán proliferando en el canal y habrá que realizar paradas periódicas también con las futuras instalaciones, perdiendo tiempo de riego y encareciendo tanto el diseño de las infraestructuras como el mantenimiento posterior. Será necesaria la instalación de rejillas automáticas para la eliminación de las algas y tener en cuenta esta circunstancia en el dimensionamiento de las instalaciones, pero no se podrán eliminar. Este problema se produce también en zonas regables próximas donde se modernizó el regadío manteniendo el Canal y esta circunstancia está encareciendo y dificultando enormemente el mantenimiento de la infraestructura modernizada hasta el punto de impedir el correcto funcionamiento durante la campaña.
- Presencia de arrastres de tierra, piedras y vegetación dentro del canal. Esta circunstancia dificulta enormemente el mantenimiento de esta infraestructura ya que en varios tramos no existe camino de acceso para realizar la limpieza y existen numerosos puntos donde se producen arrastres al interior del canal. Si se mantiene esta infraestructura, estos arrastres ejercerán un efecto de desgaste importante en los elementos instalados en la modernización (filtros, bombas, válvulas, hidrantes...). Este problema se está manifestando en zonas regables próximas donde se modernizó el regadío manteniendo el Canal y esta circunstancia está encareciendo y dificultando enormemente el mantenimiento de la infraestructura modernizada hasta el punto de impedir el correcto funcionamiento durante la campaña.

Especialmente grave es la situación del Canal de San José en algunos tramos. A continuación, se realiza una revisión fotográfica del estado del Canal de San José en el tramo comprendido entre Peleagonzalo y Villaralbo. Tramo especialmente complicado para su mantenimiento que podría ser eliminado parcialmente (entre Villalazán-Villaralbo) en caso de que se ejecutase la alternativa de modernización del Sector I de la Zona Regable del Canal de San José con un bombeo directo desde el Azud de Villaralbo situado en el río Duero.

La mayoría de las fotografías que se presentan se han realizado el 21/06/2021 en plena campaña de riego, durante una de las paradas que realizan de forma obligatoria semanalmente por el problema de las algas y las restricciones actuales al riego. En ellas se observa los problemas que el mantenimiento del Canal generaría a las infraestructuras modernizadas.



**Imagen 1.-** Situación actual del Canal de San José en la zona de la Granja Florencia (Km 32+000). Zona totalmente invadida por la vegetación y sin camino de acceso para mantenimiento. Este tramo aéreo tiene una longitud aproximada de 630 m hasta el siguiente túnel.



**Imagen 2.-** Situación actual del Canal de San José en la zona de la Granja Florencia (entre el Km 32 y km 33 con un tramo de túneles). En una zona totalmente invadida por la vegetación y sin camino de acceso para mantenimiento.



**Imagen 3.-** Situación actual del Canal de San José en una zona en la que discurre paralelo a la carretera ZA-P-1102 (Aprox. Km 33+200). Se puede observar la gran cantidad de materiales depositados por arrastres a lo largo del Canal. Dichos arrastres dificultarían enormemente el riego modernizado en el caso de mantener el Canal.



**Imagen 4.-** Situación actual del Canal de San José en Villalazan (Aprox. Km 37+100). Presenta numerosas grietas en el talud y una fisura longitudinal continua en todo este tramo en la unión entre el canal y un recrecido que se realizó posteriormente para poder garantizar un mínimo de riego en el Sector I del Canal de San José (Zamora-Villalalbo), aun así, actualmente no les llega suficiente agua para garantizar el riego durante la campaña.

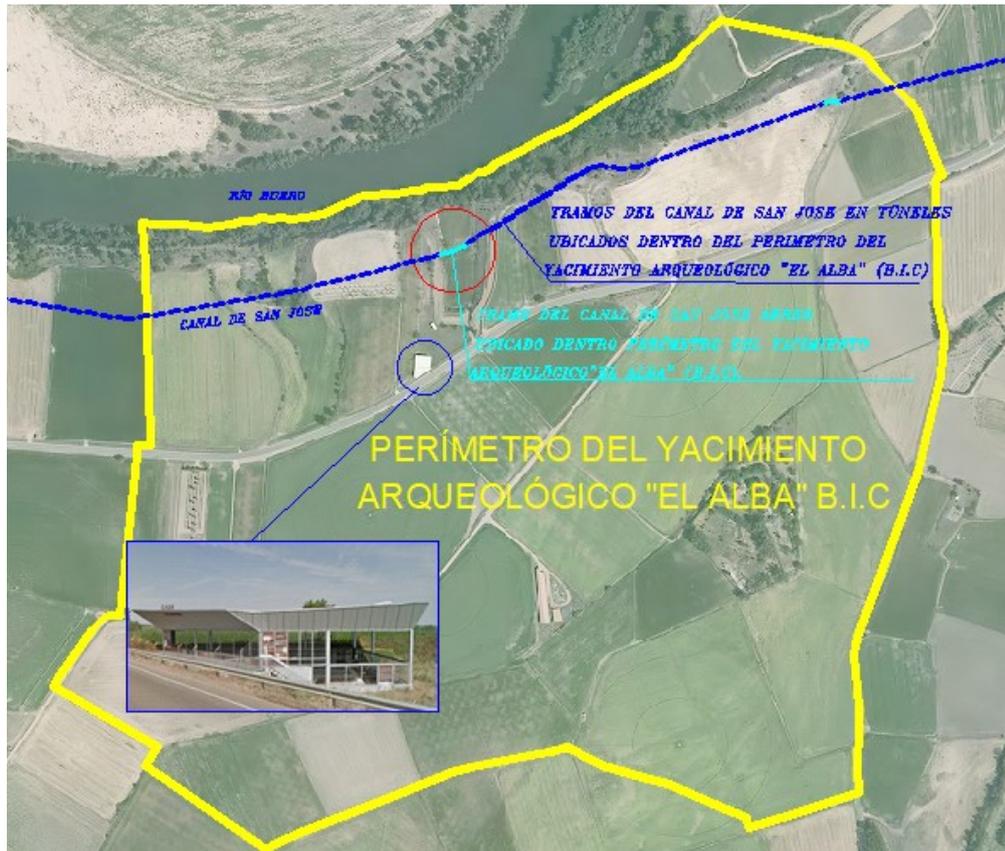


**Imagen 5.-** Situación actual del Canal de San José en Villalazán (Aprox. Km 37+300). Esta fotografía se ha realizado el 21/06/2021 en plena campaña de riego, durante una de las paradas que realizan de forma obligatoria semanalmente. Se puede observar la gran cantidad de depósitos de materiales en el fondo y paredes del canal, la presencia de vegetación en los taludes y la fisura continua en la unión entre el Canal y el recrecido del mismo que hubo que realizar para que el agua llegase al Sector I de la Zona regable (Zamora y Villaralbo). Las marcas de nivel en los taludes, indican que el agua en el Canal está normalmente por encima de dicha fisura sin prácticamente ningún resguardo.



**Imagen 6.-** Situación actual del Canal de San José en Villalazán (Aprox. Km 37+500). Esta fotografía se ha realizado el 21/06/2021 en plena campaña de riego, durante una de las paradas que realizan de forma obligatoria semanalmente. Se puede observar las roturas en los paños del canal, la presencia de vegetación en los taludes y la fisura continua en la unión entre el Canal y el recrecido del mismo que hubo que realizar para que el agua llegase al Sector I de la Zona regable (Zamora y Villaralbo).

Una zona especialmente problemática para el mantenimiento del Canal es el tramo comprendido entre Villalazán y Villaralbo. Dicha zona coincide parcialmente con el Yacimiento Arqueológico del Alba con código 49-245-0001-01, ubicado a unos 1500 m al Oeste del Casco urbano de Villalazán declarado Bien de Interés Cultural desde el año 1994.



**Mapa 2.-** Trazado del Canal de San José dentro del perímetro del Yacimiento Arqueológico "El Alba", declarado de Bien de Interés Cultural en 1994.

Es una zona muy dificultosa, con vaguadas pronunciadas, en la que alternan tramos de túneles a gran profundidad (8-10 m), con tramos de canal abierto sin camino de acceso y totalmente invadidos por la vegetación. Dada la coincidencia de este tramo con el Yacimiento Arqueológico de "El Alba" resulta muy complicada la realización de un camino de servicio para su mantenimiento, actualmente el canal se encuentra totalmente invadido por la vegetación. Tal como se observa en la siguiente imagen obtenida el 21/06/2021 en plena campaña de riego:



**Imagen 7.-** Situación actual del Canal de San José en la zona del Yacimiento Arqueológico “El Alba”, declarado B.I.C. Tramo aéreo del canal en una zona totalmente invadida por la vegetación y sin camino de acceso para mantenimiento.



**Imagen 8.-** Salida de un tunel de longitud 1.780 m del Canal de San José en la zona de Valcuevo. Entre Villalazán y Villaralbo.



**Imagen 9.-** Estado del Canal de San José en la zona de Villaralbo. Pk 41+200 aprox.



**Imagen 10.-** Estado del Canal de San José en la zona de Villaralbo. Pk 41+500 aprox. Se observan las fisuras en el hormigón y los depósitos de piedras y tierra en el fondo. Fotografía tomada el 21/06/2021 en plena campaña de riego en una de las paradas semanales obligatorias.



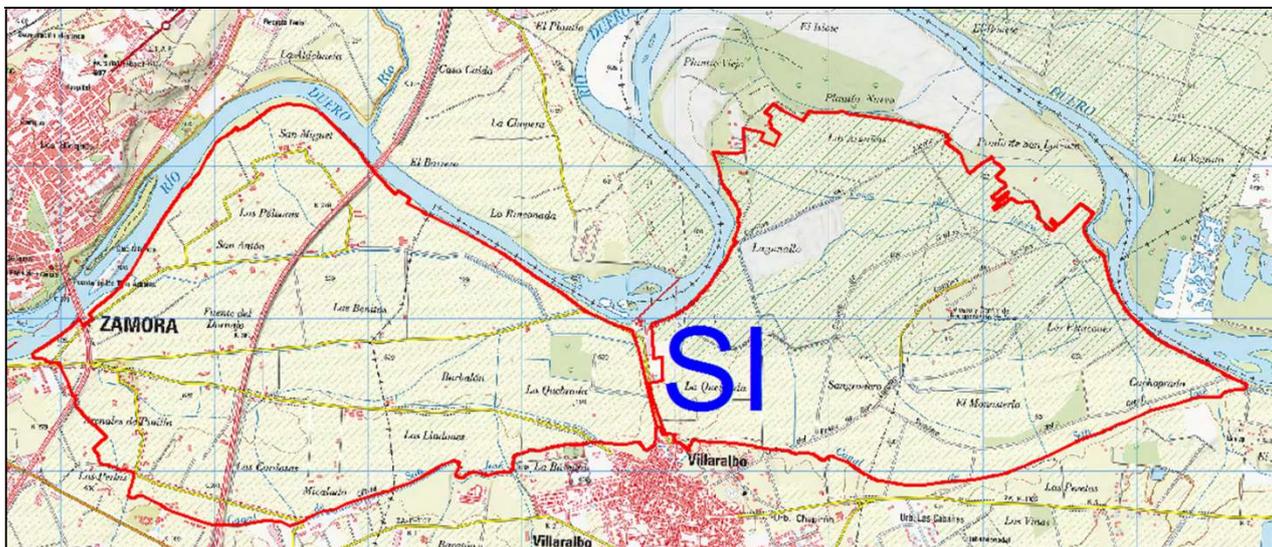
**Imagen 11.-** Estado del Canal de San José en la zona de Villaralbo. Pk 43+500 aprox. Se pueden observar los depósitos de piedras y tierra en el fondo y el limo adherido a los taludes del Canal. Fotografía tomada el 21/06/2021 en plena campaña de riego en una de las paradas semanales obligatorias.



**Imagen 12.-** Tramo final del Canal de San José en la zona de Zamora. En este tramo final a 1 km del cauce del Duero el trazado del Canal de San José coincide con un desagüe procedente de Morales del Vino. Este tramo debe mantenerse.

## 2. 2. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto de este proyecto es la “Modernización del Regadío del Sector I de la zona regable del Canal de San José (Zamora)”. Dicho sector está formado por las parcelas de la Zona regable del Canal de San José comprendidas entre el Canal de San José y el río Duero, pertenecientes a los términos municipales de Villaralbo (730 ha) y Zamora (414ha) ambos en la provincia de Zamora. Por su ubicación geográfica respecto al resto de los municipios de la CR, estos municipios forman claramente un sector hidráulicamente independiente:



**Mapa 3.-** Perímetro del SI de riego de la zona regable del Canal de San José.

El proyecto redactado debe presentar un estudio de alternativas medioambientalmente más adecuadas, técnicamente viables y económicamente más interesantes planteando la mejor solución técnica para la modernización de este sector de riego. Dicha solución técnica se justifica en el anejo de estudio de alternativas que se incluye a continuación, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- La definición del Sector se hace teniendo en cuenta el aislamiento geográfico respecto del resto de municipios pertenecientes a la Comunidad de Regantes de San José.
- Se plantea la impulsión directa a la red por la importante distancia existente a zonas elevadas donde se podría ubicar una balsa elevada de acumulación.
- Se plantea una única red de riego por el pequeño desnivel existente en la zona regable (zona de vega cuyas cotas oscilan entre 632 y 625 m.c.a en el punto de toma).
- Se plantea la ubicación de la toma directamente en el río Duero por la existencia de un azud que facilita esta posibilidad o la otra alternativa es mantener el Canal de San José, realizar una balsa a pie de Canal y hacer la toma en esta balsa. En el caso del Sector I resulta más interesante realizar la toma directa desde el río Duero como se justificará en el estudio de alternativas; en los otros Sectores, II y III, fruto de las reuniones mantenidas con carácter tripartito entre la Confederación Hidrográfica del Duero, ITACyL y SEIASA, el suministro de agua se mantendrá a través del propio Canal de San José, que será reparado en futuras actuaciones hasta la ubicación de la última estación de bombeo proyectada.

### 3. CRITERIOS DE DISEÑO PARA TODAS LAS ALTERNATIVAS.

#### 3. 1. ELEMENTOS CLIMÁTICOS DE LA ZONA

Para el análisis se emplean los datos de una serie reciente de 30 años de la estación meteorológica de Zamora, que es la más completa de las dos que disponemos, desde 1988 hasta 2017 y datos de 17 años de la estación de Villalarbo, desde 2002 hasta 2018. Se procesan hasta obtener los datos medios por cada mes y posteriormente el promedio anual de dichos datos medios. Para su tratamiento se siguen los criterios estipulados por el Reglamento Técnico de la Organización Meteorológica Mundial, por ello se ha eliminado el año completo si faltaban datos de alguno de los meses, y para el caso de las medias aritméticas se ha eliminado únicamente el mes correspondiente si este no era significativo.

Seguidamente se incluyen los datos medios obtenidos una vez procesados en cada uno de los observatorios o estaciones meteorológicas. El análisis completo está desarrollado en el *Anejo nº3: Estudio agronómico* de este proyecto:

PARÁMETROS	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	PROMEDIO ANUAL
TM_MES (°C)	4,41	5,63	8,78	11,20	15,09	19,74	22,01	21,59	17,92	13,35	7,83	4,76	12,69
TM_MAX (°C)	8,58	11,42	15,34	17,61	21,94	27,41	30,28	29,85	25,67	19,71	12,71	9,00	19,13
TM_MIN (°C)	0,61	0,32	2,46	4,89	8,21	12,06	13,78	13,55	10,63	7,47	3,37	0,93	6,52
HR (%)	85,15	75,30	66,69	65,31	60,68	54,32	51,16	52,97	60,08	71,02	80,92	85,42	67,42
Vm (Km/h)	26,33	20,75	30,18	28,08	27,06	26,33	24,98	22,94	22,81	23,11	24,13	22,50	24,93
P (mm)	33,57	27,56	27,29	38,88	36,64	22,76	11,89	15,22	24,56	53,38	45,88	40,18	377,81
ETP <sub>0</sub> (mm)	23,32	38,91	73,78	99,96	138,04	166,80	177,53	155,32	102,44	59,00	28,51	19,29	<b>1082,90</b>

Tabla 4.1.- Valores climáticos medios de la zona de estudio.

#### 3. 2. ALTERNATIVA DE CULTIVO CONSIDERADA.

Para determinar la alternativa de cultivo de la zona se han considerado los datos del SIG-PAC del año 2018, aunque se ha modificado la alternativa finalmente seleccionada ya que los últimos años ha incrementado el cultivo de cereal en detrimento del maíz debido a la falta de disponibilidad de agua de riego. Por lo tanto la alternativa de cultivos planteada está en concordancia con la alternativa de las zonas modernizadas limítrofes:

CULTIVO	% SUPERFICIE OCUPADA
ALFALFA	45
MAIZ GRANO	36
REMOLACHA AZUCARERA	7
TRIGO	3
GIRASOL	5
CEREAL DE INVIERNO	4

Tabla 4.2: Alternativa seleccionada.

#### 3. 3. CALCULO DE LAS NECESIDADES DE RIEGO.

En el *Anejo nº3: Estudio agronómico* del Proyecto viene descrito el método de cálculo de las necesidades hídricas de la zona:

### NECESIDADES HÍDRICAS DE LA ZONA REGABLE DEL CANAL DE SAN JOSÉ (SI)

CÁLCULO DE NECESIDADES HÍDRICAS- ZONA REGABLE CANAL DE SAN JOSÉ (SI)											
Penman-Monteith			MZ	A	MY	JN	JL	A	S	O	Temporada riego
ETo (mm / día)			2,38	3,33	4,45	5,56	5,73	5,01	3,41	1,90	
ETo (mm/mes)			73,78	99,96	138,04	166,80	177,53	155,32	102,44	59,00	972,9
Precipitación efectiva (mm/mes)			26,1	36,5	34,5	21,9	2,9	14,8	23,6	48,8	209,2
Necesidades netas (mm/mes)			47,7	63,5	103,5	144,9	174,6	140,5	78,8	10,2	763,7
Eficiencia de riego (%)			80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	80,0%	
CULTIVO	% Superficie		MZ	A	MY	JN	JL	A	S	O	Temporada riego
MAIZ GRANO	36%	Kc		0,40	0,45	0,75	1,05	0,90	0,60	0,40	
		Etc (mm/mes)		39,98	62,12	125,10	186,40	139,79	61,46	23,60	
		NHb (mm/mes)		0,00	34,53	128,96	229,36	156,18	47,33	0,00	596,4
TRIGO	3%	Kc		0,25	0,60	1,00	0,80				
		Etc (mm/mes)		24,99	82,82	166,80	142,02				
		NHb (mm/mes)		0,00	60,42	181,09	173,88				415,4
ALFALFA	45%	Kc	0,40	0,50	0,70	0,80	1,05	0,95	0,70		
		Etc (mm/mes)	29,51	49,98	96,63	133,44	186,40	147,55	71,71		
		NHb (mm/mes)	0,00	16,90	77,67	139,39	229,36	165,88	60,14		689,3
CEREAL INVIERNO	4%	Kc	0,30	0,80	1,15	0,60					
		Etc (mm/mes)	22,13	79,97	158,75	100,08					
		NHb (mm/mes)	0,00	0,00	155,32	97,69					253,0
GIRASOL	5%	Kc			0,35	0,70	0,90	0,80	0,40		
		Etc (mm/mes)			48,31	116,76	159,77	124,25	40,98		
		NHb (mm/mes)			0,00	118,54	196,07	136,76	21,72		473,1
REMOLACHA AZUCARERA	7%	Kc		0,40	0,60	0,80	1,05	1,10	0,90	0,70	
		Etc (mm/mes)		39,98	82,82	133,44	186,40	170,85	92,19	41,30	
		NHb (mm/mes)		0,00	60,42	139,39	229,36	195,01	85,75	0,00	709,9
ALTERNATIVA	100%	Etc (mm/mes)	14,16	43,63	82,89	129,27	176,28	134,89	62,90	11,39	0,00
		NHb (mm/mes)	0,00	7,61	59,64	134,18	216,85	151,36	51,19	0,00	620,8
		NECESIDADES DE RIEGO MENSUALES (m <sup>3</sup> /ha)	0,00	76,06	596,38	1341,77	2168,54	1513,59	511,91	0,00	6208,2521
NECESIDADES DE RIEGO MENSUALES (m <sup>3</sup> /TOTALES)				87.020,12	682.321,08	1.535.119,87	2.481.023,04	1.731.700,65	585.676,52	0,00	7.102.861,28

Tabla 4.3: Cálculo de las necesidades hídricas de la ZR del Canal de San José (SI).

### 3.4. PARÁMETROS DE DIMENSIONAMIENTO Y OPTIMIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES.

El dimensionado y optimización de la red de riego para las diferentes alternativas se realiza con el paquete informático SIGOPRAM (Versión 10.1.4) es una aplicación GIS para el diseño y análisis de redes de riego presurizada. Para el proceso de dimensionado se tiene en cuenta los siguientes condicionantes y restricciones:

#### 3.4.1. CAUDAL FICTICIO CONTINUO

En el Anejo 3 “Estudio Agronómico” se ha calculado el consumo de agua para la alternativa de cultivo considerada, durante el mes de máximas necesidades (julio), que corresponde a unas necesidades brutas de riego de 2168,54 m<sup>3</sup>/ha, considerando la duración del mes de julio de 31 días, el caudal ficticio continuo se calcula:

$$Q_{fc} = (2168,54 * 1000) / (24 * 36000 * 31) = 0,81 \text{ l/(s.ha)}$$

#### 3.4.2. JORNADA EFECTIVA DEL RIEGO

En el caso de la red de riego diseñada en el Sector I del Canal de San José ya se ha comentado que se trata de una red ramificada con un solo punto de impulsión directa de agua a la red a través de una estación de bombeo con una altura piezométrica conocida y con toma directa en el Azud de Villaralbo, en el río Duero. En esta instalación no se puede considerar que la red de riego va a estar disponible las 24 horas del día ya que debemos considerar las franjas de tarifas eléctricas existentes en la actualidad. Para compensar la discontinuidad en el bombeo se ha realizado la instalación fotovoltaica que suministrará energía (34% de la potencia total instalada) en la horas en las que la tarifa eléctrica es más cara pudiendo realizar un reparto del caudal bombeado a lo largo de todo el día. A continuación, se realiza un plan de bombeo diario en la instalación en el mes de mayores necesidades que será el mes de julio.

En cuanto a las tarifas eléctricas se tendrá en cuenta lo establecido en la Circular 3/2020 de 15 de enero, de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, por la que se establece la metodología para el cálculo de los peajes de transporte y distribución de electricidad. En dicha instrucción se establece:

Mes de julio: Temporada eléctrica alta

La distribución de tarifas según la citada Circular se realizará en función del tipo de días considerado de la siguiente forma:

(I) Tipo A: de lunes a viernes no festivos de temporada alta:

P1 (9h): de 9h a 14h. y de 18h a 22h

P2 (7h): de 8h a 9h, de 14h a 18h y de 22h a 0h

P6 (8h): de 0h a 8h.

(V) Tipo D: sábados, domingos, festivos y 6 de enero (días festivos de ámbito nacional):

P6 (24h): todas las horas del día

De esta manera y para la tarifa existente actualmente de 6 periodos, podemos establecer la JER, considerando que regamos seis días de siete y descartando el periodo P1 para el mes de julio.

- Nº horas P6 entre semana: 8 h/día
- Nº horas P2 entre semana: 7 h/día
- Nº horas P6 en fines de semana: 24 h/día (tanto sábados como domingos)
- Nº horas riego mediante instalación solar (34% potencia) en las horas centrales del día con la siguiente distribución:

JORNADA DISPONIBLE DE RIEGO EN EL MES DE JULIO

TARIFA	HORAS DEL DÍA	BOMBAS CON SUMINISTRO MIXTO SOLAR/RED (34% POTENCIA INSTALADA:1*400KW+2*110KW)		BOMBAS CON SUMINISTRO RED (66% POTENCIA INSTALADA: 3*400 kw)	
		% DE DISPONIBILIDAD HORARIA EN DÍAS LABORABLES BOMBAS SOLAR/RED	% DE DISPONIBILIDAD HORARIA EN FIN DE SEMANA BOMBAS SOLAR/RED	% DE DISPONIBILIDAD HORARIA EN DÍAS LABORABLES BOMBAS RED	% DE DISPONIBILIDAD HORARIA EN FIN DE SEMANA BOMBAS RED
P6	0	100 %	100 %	100 %	100 %
P6	1	100 %	100 %	100 %	100 %
P6	2	100 %	100 %	100 %	100 %
P6	3	100 %	100 %	100 %	100 %
P6	4	100 %	100 %	100 %	100 %
P6	5	100 %	100 %	100 %	100 %
P6	6	100 %	100 %	100 %	100 %
P6	7	100 %	100 %	100 %	100 %
P2	8	100%	100 %	100%	100 %
P1	9	82%	100 %	0	100 %
P1	10	100%	100 %	0	100 %
P1	11	100%	100 %	0	100 %
P1	12	100%	100 %	0	100 %
P1	13	100%	100 %	0	100 %
P2	14	100%	100 %	100%	100 %
P2	15	100%	100 %	100%	100 %
P2	16	100%	100 %	100%	100 %
P2	17	100%	100 %	100%	100 %
P1	18	82%	100 %	0	100 %
P1	19	65%	100 %	0	100 %
P1	20	35%	100 %	0	100 %
P1	21	0	100 %	0	100 %
P2	22	100%	100 %	100%	100 %
P2	23	100%	100 %	100%	100 %
		BOMBAS SOLAR/RED (laborables)	BOMBAS SOLAR/RED (Fin de semana)	BOMBAS RED (laborables)	BOMBAS RED (fin de semana)
TOTAL HORAS DISPONIBLES /DÍA		21,64	24	15	24

Tabla 4.4.- Distribución diaria del bombeo en el mes de julio Sector I del Canal de San José.

$$\text{HORAS / SEMANA (BOMBAS SOLAR Y RED)} = (21,64 * 5 + 24 * 2) = 156,2 \text{ h/semana}$$

$$\text{JR (BOMBAS SOLAR Y RED)} = \frac{156,2 \frac{\text{h}}{\text{semana}}}{7 \text{ días}} = 22,3 \text{ h/día}$$

$$\text{HORAS/ SEMANA (BOMBAS RED)} = (15 * 5 + 24 * 2) = 123 \text{ h/semana}$$

$$\text{JR (BOMBAS RED)} = \frac{123 \frac{\text{h}}{\text{semana}}}{7 \text{ días}} = 17,6 \text{ h/día}$$

Teniendo en cuenta lo explicado, la jornada efectiva de riego diaria en el mes de julio adaptándonos a la franja horaria donde la tarificación energética es más barata y a la disponibilidad de una instalación de placas solares quedaría como se indica:

$$\text{JER} = ((0,034 * 22,3 + 0,66 * 17,6)) = 19,19 \text{ h/día de funcionamiento}$$

No obstante para el dimensionamiento de la red se considera que 1 día a la semana no es hábil a efectos del riego en previsión de averías u otras incidencias que puedan surgir en la red de riego por lo tanto consideramos la jornada efectiva de riego para el dimensionamiento de la red:

$$\text{JER} = ((0,34 * 22,3 + 0,66 * 17,6) / 7) * 6 / 7 = 16,4 \text{ h/día}$$

### 3.4.3. RENDIMIENTO OPERATIVO DE LA RED

En el cálculo se tiene en cuenta el rendimiento operativo, como cociente entre las duraciones real y teórica de la campaña de riego. En nuestro caso se contempla una jornada efectiva de riego (al tratarse de un bombeo directo, en función de las tarifas eléctricas más económicas), incluyendo un día de descanso a la semana. Se emplea como rendimiento operativo de la red la relación entre la jornada efectiva de riego y la jornada ficticia continua, o sea:

$$r = \frac{\text{JER}}{24} = \frac{16,4}{24} = 0,68$$

### 3.4.4. CAUDALES DE LINEA

Los caudales de diseño de cada tramo de la red se calculan como una red a la demanda, siguiendo los criterios de la Primera Fórmula de Clément, con las siguientes garantías de suministro (GS%):

Nº de hidrantes	Garantía de suministro (%)
$1 \leq n \leq 4$	100%
$4 \leq n \leq 15$	99 %
$16 < n < 49$	95 %
$50 > n$	90%

**Tabla 4.5:** Garantía de suministro considerada ZR del Canal de San José (SI).

Al proyectarse las redes con riego a la demanda, el cálculo de los caudales se realiza con el método probabilístico de Clément, mediante el programa informático SIGOPRAM utilizado para el diseño de la red de riego.

El caudal total acumulado ( $Q_0$ ), suma de todas las dotaciones de los hidrantes proyectados para la red, es de 3,020 m<sup>3</sup>/s, y el caudal de diseño en cabecera ( $Q_d$ ), evaluado según la formulación de Clément, es de 1,687m<sup>3</sup>/s.

El coeficiente o grado de simultaneidad de diseño de la red (CS) se define como el cociente entre el caudal de diseño de la línea de cabecera ( $Q_d$ ) calculado por el método de Clément y el caudal total acumulado ( $Q_0$ ) que se obtendría con todas las tomas abiertas, multiplicado por 100.

$$CS = Q_d / Q_0 = 1.687 / 3.020 * 100 = 56\%$$

Este parámetro se utilizará en la generación de múltiples escenarios aleatorios a la hora de realizar el análisis hidráulico estacionario de la red.

#### 3.4.5. HIDRANTES

Para la definición de cada uno de los hidrantes instalados debemos tener en cuenta los siguientes parámetros:

- S: Superficie de la parcela regada por el hidrante (ha): Se corresponde con la superficie de las agrupaciones de riego (conjunto de parcelas agrupadas y alimentadas por un único hidrante).
- P: Presión de consiga (mca). Se utilizarán aspersores de 30-35 mca de presión de funcionamiento en boquilla y se ha estimado en 5 mca la pérdida de carga máxima que puede haber en la red terciaria de tuberías, desde el hidrante de agrupación hasta la toma en parcela, y una pérdida de carga en el conjunto hidrante más filtro de 5 mca. Se ha particularizado para cada hidrante, estableciéndose una mínima presión de consiga de 45 mca.
- qfc: Caudal ficticio continuo (l/s.ha): Caudal necesario suponiendo una aportación ininterrumpida de agua a lo largo de las 24 horas del día para el mes de máximas necesidades.
- r: Rendimiento operativo. Cociente entre las duraciones real y teórica de la campaña de riego.
- D: Dotación de riego(l/s). Asignación de caudal que, como máximo, se extraerá de un hidrante. La dotación se ha fijado en función de la superficie que abastece a la agrupación, el caudal ficticio continuo y el rendimiento operativo de la red, para que el grado de libertad (GL) del hidrante sea siempre mayor que 1,5.

#### 3.4.6. MATRIZ DE CAUDALES

Los hidrantes a instalar se han establecido en tres tamaños, en función del caudal nominal asignándoles un caudal de dotación en función de la superficie que abastece a la agrupación, el caudal ficticio continuo y el rendimiento operativo de la red:

Superficie (ha)	DN hidrante (")	NºAgrupaciones	Dotación (l/s)
0 < S < 3	3	2	15
3 < S < 5	3	17	18
5 < S < 10	4	78	20
10 ≤ S < 13	4	26	26
13 ≤ S < 15	6	11	30
15 ≤ S < 16	6	1	32
16 ≤ S < 22	6	2	44

**Tabla 4.6:** Caudales nominales considerados ZR del Canal de San José (SI).

### 3. 5. MATERIALES Y DIAMETROS A EMPLEAR EN TUBERIAS

- PVC-O: 160 mm  $\geq$  DN < 630 mm
- PEAD: 160mm>DN<500 mm (en zonas donde se prevé presencia de agua en las zanjas y con trazado complejos, cruces de autovías, gaseoducto...).
- Hormigón postesado con camisa de chapa HPCC: 700  $\geq$  DN  $\leq$  1200 mm

A continuación, se incluyen una tabla con los precios medios considerados para estimar el coste de la red para los materiales y diámetros que han resultado de la optimización de la red:

MATERIAL	DIÁMETRO	MATERIAL	COSTE/ML tubería	COSTE DE INSTALACIÓN /ML tubería (Incluye valv, p.esp, anclajes, vent, desagues...)	COSTE/ML tubería
<b>HORMIGÓN POSTESADO CON CAMISA DE CHAPA (HPCC)</b>	1200	HPCC 1200-10	252,77	190,00	442,77
	1100	HPCC 1100-10	231,65	175,00	406,65
	900	HPCC 900-10	159,14	170,00	329,14
	800	HPCC 800-10	140,30	160,00	300,30
	700	HPCC 700-10	123,15	140,00	263,15
<b>POLIETILENO ALTA DENSIDAD (PEAD)</b>	500	PEAD 500-10	96,27	75,00	171,27
	400	PEAD 400-10	61,69	55,00	116,69
	315	PEAD 315-10	32,57	35,00	67,57
	250	PEAD 250-10	20,10	30,00	50,10
	200	PEAD 200-10	15,50	20,00	35,50
	180	PEAD 180-10	12,57	20,00	32,57
	160	PEAD 160-10	9,94	20,00	29,94
<b>PVC ORIENTADO (PVCO)</b>	630	PVCO 630-16	93,68	85,00	178,68
	500	PVCO 500-16	61,81	75,00	136,81
	400	PVCO 400-16	32,57	55,00	87,57
	315	PVCO 315-16	20,13	35,00	55,13
	250	PVCO 250-16	12,72	30,00	42,72
	225	PVCO 225-16	11,03	30,00	41,03
	200	PVCO 200-16	8,52	23,93	32,45
	160	PVCO 160-16	6,40	20,56	26,96

**Tabla 4.7:** Costes de tuberías estimados para la instalación de la red de riego. Incluyendo tubería valvulería, piezas especiales, ventosas, desagües, movimientos de tierra...

### 3. 6. VELOCIDADES EN TUBERIAS

Las velocidades de circulación admisibles se han limitado entre 0,5 m/s y 2,5m/s.

### 3. 7. PERDIDAS DE CARGA CONTINUAS

Para el cálculo de las pérdidas de carga en las tuberías se utiliza la fórmula de Darcy-Weisbach, definiendo una rugosidad absoluta según datos facilitados por fabricantes de:

PVCO: K: 0,007mm

PEAD: 0,01 mm

HPCC: K 0,3 mm

### 3. 8. PERDIDAS SINGULARES

Para permitir considerar los efectos de las pérdidas de carga singulares producidas por codos, bifurcaciones, valvulería..., se contempla añadir longitudes equivalentes de manera global y homogénea como un porcentaje del 5% de la longitud definida de las conducciones en cada tramo.

### 3. 9. INCREMENTO DE LA PRESION ESTATICA PARA TIMBRAJE

El incremento de la presión estática para la determinación del timbraje de las conducciones se establece tomando el máximo valor de la presión estática del tramo más un margen adicional de 10 mca.

### 3. 10. PARAMETROS FINANCIEROS

Con el fin de realizar un dimensionado económicamente óptimo de la red, se toman como parámetros financieros los siguientes:

- Periodo de amortización (T): 25 años
- Tasa de interés (i): 4 %

El periodo de amortización (T) participa tanto en el factor de amortización del coste total de las tuberías como en el término de incremento anual del coste de la energía.

### 3. 11. ESTACION DE BOMBEO

Se considera una estación elevadora en la cabecera de la red, donde es necesario aportar el siguiente conjunto de datos que permiten calcular el total anual de facturación eléctrica imputable a la estación de bombeo.

- Rendimiento: Se aplica un valor del 75% como rendimiento ponderado de la estación de bombeo, constante para todos los caudales.
- Cos ( $\varphi$ ): El valor del factor de potencia reactiva de la estación es de 0,90, que no supone recargo.
- Volumen: Con carácter general en una impulsión directa a red se indica los volúmenes a elevar durante toda la campaña para cada periodo tarifario, en función de las preferencias particulares de los regantes, que optan por regar en horas más baratas (P6). De este modo se imputan horas en todos los periodos tarifarios con prioridad al periodo más económico P6 y después se van sumando las horas necesarias en los siguientes periodos más económicos en cada mes. Según el calendario y la distribución de los distintos periodos tarifarios aplicables a la modalidad de tarifa de acceso de 6 periodos. El volumen a bombear en cada periodo se obtiene de la distribución de las horas de bombeo multiplicadas por el caudal de diseño de la red. En esta estación de bombeo al programar un plan de bombeo diario debe tenerse en cuenta el aporte de energía mediante las placas solares que permitirá regar en horas diurnas con suministro eléctrico procedente del parque fotovoltaico.

### 3. 12. REGIMEN DIARIO DE BOMBEO EN EL CASO DE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE EL AZUD DE VILLARALBO.

Para poder considerar las alternativas de riego con impulsión directa desde el río Duero a la altura del Azud de Villaralbo técnicamente viable debe garantizarse que es posible establecer un régimen diario de bombeo compatible con el régimen fluyente del río.

Por ello se establece a continuación el Plan de bombeo diario para cada mes para la nueva estación de bombeo que abastecerá al Sector I de la zona regable del Canal de San José teniendo en consideración las siguientes premisas:

- Garantizar que los caudales demandados a lo largo de la campaña de riego sean, en todo momento, compatibles con el régimen fluyente de la masa de agua 397.

- Satisfacer las necesidades hídricas de la alternativa de cultivos considerada.
- Adaptar el régimen de bombeo a la disponibilidad energética fotovoltaica y a las tarifas horarias sin generar impacto significativo en la masa de agua 397.
- Proponer una opción de regulación continua mensual que garantice una alta eficiencia en la regulación, sin generar modificaciones relevantes en el régimen hídrico de la masa de agua 397 en el punto donde se ubica la estación de bombeo (en el caso de tomar la alternativa de bombeo desde el azud de Villaralbo).

En la tabla presentada a continuación se ha buscado satisfacer las necesidades hídricas anuales de la alternativa para toda la zona regable (7.102.861,28 m<sup>3</sup>), mediante un plan de bombeo diario-mensual que también tiene en cuenta la disponibilidad de energía fotovoltaica y periodos eléctricos más económicos.

Al mismo tiempo se ha intentado conseguir una alta eficiencia en la regulación ya que el volumen anual aportado de forma continua por CHD desde el Embalse de San José, durante los meses que dura la campaña de riego (7.178.112,00m<sup>3</sup>) es muy aproximado al volumen necesario, consiguiendo un % de aprovechamiento del agua con destino al riego del sector muy alto.

Cuando la instalación se ponga en marcha y durante la primera campaña de riego, el régimen de bombeo se irá ajustando por la Comunidad de Regantes con el caudal aportado de forma continua por parte de CHD garantizando que no se produzca ninguna afección al régimen fluyente de la masa de agua.

PROPUESTA DE REGIMEN DE BOMBEO DIARIO PARA LA ESTACIÓN DE BOMBEO DEL SI DEL CANAL DE SAN JOSÉ (EN EL CASO DE QUE SE UBIQUE EN EL RÍO DUERO EN LAS PROXIMIDADES DEL AZUD DE VILLARALBO (MASA 397))

MESES DEL AÑO	MARZO (RIEGOS NASCENCIA, LIMPIEZAS...)					ABRIL					MAYO					JUNIO				
	HORAS DEL DIA	Régimen de bombeo horario mes MARZO (m³/s)	Q continuo aportado por CHD a través del río Duero MARZO (m³/s)	Deficit de Q extraído del caudal circulante m³/s	Q circulante medio en la masa 397 mes MARZO m³/s	% extraído del caudal circulante (Deficit)	Régimen de bombeo horario mes ABRIL (m³/s)	Q continuo aportado por CHD a través del río Duero ABRIL m³/s	Deficit de Q extraído del caudal circulante m³/s	Q circulante medio en la masa 397 mes ABRIL m³/s	% extraído del caudal circulante (Deficit)	Régimen de bombeo horario mes MAYO (m³/s)	Q continuo aportado por CHD a través del río Duero MAYO m³/s	Deficit de Q extraído del caudal circulante m³/s	Q circulante medio en la masa 397 mes MAYO m³/s	% extraído del caudal circulante (Deficit)	Régimen de bombeo horario mes JUNIO (m³/s)	Q continuo aportado por CHD a través del río Duero JUNIO m³/s	Deficit de Q extraído del caudal circulante m³/s	Q circulante medio en la masa 397 mes JUNIO m³/s
0	0,00	0,00	0,00	196,58		0,00	0,01	0,01	177,62		0,00	0,15	0,15	121,04		1,31	0,57	-0,74	73,55	-1,0%
1	0,00	0,00	0,00	196,58		0,00	0,01	0,01	177,62		0,00	0,15	0,15	121,04		1,31	0,57	-0,74	73,55	-1,0%
2	0,00	0,00	0,00	196,58		0,00	0,01	0,01	177,62		0,00	0,15	0,15	121,04		1,31	0,57	-0,74	73,55	-1,0%
3	0,00	0,00	0,00	196,58		0,00	0,01	0,01	177,62		0,00	0,15	0,15	121,04		1,31	0,57	-0,74	73,55	-1,0%
4	0,00	0,00	0,00	196,58		0,00	0,01	0,01	177,62		0,00	0,15	0,15	121,04		1,31	0,57	-0,74	73,55	-1,0%
5	0,00	0,00	0,00	196,58		0,00	0,01	0,01	177,62		0,37	0,15	-0,22	121,04	-0,2%	1,31	0,57	-0,74	73,55	-1,0%
6	0,00	0,00	0,00	196,58		0,00	0,01	0,01	177,62		0,37	0,15	-0,22	121,04	-0,2%	1,31	0,57	-0,74	73,55	-1,0%
7	0,00	0,00	0,00	196,58		0,00	0,01	0,01	177,62		0,38	0,15	-0,23	121,04	-0,2%	1,31	0,57	-0,74	73,55	-1,0%
8	0,00	0,00	0,00	196,58		0,00	0,01	0,01	177,62		0,40	0,15	-0,25	121,04	-0,2%	0,62	0,57	-0,05	73,55	-0,1%
9	0,00	0,00	0,00	196,58		0,04	0,01	-0,03	177,62	0,0%	0,47	0,15	-0,32	121,04	-0,3%	0,37	0,57	0,20	73,55	
10	0,10	0,00	-0,10	196,58	-0,1%	0,10	0,01	-0,09	177,62	-0,1%	0,47	0,15	-0,32	121,04	-0,3%	0,47	0,57	0,10	73,55	
11	0,10	0,00	-0,10	196,58	-0,1%	0,10	0,01	-0,09	177,62	-0,1%	0,57	0,15	-0,42	121,04	-0,3%	0,47	0,57	0,10	73,55	
12	0,10	0,00	-0,10	196,58	-0,1%	0,10	0,01	-0,09	177,62	-0,1%	0,57	0,15	-0,42	121,04	-0,3%	0,57	0,57	0,00	73,55	
13	0,10	0,00	-0,10	196,58	-0,1%	0,10	0,01	-0,09	177,62	-0,1%	0,57	0,15	-0,42	121,04	-0,3%	0,57	0,57	0,00	73,55	
14	0,10	0,00	-0,10	196,58	-0,1%	0,10	0,01	-0,09	177,62	-0,1%	0,57	0,15	-0,42	121,04	-0,3%	0,57	0,57	0,00	73,55	
15	0,10	0,00	-0,10	196,58	-0,1%	0,10	0,01	-0,09	177,62	-0,1%	0,57	0,15	-0,42	121,04	-0,3%	0,57	0,57	0,00	73,55	
16	0,00	0,00	0,00	196,58		0,10	0,01	-0,09	177,62	-0,1%	0,47	0,15	-0,32	121,04	-0,3%	0,47	0,57	0,10	73,55	
17	0,00	0,00	0,00	196,58		0,10	0,01	-0,09	177,62	-0,1%	0,47	0,15	-0,32	121,04	-0,3%	0,47	0,57	0,10	73,55	
18	0,00	0,00	0,00	196,58		0,10	0,01	-0,09	177,62	-0,1%	0,47	0,15	-0,32	121,04	-0,3%	0,37	0,57	0,20	73,55	
19	0,00	0,00	0,00	196,58		0,00	0,01	0,01	177,62		0,37	0,15	-0,22	121,04	-0,2%	0,20	0,57	0,37	73,55	
20	0,00	0,00	0,00	196,58		0,00	0,01	0,01	177,62		0,20	0,15	-0,05	121,04	0,0%	0,20	0,57	0,37	73,55	
21	0,00	0,00	0,00	196,58		0,00	0,01	0,01	177,62		0,00	0,15	0,15	121,04		0,00	0,57	0,57	73,55	
22	0,00	0,00	0,00	196,58		0,00	0,01	0,01	177,62		0,00	0,15	0,15	121,04		0,00	0,57	0,57	73,55	
23	0,00	0,00	0,00	196,58		0,00	0,01	0,01	177,62		0,00	0,15	0,15	121,04		0,00	0,57	0,57	73,55	
TOTAL m³ DIARIO	2160,00	0,00				3384,00	864,00				26244,00	12960,00				59040,00	49248,00			
TOTAL m³ BOMBEO (26d/mes) /APORTE	56160,00	0,00				87984,00	26784,00				682344,00	401760,00				1535040,00	1526688,00			
FUENTE ENERGÍA UTILIZADA	TODO SOLAR					TODO SOLAR					SOLAR Y RED					SOLAR Y RED				
NECESIDADES HIDRICAS MENSUALES m³(ALTERNATIVA CONSIDERADA)	0,00					87020,12					682321,08					1535119,87				
TOTAL DIARIO EXTRAÍDO DEL AZUD m³ (Deficit)	2160,00					2520,00					13284,00					9792,00				
SUPERFICIE LÁMINA DE AGUA RETENCIÓN 185000m²	185000,00					185000,00					185000,00					185000,00				
VARIACIÓN DE NIVEL EN LA LÁMINA DE AGUA RETENIDA (cm)	1,17					1,36					7,18					5,29				

Tabla 4.8.- Régimen de bombeo diario / mensual en el caso de la Estación de bombeo del Sector I del Canal de San José esté ubicada en las proximidades del Azud de Villaralbo (masa 397).

MESES DEL AÑO	JULIO					AGOSTO					SEPTIEMBRE					OCTUBRE				
	Régimen de bombeo horario mes JULIO (m³/s)	Qcontinuo aportado por CHD a través del río Duero JULIO m³/s	Deficit de Q extraído del caudal circulante m³/s	Q circulante medio en la masa 397 mes JULIO m³/s	% extraído del caudal circulante (Deficit)	Régimen de bombeo horario mes AGOSTO (m³/s)	Qcontinuo aportado por CHD a través del río Duero AGOSTO m³/s	Deficit de Q extraído del caudal circulante m³/s	Q circulante medio en la masa 397 mes AGOSTO m³/s	% extraído del caudal circulante (Deficit)	Régimen de bombeo horario mes SEPTIEMBRE (m³/s)	Qcontinuo aportado por CHD a través del río Duero SEPTIEMBRE m³/s	Deficit de Q extraído del caudal circulante m³/s	Q circulante medio en la masa 397 mes SEPTIEMBRE m³/s	% extraído del caudal circulante (Deficit)	Régimen de bombeo horario mes OCTUBRE (m³/s)	Qcontinuo aportado por CHD a través del río Duero OCTUBRE m³/s	Deficit de Q extraído del caudal circulante m³/s	Q circulante medio en la masa 397 mes OCTUBRE m³/s	% extraído del caudal circulante (Deficit)
0	1,68	1,00	-0,68	33,08	-2,1%	1,11	0,75	-0,36	25,21	-1,4%	0,20	0,20	0,00	32,42		0,00	0,00	0,00	46,54	
1	1,68	1,00	-0,68	33,08	-2,1%	1,31	0,75	-0,56	25,21	-2,2%	0,20	0,20	0,00	32,42		0,00	0,00	0,00	46,54	
2	1,68	1,00	-0,68	33,08	-2,1%	1,31	0,75	-0,56	25,21	-2,2%	0,20	0,20	0,00	32,42		0,00	0,00	0,00	46,54	
3	1,68	1,00	-0,68	33,08	-2,1%	1,31	0,75	-0,56	25,21	-2,2%	0,20	0,20	0,00	32,42		0,00	0,00	0,00	46,54	
4	1,68	1,00	-0,68	33,08	-2,1%	1,31	0,75	-0,56	25,21	-2,2%	0,28	0,20	-0,08	32,42	-0,2%	0,00	0,00	0,00	46,54	
5	1,68	1,00	-0,68	33,08	-2,1%	1,31	0,75	-0,56	25,21	-2,2%	0,37	0,20	-0,17	32,42	-0,5%	0,00	0,00	0,00	46,54	
6	1,68	1,00	-0,68	33,08	-2,1%	1,31	0,75	-0,56	25,21	-2,2%	0,37	0,20	-0,17	32,42	-0,5%	0,00	0,00	0,00	46,54	
7	1,68	1,00	-0,68	33,08	-2,1%	1,11	0,75	-0,36	25,21	-1,4%	0,37	0,20	-0,17	32,42	-0,5%	0,00	0,00	0,00	46,54	
8	1,48	1,00	-0,48	33,08	-1,5%	0,74	0,75	0,01	25,21		0,37	0,20	-0,17	32,42	-0,5%	0,00	0,00	0,00	46,54	
9	0,47	1,00	0,53	33,08		0,37	0,75	0,38	25,21		0,37	0,20	-0,17	32,42	-0,5%	0,10	0,00	-0,10	46,54	-0,2%
10	0,57	1,00	0,43	33,08		0,47	0,75	0,28	25,21		0,37	0,20	-0,17	32,42	-0,5%	0,10	0,00	-0,10	46,54	-0,2%
11	0,57	1,00	0,43	33,08		0,57	0,75	0,18	25,21		0,37	0,20	-0,17	32,42	-0,5%	0,10	0,00	-0,10	46,54	-0,2%
12	0,57	1,00	0,43	33,08		0,57	0,75	0,18	25,21		0,37	0,20	-0,17	32,42	-0,5%	0,10	0,00	-0,10	46,54	-0,2%
13	0,57	1,00	0,43	33,08		0,57	0,75	0,18	25,21		0,37	0,20	-0,17	32,42	-0,5%	0,10	0,00	-0,10	46,54	-0,2%
14	0,94	1,00	0,06	33,08		0,57	0,75	0,18	25,21		0,37	0,20	-0,17	32,42	-0,5%	0,10	0,00	-0,10	46,54	-0,2%
15	0,94	1,00	0,06	33,08		0,57	0,75	0,18	25,21		0,37	0,20	-0,17	32,42	-0,5%	0,10	0,00	-0,10	46,54	-0,2%
16	1,31	1,00	-0,31	33,08	-0,9%	0,57	0,75	0,18	25,21		0,37	0,20	-0,17	32,42	-0,5%	0,10	0,00	-0,10	46,54	-0,2%
17	1,31	1,00	-0,31	33,08	-0,9%	0,47	0,75	0,28	25,21		0,37	0,20	-0,17	32,42	-0,5%	0,10	0,00	-0,10	46,54	-0,2%
18	0,47	1,00	0,53	33,08		0,37	0,75	0,38	25,21		0,37	0,20	-0,17	32,42	-0,5%	0,00	0,00	0,00	46,54	
19	0,42	1,00	0,58	33,08		0,37	0,75	0,38	25,21		0,00	0,20	0,20	32,42		0,00	0,00	0,00	46,54	
20	0,20	1,00	0,80	33,08		0,37	0,75	0,38	25,21		0,00	0,20	0,20	32,42		0,00	0,00	0,00	46,54	
21	0,00	1,00	1,00	33,08		0,37	0,75	0,38	25,21		0,00	0,20	0,20	32,42		0,00	0,00	0,00	46,54	
22	1,58	1,00	-0,58	33,08	-1,8%	0,74	0,75	0,01	25,21		0,00	0,20	0,20	32,42		0,00	0,00	0,00	46,54	
23	1,68	1,00	-0,68	33,08	-2,1%	0,74	0,75	0,01	25,21		0,00	0,20	0,20	32,42		0,00	0,00	0,00	46,54	
TOTAL m³ DIARIO	95472,00	86400,00				66636,00	64800,00				22536,00	17280,00			3240,00	0,00				
TOTAL m³ BOMBEO (26d/mes) /APORTE (31d/mes)	2482272,00	2678400,00				1732536,00	2008800,00				585936,00	535680,00			84240,00	0,00				
FUENTE ENERGÍA UTILIZADA	SOLAR Y RED					SOLAR Y RED					SOLAR Y RED				TODO SOLAR					
NECESIDADES HIDRICAS MENSUALES m³(ALTERNATIVA CONSIDERADA)	2481023,04					1731700,65					585676,52				0,00					
TOTAL DIARIO EXTRAÍDO DEL AZUD m³ (Deficit)	9072,00					1836,00					5256,00				3240,00					
SUPERFICIE LÁMINA DE AGUA RETENCIÓN 185000m²	185000,00					185000,00					185000,00				185000,00					
VARIACIÓN DE NIVEL EN LA LÁMINA DE AGUA RETENIDA (cm)	4,90					0,99					2,84				1,75					

NECESIDADES HIDRICAS ANUALES DE LA ALTERNATIVA	7102861,28
TOTAL BOMBEO ANUAL (m3)	7246512,00
TOTAL APORTADO ANUAL CHD (m3)	7178112,00
EFICIENCIA EN LA REGULACIÓN %	98,94

Tabla 4.8.- Régimen de bombeo diario / mensual en el caso de la Estación de bombeo del Sector I del Canal de San José esté ubicada en las proximidades del Azud de Villaralbo (masa 397).

### 3. 13. COMPUTO DE GASTOS ENERGETICOS

Para poder estimar de forma realista el ahorro que supone la disponibilidad de las placas solares, se considerará el coste energético sólo con suministro de la red, tomando los datos medios de otras comunidades de regantes cercanas, con alternativas similares y posteriormente en el análisis de costes se descontará el ahorro que supone el suministro de energía fotovoltaica mediante las placas solares al precio medio del kwh calculado.

Con el fin de estimar los costes energéticos de las distintas alternativas, es necesario estimar el nº de horas totales que van a estar funcionando los equipos de bombeo en los distintos periodos. Y para ello consideramos

<b>Necesidades hídricas de la alternativa</b>	6208,25	m <sup>3</sup> /ha
<b>Has regables del SI</b>	1144,1	ha
<b>Q punta bombeo</b>	1687	l/s
<b>Consumo anual (m<sup>3</sup>)</b>	7.102.861,28	m <sup>3</sup>
<b>horas de bombeo</b>	1169,54	h

**Tabla 4.9:** Parámetros para el diseño de la estación de bombeo del Sector I del Canal de San José.

A efectos del cálculo del coste energético, el reparto diario de las horas de bombeo se realiza en base a las necesidades hídricas de la alternativa de cultivos planteada y al funcionamiento de estaciones de bombeo similares que se encuentran en la misma zona. Aunque en la práctica el plan de bombeo en esta estación será el que se ha presentado en el apartado 3.12, ya que en esta estación deberíamos considerar también el aporte energético de las placas solares, que nos permitirá bombear en horas centrales del día en las que habitualmente no se bombea.

El cálculo inicial del coste energético se realizará sin tener en cuenta este ahorro que será valorado posteriormente al precio medio por kwh calculado en este apartado.

A continuación, se incluye una tabla con las horas de bombeo mensuales establecidas en función de las necesidades hídricas de la alternativa definida, a efectos del cálculo de coste energético. Esta distribución se realiza en función de los datos medios de otras estaciones de bombeo similares.

#### DISTRIBUCIÓN MENSUAL DE NECESIDADES HÍDRICAS Y HORAS DE BOMBEO

	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
	87.020,12	682.321,08	1.535.119,87	2.481.023,04	1.731.700,65	585.676,52
HORAS BOMBEO MENSUALES PARA SATISFACER LAS NECESIDADES HÍDRICAS DE LA ALTERNATIVA CONSIDERADA	14,33	112,35	252,77	408,52	285,14	96,44
% SOBRE EL TOTAL ANUAL	1,23	9,61	21,61	34,93	24,38	8,25

#### DISPONIBILIDAD MENSUAL DE HORAS POR PERIODOS (6días riego)/semana

	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE
<b>P1</b>				177		
<b>P2</b>				168		
<b>P3</b>			170		177	170
<b>P4</b>	170	177	132		138	132
<b>P5</b>	132	138				
<b>P6</b>	315	322	315	322	322	315
<b>TOTAL</b>	<b>617</b>	<b>638</b>	<b>617</b>	<b>668</b>	<b>638</b>	<b>617</b>

DISTRIBUCIÓN POR PERIODOS /MES

	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	TOTAL ANUAL
P1							
P2				86,52			86,52
P3							
P4							
P5							
P6	14,33	112,35	252,77	322,00	285,14	96,44	1083,02
TOTAL	14,33	112,35	252,77	408,52	285,14	96,44	1169,54

**Tabla 4.10.-** Distribución horaria del uso habitual de un bombeo directo considerado en el cálculo del coste energético del bombeo del Sector I del Canal de San José. Cálculos realizados a partir de datos medios de estaciones de bombeo similares sin placas solares.

Para la estimación de los costes energéticos del bombeo se estimarán las fracciones del bombeo que se utilizan de forma habitual, en bombeos directos semejantes al proyectado, pero que no tienen placas fotovoltaicas, durante la campaña de riego por el coste energético en cada franja horaria.

Para estimar el precio ponderado del Kwh en cada período se tiene en cuenta el coste de la energía consumida, el coste de la potencia contratada, así como el impuesto específico de electricidad, el IVA vigente y un incremento anual del coste de la energía del 4% (que afecta por igual tanto al término de energía como al término de potencia) para obtener los costes unitarios promedio que intervienen en la facturación eléctrica durante el período de vida de la red.

Los costes unitarios del término de energía y del término de potencia dependen del tipo de tarifa escogida (función de la tensión de alimentación y de la potencia total a instalar), que en este caso es tarifa general 6.2, ya que la línea eléctrica de donde se pretende conectar es de 45.000 V y la potencia necesaria es mayor que 450 kW.

Los peajes por el término de energía (€/kw y año) que se aplicará para calcular los costes energéticos son los publicados en el BOE nº 312 de 28 de diciembre de 2019 para el año 2020.

PERIODOS	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
Te (€/ kW / año)	0,015587	0,011641	0,006204	0,003087	0,001993	0,001247

**Tabla 4.11:** Peajes por el término de energía (€/kw y año). Orden TEC/1258/2019, de 20 de diciembre.

Teniendo en cuenta la distribución de horas de bombeo en las franjas horarias por meses y el precio €/KW/año en cada uno de los periodos se calcula el precio ponderado medio del término de energía que sería el siguiente:

$$(86,52 * 0,011641) + (1083 * 0,001247) / 1169,5 = 0,002016 \text{ €/kw.año}$$

$$\text{Precio del peaje €/ Kw/año ponderado: } 0,002016 \text{ €/kwh}$$

Sobre este precio se le aplica el impuesto sobre la electricidad que actualmente corresponde a un 5,11269% resultando un precio ponderado por kwh: **0,002118991**

Los precios del término de energía (Te) son precios medios de 2019 de distintas comunidades de regantes actuales para suministro en alta tensión en tarifa 6.2, teniendo en cuenta los peajes serían:

PERIODOS	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
Te (€/ kWh)	0,079685	0,078271	0,077768	0,077539	0,072995	0,070286

**Tabla 4.12:** Precios medios término de energía (€/kwh). Precios medios de Comunidades de regantes próximas.

Teniendo en cuenta la distribución de horas de bombeo en las franjas horarias por meses y el precio €/KWh en cada uno de los periodos se calcula el precio ponderado medio del término de energía que sería el siguiente:

$$(86,52 * 0,078271) + (1083 * 0,070286) / 1169,5 = 0,070876711 \text{ €/kwh}$$

Precio Kwh ponderado: 0,07087671 €/kwh

Sobre este precio se le aplica el impuesto sobre la electricidad que actualmente corresponde a un 5,11269% resultando un precio ponderado por kwh: **0,07450042 €/kwh**.

Por lo tanto, el precio ponderado por kwh incluyendo los peajes: **0,07661941€/kwh**.

Los precios del término de potencia (Tp) que se aplicará para calcular los costes energéticos son los publicados en el BOE nº 312 de 28 de diciembre de 2019 para el año 2020. (Orden TEC/1258/2019).

PERIODOS	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6
Tp (€/ kW / año)	22,158348	11,0887	8,115134	8,115134	8,115134	3,702649

**Tabla 4.13:** Precios del término de potencia (Tp) (€/kw y año). Orden TEC/1258/2019, de 20 de diciembre

Según la situación actual de contratación de estaciones de bombeo directo similares a la proyectada se calcula el coste medio de la potencia contratada considerando que se contratará el 5% en P1, 50% de la potencia máxima en P2, P3, P4, P5 y el 100% de potencia máxima en P6. Teniendo en cuenta el máximo de potencia necesaria en el caso de bombeo directo a red desde el Azud de Villaralbo que será 1850 kw por lo tanto el precio ponderado será:

$$\frac{(100 * 22,158348) + (900 * 11,0887) + (900 * 8,115134) + (900 * 8,115134) + (900 * 8,115134) + (1850 * 3,702649)}{5500}$$

Precio €/Kw/año ponderado: 7,379536441. Sobre este precio se le aplica el impuesto sobre la electricidad que actualmente corresponde a un 5,11269% resultando un precio ponderado por €/kw/año: **7,756829263 €/Kw/año**.

#### 4. ALTERNATIVAS PLANTEADAS

En cuanto a las diferentes alternativas de actuación planteadas y valoradas se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- **SISTEMA DE RIEGO EN PARCELA:**

- Riego por gravedad (**Alternativa Cero: no actuación**).
- Riego por presión (**actuación de modernización**).

- **SISTEMA DE RIEGO DE PRESIÓN PARA EL SECTOR:**

- Impulsión a una balsa elevada con cota para garantizar el riego a presión en parcela (**Alternativa I: Riego conjunto Sectores I-II con balsa elevada**).
- Impulsión directa a la red de riego desde una balsa de regulación hecha a pie de canal (**Alternativa II: Riego desde balsa a pie de canal, manteniendo el canal hasta la toma de la balsa**).
- Impulsión directa a la red de riego desde el Azud en el río Duero existente en el Término Municipal de Villaralbo (**Alternativa III: Riego directo desde el río con toma en el Azud de Villaralbo. Red 1. Opción de materiales 1**).
- Impulsión directa a la red de riego desde el Azud en el río Duero existente en el Término Municipal de Villaralbo (**Alternativa IV: Riego directo desde el río con toma en el Azud de Villaralbo. Red 2. Opción de materiales 1**).
- Impulsión directa a la red de riego desde el Azud en el río Duero existente en el Término Municipal de Villaralbo (**Alternativa V: Riego directo desde el río con toma en el Azud de Villaralbo. Red 1. Opción de materiales 2**).

#### 4. 1. ALTERNATIVA CERO: NO ACTUACIÓN

La primera alternativa que debe plantearse es la no actuación, manteniendo las infraestructuras tal como se encuentran. Actualmente el agua utilizada para el riego de toda la zona regable del Canal de San José proviene del Embalse de San José(masa 200674); se dispone de una única toma en la propia Presa.

La distribución de agua por toda la zona regable se realiza a través de dos canales o acequias principales, siendo el propio Canal de San José el que transporta el agua hasta este Sector I de la zona regable:

El Canal de San José: Se puso en funcionamiento en el año 1946, aunque posteriormente se han realizado varias reformas, siendo la más importante la realizada en 1963. El canal tiene una longitud total de 50,9km, está revestido de hormigón y tiene sección variable, con capacidad en origen para 5,5 m<sup>3</sup>/s:

- Sección trapezoidal: 39,602 km
- Sección Rectangular: 5,297 km
- Sección circular: 2,572 km
- 7 Túneles: 3,429 km

Desde el municipio de Villalazán hasta el punto de entronque con el desagüe que procede de Morales del Vino encontramos los siguientes elementos en el Canal de San José:

- Sección trapezoidal (4,8 m<sup>2</sup>): 5,34 km
- Sección Rectangular (2,40 m<sup>2</sup>): 3,79 km
- 3 túneles: 2,4 km
- Tramo final coincidente con el desagüe procedente de Morales:1,3 km

Como infraestructuras principales del riego existentes actualmente en el Sector I de la zona regable del Canal de San José encontramos:

Denominación	UDS
<b>ACEQUIAS PRINCIPALES</b>	
El lindón (ml)	3.666
Canal de San Miguel (ml)	3.942
<b>ACEQUIAS SECUNDARIAS (ml)</b>	31.960
Chimeneas y sifones (ud)	37
Arquetas (ud)	74
Muros (ud)	3

**Tabla 4.14:** Principales infraestructuras de riego existentes en el Sector I de la Zona regable del Canal de San José.

#### 4. 2. ALTERNATIVA I (ALT1): RIEGO DEL SI Y SII DESDE UNA Balsa ELEVADA.

Como primera alternativa se ha estudiado la posibilidad técnica, económica y medioambiental de realizar el riego conjunto de los sectores I y II del Canal de San José desde una balsa elevada que se ubicaría en el punto más próximo con topografía adecuada, ubicada en las proximidades de la Parcela 4 del Polígono 1 del TT.MM de Toro en el paraje denominado de las Contiendas.

- Superficie regada (SI y SII): 1960 ha
- Caudal ficticio continuo:0,81 l/s.ha
- Parcela ubicación de la balsa: Próxima a Parcela 4 del Polig 1 del TT.MM. de Toro (Máx.cota:698/ Min cota: 694,3).

- Máxima cota de riego en SII: 642
- Mínima cota de riego en SII: 632
- Máxima cota de riego en SI: 632
- Mínima cota de riego en SI: 626
- Diferencia de cota entre máxima entre los dos sectores de riego: 16 m.c.a
- Caudal de bombeo en la impulsión: 1,960m<sup>3</sup>/s.
- Capacidad mínima de la balsa 295.000 m<sup>3</sup> (bombeo durante 8h en P6)
- Toma de agua: directa del Duero a la altura del azud de la granja Florencia.
- Ubicación de la Estación de bombeo: En las proximidades de la Granja Florencia (Cota en la aspiración: 626).
- Altura de bombeo (considerando una altura máxima en balsa de 698): 77 m.c.a
- Potencia instalada en la EB (Considerando un rendimiento de las bombas del 80% y de los motores del 90%): 2100 kW.
- Longitud de tubería de unión del SI y SII: 3976 m
- Diámetro de la longitud de la tubería de unión SI y SII: DN 1200 cm

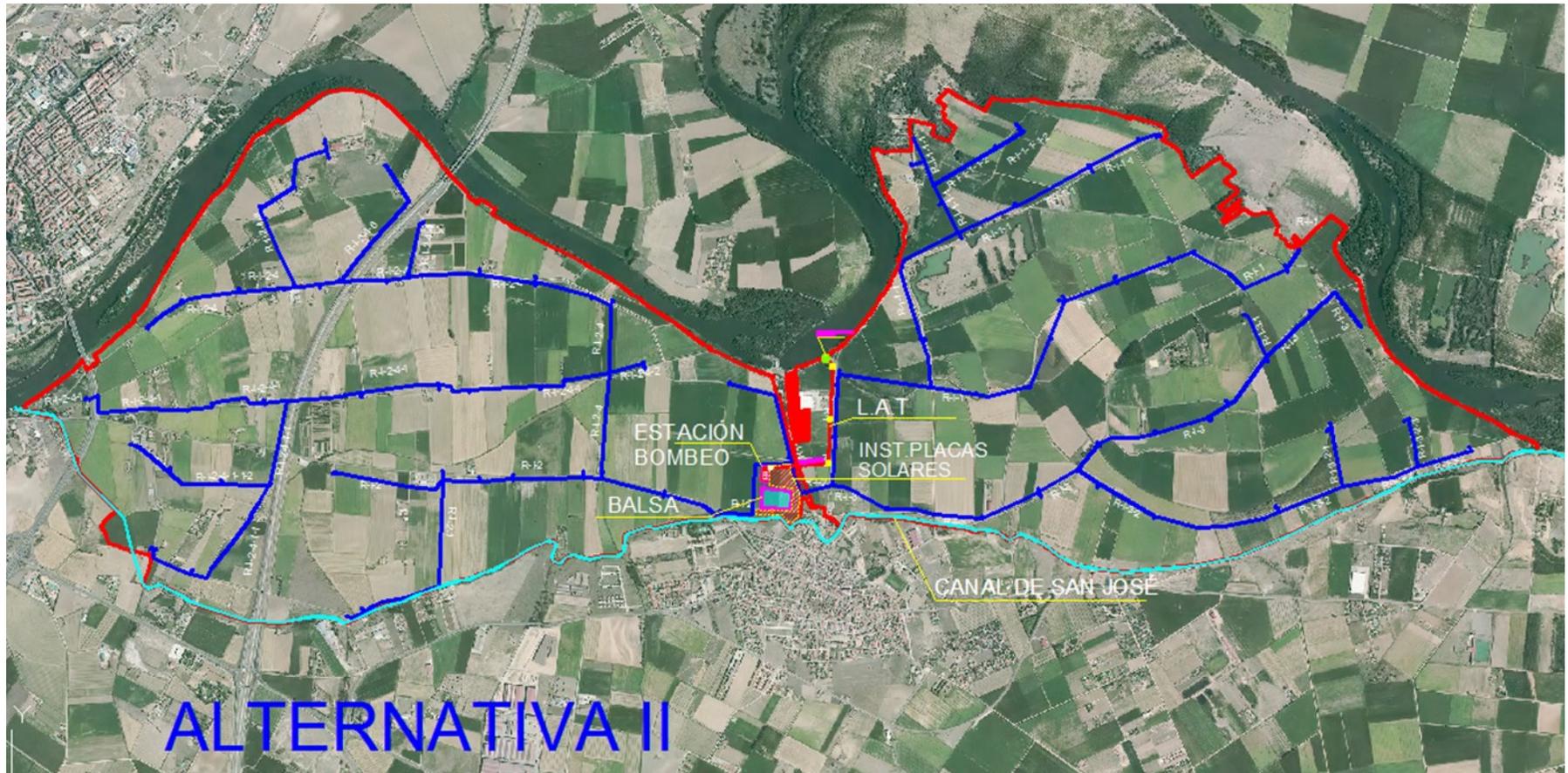
A continuación, se presenta el esquema representativo de esta primera alternativa planteada.



**Mapa 4.-** Alternativa I: Riego conjunto del SI y SII del Canal de San José desde balsa elevada situada próxima a la parcela 4 del políg 1 del TT.MM de Toro.

#### **4. 3. ALTERNATIVA II (ALT2): RIEGO DEL SI MEDIANTE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE Balsa de Regulación Ubicada a Pie del Canal de San José. Manteniendo el Canal de San José.**

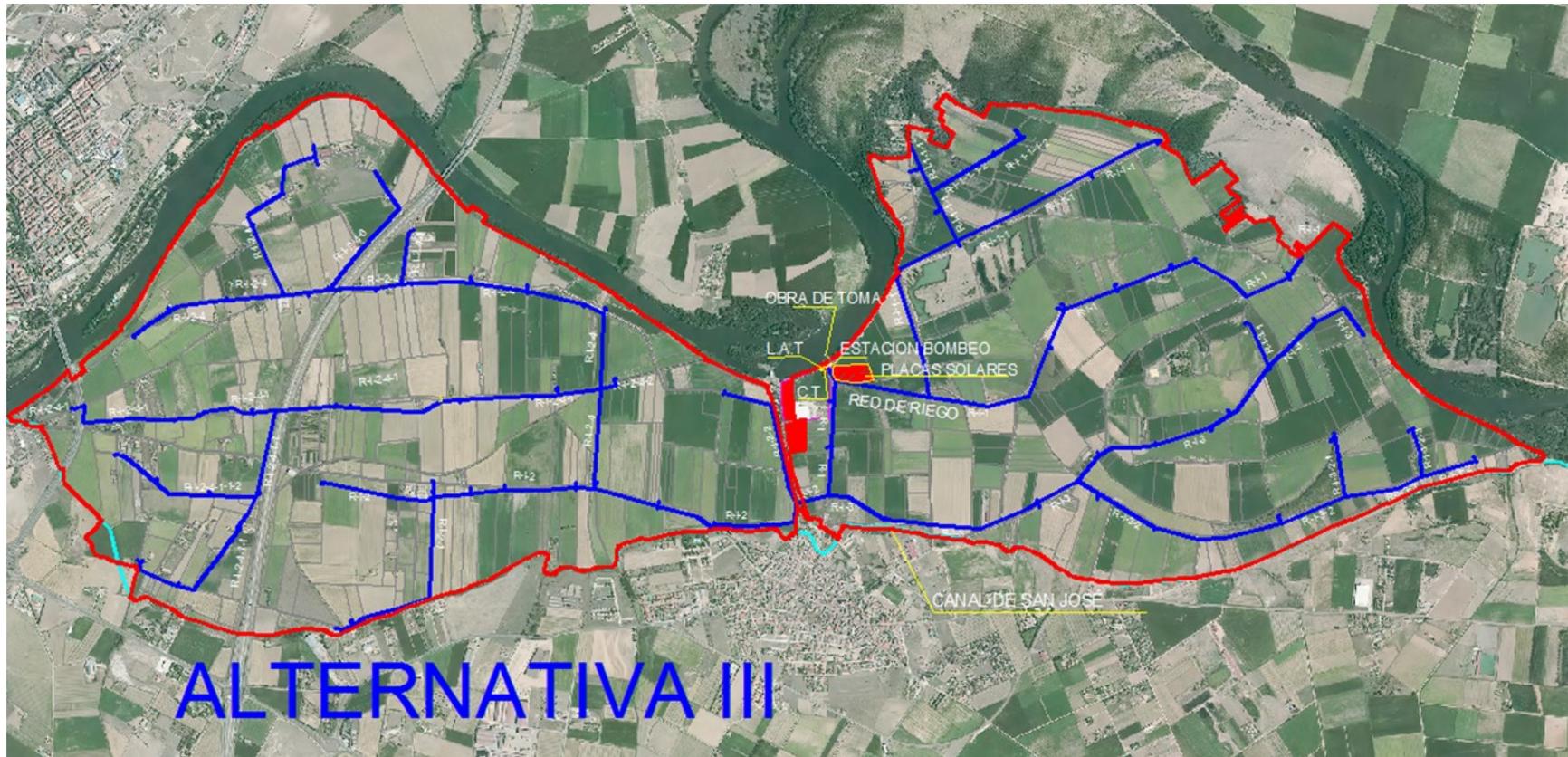
- Superficie regada (SI): 1140 ha
- Caudal ficticio continuo: 0,81 l/s.ha
- Máxima cota de riego en SI: 632
- Mínima cota de riego en SI: 626
- Diferencia de cota máxima en el sector de riego: 6m.c.a
- Ubicación de la Estación de bombeo: En las proximidades de la parcela 224 del polígono 1 del TTMM de Villaralbo (Cota mínima en la aspiración: 628).
- Toma de agua: Desde el Canal de San José.
- Dotación en el canal 1 l/s.ha.
- Caudal que llega a través del canal: 1,144 m<sup>3</sup>/s
- Caudal de bombeo en la impulsión: 1,687m<sup>3</sup>/s (Bombeo con una jornada efectiva de riego de 16,4 h).
- Necesidad de una balsa de regulación con capacidad mínima (para garantizar el caudal necesario para 2 días de riego en el mes de máximas necesidades): 190.000 m<sup>3</sup>
- Altura de bombeo (considerando una altura mínima en hidrante de 50 m.c.a): 64,5 m.c.a
- Potencia instalada en la EB (Considerando un rendimiento de las bombas del 80% y de los motores del 90%): 1700 kW.
- Suministro eléctrico en el Apoyo 305 de la L.A.T de 45Kv “Circunvalación III”(05) de la ST “Zamora”(3022).
- Instalaciones eléctricas necesarias: Centro de Transformación de 45kV a 400V y línea eléctrica (840m de longitud y 4 postes metálicos, el primero de ellos con un OCR telemandado).
- Instalación de placas solares: se realizará una instalación fotovoltaica para dar suministro eléctrico a la estación de bombeo cuando la tarifa eléctrica es P1 Y P2. Dicha instalación tendrá capacidad para proporcionar una potencia total de 920 Kwp con una instalación de 2304 paneles (400Wp) y una superficie total necesaria de 3ha.
- Mantenimiento del canal: Es necesario mantener el Canal de San José hasta el punto de toma de la balsa (47,5 km).
- Materiales en la red:
  - PVC-O o PEAD (tramos con trazado complicado, pasos de desagüe, pasos bajo infraestructuras...): 160 mm  $\geq$  DN  $\leq$  630 mm
  - HPCC: 700 mm  $\geq$  DN  $\leq$  1200mm



Mapa 5.- Alternativa II: Riego del SI del Canal de San José desde balsa de regulación situada próxima al canal. Manteniendo el Canal de San José hasta este punto.

#### 4. 4. ALTERNATIVA III (ALT3): RIEGO DEL SI MEDIANTE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE AZUD EXISTENTE EN EL RÍO DUERO EN EL TT.MM DE VILLARALBO. DISEÑO DE RED OPCIÓN I.

- Superficie regada (SI): 1144 ha
- Caudal ficticio continuo: 0,81 l/s.ha
- Máxima cota de riego en SI: 632
- Mínima cota de riego en SI: 626
- Diferencia de cota entre máxima en el sector de riego: 6m.c.a
- Caudal de bombeo en la impulsión: 1,687m<sup>3</sup>/s (Jornada efectiva de riego 16,4h/día).
- Ubicación de la Estación de bombeo: En las proximidades de la parcela 10241 del polígono 1 del TTMM de Villaralbo (Cota en la aspiración: 623).
- Toma de agua: Directa desde el río Duero, en las proximidades del Azud de Villaralbo.
- Altura de bombeo (considerando una altura mínima en hidrante de 45 m.c.a): 70,5 m.c.a
- Potencia instalada en la EB (Considerando un rendimiento de las bombas del 80% y de los motores del 90%): 1850kW.
- Suministro eléctrico en el Apoyo 305 de la L.A.T de 45Kv “Circunvalación III”(05) de la ST “Zamora”(3022).
- Instalaciones eléctricas necesarias: Centro de Transformación de 45kV a 400V y línea eléctrica (25m de longitud y 2 postes metálicos, el primero de ellos con un OCR telemandado).
- Instalación de placas solares: se realizará una instalación fotovoltaica para dar suministro eléctrico a la estación de bombeo cuando la tarifa eléctrica es P1 Y P2. Dicha instalación tendrá capacidad para proporcionar una potencia total de 920 Kwp con una instalación de 2304 paneles (400Wp) y una superficie total necesaria de 2,6ha.
- Balsa de regulación: No es necesaria ya que la toma se realiza directamente desde el Azud existente.
- Mantenimiento del canal: No es necesario ya que se prescinde del Canal.
- Tapado del canal: Debe valorarse el tapado del tramo aéreo del canal, desde la salida del último túnel hasta el tramo final donde coincide en trazado con un desagüe procedente de Morales del Vino.
- Materiales en la red:
  - PVC-O o PEAD (tramos con trazado complicado, pasos de desagüe, pasos bajo infraestructuras...): 160 mm  $\geq$  DN  $\leq$  630 mm
  - HPCC: 700 mm  $\geq$  DN  $\leq$  1200mm



Mapa 6.- Alternativa III: Riego del SI del Canal de San José con bombeo directo desde Azud de Villaralbo. Opción de Red I.

#### **4. 5. ALTERNATIVA IV (ALT4): RIEGO DEL SI MEDIANTE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE AZUD EXISTENTE EN EL RÍO DUERO EN EL TT.MM DE VILLARALBO. DISEÑO DE RED OPCIÓN II.**

- Superficie regada (SI): 1144 ha
- Caudal ficticio continuo: 0,81 l/s.ha
- Máxima cota de riego en SI: 632
- Mínima cota de riego en SI: 626
- Diferencia de cota entre máxima en el sector de riego: 6m.c.a
- Caudal de bombeo en la impulsión: 1,687m<sup>3</sup>/s (Jornada efectiva de riego 16,4 horas/día).
- Ubicación de la Estación de bombeo: En las proximidades de la parcela 10241 del polígono 1 del TTMM de Villaralbo (Cota en la aspiración: 623).
- Toma de agua: Directa desde el río Duero, en las proximidades del Azud de Villaralbo.
- Altura de bombeo (considerando una altura mínima en hidrante de 50 m.c.a): 70,5 m.c.a
- Potencia instalada en la EB (Considerando un rendimiento de las bombas del 80% y de los motores del 90%): 1850kW.
- Suministro eléctrico en el Apoyo 305 de la L.A.T de 45Kv “Circunvalación III”(05) de la ST “Zamora”(3022).
- Instalaciones eléctricas necesarias: Centro de Transformación de 45kV a 690V y línea eléctrica (25m de longitud y 2 postes metálicos, el primero de ellos con un OCR telemandado).
- Instalación de placas solares: se realizará una instalación fotovoltaica para dar suministro eléctrico a la estación de bombeo cuando la tarifa eléctrica es P1 Y P2. Dicha instalación tendrá capacidad para proporcionar una potencia total de 920 Kwp con una instalación de 2304 paneles (400Wp) y una superficie total necesaria de 2,6ha.
- Balsa de regulación: No es necesaria ya que la toma se realiza directamente desde el Azud existente.
- Mantenimiento del canal: No es necesario ya que se prescinde del Canal.
- Tapado del canal: Debe valorarse el tapado del tramo aéreo del canal, desde la salida del último túnel hasta el tramo final donde coincide en trazado con un desagüe procedente de Morales del Vino.
  
- Materiales en la red:
  - PVC-O o PEAD (tramos con trazado complicado, pasos de desagüe, pasos bajo infraestructuras...): 160 mm  $\geq$  DN  $\leq$  630 mm
  - HPCC: 700 mm  $\geq$  DN  $\leq$  1200mm



Mapa 7.- Alternativa IV: Riego del SI del Canal de San José con bombeo directo desde Azud de Villaralbo. Opción de Red II. Materiales I.

## 5. ESTUDIO DE COSTES Y VIABILIDAD MEDIOAMBIENTAL DE LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS

### 5. 1. ALTERNATIVA CERO: NO ACTUACIÓN

Se considera como alternativa la no ejecución de la obra y por lo tanto la no modernización de la zona regable del Canal de San José.

Las ventajas que plantearía esta alternativa serían:

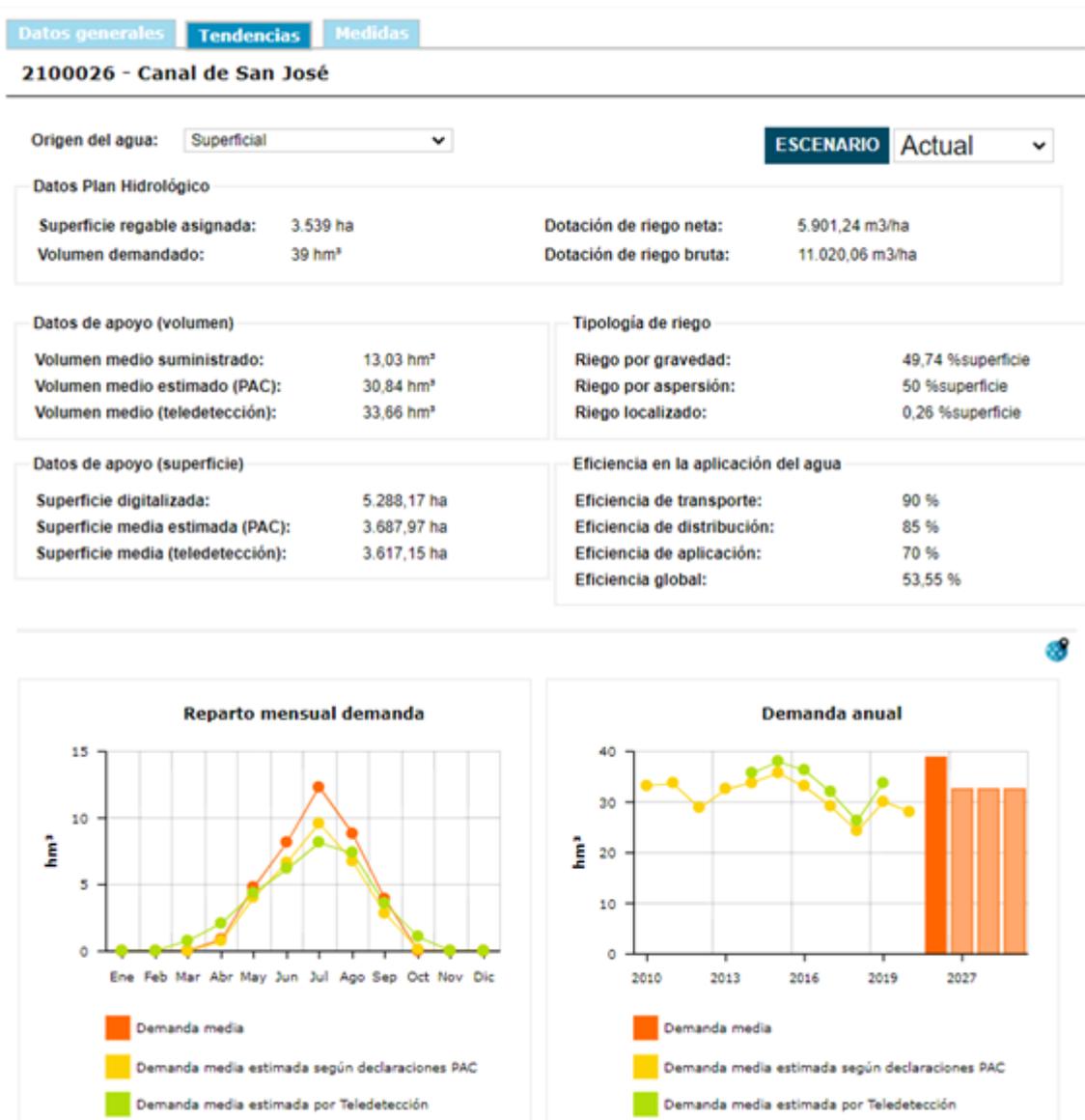
- No supone costes de inversión.
- No se realizan afecciones al medio ambiente que pueden suponer la realización de las obras.

Los inconvenientes de esta alternativa serían:

- El método de riego actual es en un 50% a pie, con nivel de tecnificación escaso. Si no se acomete la modernización se elimina la posibilidad de mejorar la calidad de vida de los agricultores y los rendimientos agrícolas de la zona.
- Debido al paso del tiempo la red de acequias y canal actualmente presenta un deterioro considerable. Esta situación supone un mayor consumo del recurso hídrico e implica problemas ambientales y económicos, que hacen difícil mantener una actividad agraria sostenible y viable en la zona. Concretamente, las infraestructuras de la zona regable presentan las siguientes deficiencias:
  - Pérdidas de agua en la distribución debidas a la baja eficacia en los sistemas de conducción y distribución del agua como son las roturas del canal o las acequias invadidas por la vegetación, entre otros. En cualquier caso sería necesaria la reparación de la red de canales y acequias de la zona regable con el coste que esto supone.
  - Carencia de infraestructuras de regulación, que permitan la gestión óptima del riego. Para que el agua llegue a todas las acequias de riego el canal debe ir siempre completamente lleno con la pérdida de agua que eso supone.
  - Sistema en el 50% de la superficie de riego por inundación o gravedad ante la inexistencia de bombeos comunitarios que garanticen la presión necesaria en parcela para realizar riegos por aspersión, más eficaces en el uso del agua.
  - La ausencia de sistemas de medida del volumen de agua utilizado.

La demanda bruta de agua por Ha en la Comunidad de Regantes del Canal de San José en una campaña normal, es muy superior a la dotación de riego actualmente establecida por el Organismo regulador de cuenca (Confederación Hidrográfica del Duero), por lo tanto actualmente no se puede garantizar el suministro de agua a toda la zona regable durante toda la campaña.

Según datos obtenidos del visor de la página Web de Confederación Hidrográfica del Duero\_ Mirame Duero la dotación bruta necesaria para garantizar el riego en esta zona son 11.273,58 m<sup>3</sup>/ha ya que la eficiencia global de la aplicación del agua es del 53,55%, por lo tanto, con las dotaciones establecidas actualmente para la zona Bajo-Duero es imposible garantizar un cultivo de regadío en esta vega si no se realiza la modernización. A continuación, se adjunta una imagen obtenida del Visor Mirame Duero en la que queda reflejada la actual situación de la zona regable del Canal de San José (referido a toda la Comunidad de regantes con un total de 4290ha, no 3539ha como se indica en la página).



**Imagen13.-** Alternativa Cero: Situación actual de la zona del I Canal de San José sin modernización. Fuente [www.mirame.chduero.es](http://www.mirame.chduero.es) (fecha de consulta 3/08/2021).

Se descarta esta alternativa ya que en la situación en que se encuentran las infraestructuras actuales de la comunidad de regantes no permite garantizar el suministro de agua a las parcelas que forman parte de la Comunidad de Regantes, obligando a la zona a hacer cultivos con riego en precario originando pérdidas económicas muy importantes a los agricultores. Esto es lo que ha sucedido en las tres últimas campañas de riego (2017,2018 y 2019) en las que se ha cortado el suministro de agua antes de finalizar la campaña.

Como consecuencia del análisis del estado actual de las infraestructuras y de las deficiencias en el riego en la zona regable del Canal de San José, se incluyó la modernización de la zona dentro de los programas de actuación contemplados en el Anejo 12\_Apéndice I del Plan hidrológico de la parte española de la D.H. Duero (2015-2021):

Dicha medida tiene el **Código 3.1\_6401058: MODERNIZACIÓN DE REGADÍOS DE LA CR DEL CANAL DE SAN JOSÉ.**

Según se establece en la propia página web de Confederación Hidrográfica del Duero dicha medida está clasificada de la siguiente forma:

- Nombre: Modernización de regadíos. CCRR Canal de San José.
- Plan de Referencia: 12-Ambos planes 2009-2015 y 2016-2021
- Programa: Plan Nacional de Regadíos (PLNA005)
- Naturaleza: Obra
- Estado: no comenzada
- Grupo: Modernización de regadíos.
- Subgrupo: Modernización de regadíos
- Tipo de objetivo: A1-Destinadas a cumplir OMAS de la DMA.
- Subzona: Bajo Duero
- Tipo reporting 2015: 03.-Reducción de la presión por extracción de agua
- Subtipo reporting 2015: 03.01- Mejora y eficiencia en el uso del agua (agricultura).
- Subtipo IPH (Instrucción de Planificación Hidrológica): 03.01.03- Modernización de regadíos en redes de transporte y distribución.
- Referencia legal: 47- Medidas para fomentar un uso eficiente y sostenible del agua.

Por lo tanto, en base a todos los antecedentes descritos, la opción de no realizar la actuación se considera **NO VIABLE** desde el punto de vista técnico, económico y medioambiental.

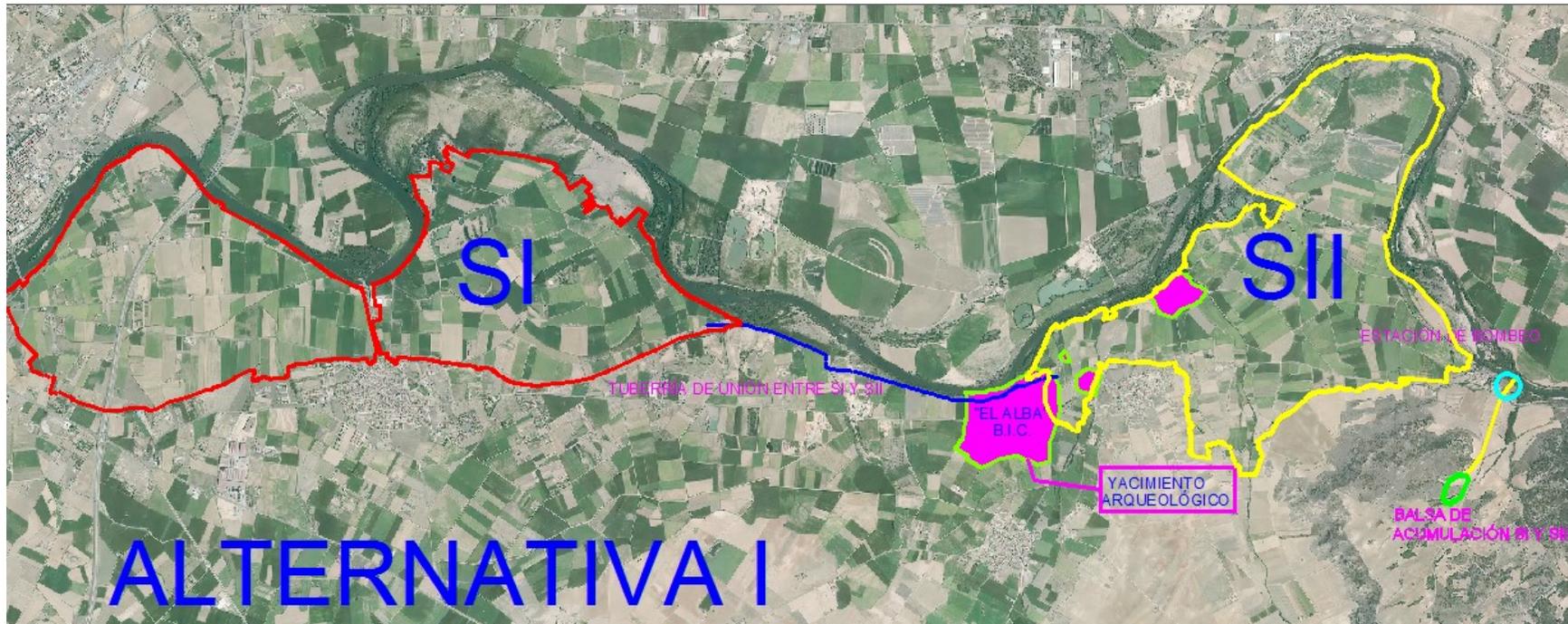
## 5. 2. ALTERNATIVA I (ALT1): RIEGO DEL SI Y SII DESDE UNA BALSA ELEVADA.

Técnicamente sería una alternativa viable.

Al realizar el trazado de la red de riego necesaria se ha descartado ya que la tubería que debe unir los dos sectores (3,9 km de tubería de diámetro DN 1200) afectaría de forma directa e importante al yacimiento arqueológico de “El Alba” con código 49-245-0001-01, ubicado a unos 1500 m al Oeste del Casco urbano de Villalazán declarado Bien de Interés Cultural desde el año 1994. Además, se afectarían las infraestructuras de riego ya modernizadas de la Comunidad de Regantes de Virgen del Aviso, con los daños a instalaciones que ocasionarían y la necesidad de realizar expropiaciones fuera de la zona regable.

Por todo lo dicho se considera esta alternativa **TÉCNICAMENTE VIABLE, PERO SE DESCARTA POR EL IMPACTO QUE PUEDE TENER SOBRE EL PATRIMONIO CULTURAL DE LA ZONA.**

A continuación, se incluye un mapa con la ubicación del yacimiento arqueológico del “Alba”, y el trazado de la tubería de unión entre el SI y SII quedando reflejada la afección necesaria a dicho Bien de Interés Cultural en el caso de ejecutar esta alternativa.



**Mapa7.-** Alternativa I: Riego conjunto del SI y SII del Canal de San José desde balsa elevada situada próxima a la parcela 4 del políg 1 del TT.MM de Toro. Afección al yacimiento arqueológico de "El Alba".

### **5. 3. ALTERNATIVA II (ALT2): RIEGO DEL SI MEDIANTE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE BALSA DE REGULACIÓN UBICADA A PIE DEL CANAL DE SAN JOSÉ. MANTENIENDO EL CANAL DE SAN JOSÉ.**

Esta alternativa sería Técnicamente viable. Pasamos a realizar un análisis multicriterio: medioambiental, funcional y económico de la alternativa.

#### **5.3.1. ANÁLISIS MULTICRITERIO MEDIOAMBIENTAL Y FUNCIONAL DE LA ALTERNATIVA II (ALT2).**

La ejecución de estas obras tendrá los impactos que se explicarán con detalle en posteriores apartados de este proyecto, derivados de la ejecución de las obras y posterior explotación de las instalaciones. Nos centramos en este apartado en realizar un análisis comparativo en aquellos elementos que diferencian las tres alternativas técnicamente viables (ALT2, ALT3 y ALT4).

Desde el punto de vista medioambiental y funcional las principales diferencias entre esta alternativa y las otras dos planteadas son:

	UBICACIÓN TOMA	VENTAJAS	INCONVENIENTES	VIABILIDAD
<p><b>ALTERNATIVA II</b></p> <p>RIEGO DEL SI MEDIANTE IMPULSION DIRECTA DESDE Balsa DE REGULACION UBICADA A PIE DEL CANAL DE SAN JOSE. MANTENIENDO EL CANAL DE SAN JOSE.</p>	<p>MANTENIMIENTO DEL CANAL (TOMA ÚNICA DEL CANAL DE SAN JOSÉ EN LA MASA 200674)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ MENOR ALTURA DE BOMBEO (AUNQUE LA ZONA ES MUY LLANA Y ESA DIFERENCIA NO SERÁ MAYOR DE 6M)</li> <li>➤ SE PUEDE GARANTIZAR EL SUMINISTRO DE AGUA FUERA DE CAMPAÑA PARA RIEGOS DE NASCENCIA, APOYO, LIMPIEZA DE REDES...SI SE DISPONE DE UNA Balsa DE REGULACIÓN A PIE DE CANAL DE SUFICIENTE CAPACIDAD. AUNQUE ESTO INCREMENTA LA INVERSIÓN</li> <li>➤ NO SE PRODUCE NINGUNA AFECCIÓN AL ZEC "RIBERAS DEL DUERO Y AFLUENTES" ES4170083 NI A LA ZEP 4100067 "RIO DUERO AGUAS ARRIBA DE ZAMORA" POR UBICACIÓN DE LA OBRA DE TOMA Y ESTACIÓN DE BOMBEO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ NO PERMITE EL APROVECHAMIENTO PARA EL RIEGO DEL SECTOR I DE LOS RETORNOS DE AGUA DEL RESTO DE LA ZONA REGABLE DEL CANAL DE SAN JOSE, S II Y III</li> <li>➤ LA NECESIDAD DE MANTENER EL CANAL EN SU TOTALIDAD NO PERMITIRÁ LA MEJORA EN LA CALIDAD ECOLÓGICA DE LAS MASAS DE AGUA 396 y 397 POR EL INCREMENTO DEL CAUDAL CIRCULANTE POR EL RÍO DESDE LA MASA 396 HASTA EL AZUD DE VILLARALBO (397). ESTE EFECTO POSITIVO SE PRODUCIRÁ SI SE HACE LA TOMA DIRECTA DEL RÍO EN EL AZUD DE VILLARALBO (397) Y SE REALIZA EL DESAGÜE FINAL DEL CANAL DE SAN JOSÉ EN VILLALAZÁN CON VERTIDO AL ARROYO ARIBALLOS QUE DESEMBOCA A LA MASA 396, BENEFICIANDO ESTOS RETORNOS A LA MASA 396 Y 397.</li> <li>➤ SE INCREMENTARÁ EL IMPACTO PRODUCIDO POR LAS OBRAS DE VALLADO Y REPARACIÓN DEL CANAL Y LA REALIZACIÓN DE ACCESOS PARA PODER REALIZAR SU MANTENIMIENTO. EL ARREGLO DEL CANAL EN LOS ÚLTIMOS 10 KM. DE LONGITUD ESTARÁ TOTALMENTE CONDICIONADO POR PATRIMONIO YA QUE EL TRAMO QUE UNE EL SI Y SII INCLUYE MÁS DE 2KM DE TÚNELES SITUADOS BAJO EL PERIMETRO DEL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO DEL ALBA CON CÓDIGO 49-245-0001-01. DECLARADO B.I.C EN 1994. SEGÚN EL INFORME DE ESTUDIO Y PROSPECCION ARQUEOLÓGICA REALIZADA EN EL PROYECTO, EN CASO DE AFECTARSE ESTE YACIMIENTO HABRÁ QUE HACER OTRO ESTUDIO EXCLUSIVO PARA VALORAR LA AFECCIÓN. PROBABLEMENTE EN CASO DE OBLIGAR AL MANTENIMIENTO DEL CANAL DE SAN JOSÉ EN ESTE TRAMO LA INFRAESTRUCTURA SE MANTENDRÁ EN SU ESTADO ACTUAL PARA NO AFECTAR A ESTE B.I.C.</li> <li>➤ SI CONDICIONAMOS LA MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO EN ESTE SECTOR AL MANTENIMIENTO DEL CANAL, SE MANTIENE LA DIFICULTAD QUE EXISTE ACTUALMENTE, DERIVADA DE LA COMPLEJIDAD DE GESTIONAR UN CANAL DE 50KM DE LONGITUD SIN SISTEMAS DE REGULACIÓN. (EXISTEN 45KM DE SEPARACIÓN ENTRE LA TOMA DE AGUA Y LA UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO PLANTEADA Y NO EXISTEN SISTEMAS DE REGULACIÓN EN EL CANAL. ESTE ES EL GRAN PROBLEMA EXISTENTE ACTUALMENTE EN ESTE SECTOR DE RIEGO QUE NO PODRÁ EVITARSE CON LA MODERNIZACIÓN.</li> <li>➤ MAYOR IMPACTO AMBIENTAL POR LA EJECUCIÓN DE LA LÍNEA ELÉCTRICA YA QUE EL PUNTO DE SUMINISTRO ELÉCTRICO FACILITADO POR LA COMPAÑÍA SE UBICA EN LAS PROXIMIDADES DEL AZUD DE VILLARALBO (ES NECESARIO EJECUTAR UNA L.A.T. DE 1KM APROXIMADAMENTE)</li> <li>➤ MAYOR IMPACTO AMBIENTAL (POR LA EJECUCIÓN DE LA Balsa DE REGULACIÓN). CON UNA OCUPACIÓN APROXIMADA DE 3HA.</li> <li>➤ MAYORES COSTES DE MANTENIMIENTO QUE LAS ALTERNATIVAS CON TOMA DESDE RÍO Balsa+RED+ESTACIÓN DE BOMBEO+CANAL (45KM)</li> <li>➤ PROBLEMAS DE MANTENIMIENTO DEBIDO A LA INACCESIBILIDAD DEL CANAL EN VARIAS ZONAS DE SU TRAZADO, SIN CAMINO DE ACCESO Y TOTALMENTE INVADIDO POR LA VEGETACIÓN (PRINCIPALMENTE EN LA ZONA DE LA GRANJA FLORENCIA Y EL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO DEL ALBA (DECLARADO B.I.C. EN 1994)).</li> <li>➤ PÉRDIDAS DE AGUA EN LA DISTRIBUCIÓN DEBIDAS A LA EVAPORACIÓN, EL MAL ESTADO Y FISURAS DEL CANAL QUE NO PODRÁN ELIMINARSE (GENERADAS POR EL RECRECIMIENTO REALIZADO EN LA ZONA DE VILLALAZÁN PARA QUE LLEGUE SUFICIENTE CAUDAL DE AGUA AL SECTOR I (COLA DE CANAL).</li> <li>➤ PROBLEMAS DE RESPONSABILIDAD CIVIL EN CASO DE ACCIDENTES POR CAÍDA AL CANAL YA QUE EL CANAL DE SAN JOSÉ NO ESTÁ VALLADO EN TODO SU TRAZADO (50KM).</li> <li>➤ NECESIDAD DE VACIADO DEL CANAL CADA 15 DÍAS DURANTE LA CAMPAÑA DE RIEGO PARA INTENTAR EL SECADO Y ELIMINACIÓN DE LAS ALGAS QUE PROLIFERAN EN EL MISMO. ESTA CIRCUNSTANCIA CONDICIONA EL RIEGO ACTUALMENTE Y CONDICIONARÁ DE FORMA IMPORTANTE LA MODERNIZACIÓN DEL RIEGO SI SE MANTIENE ESTA INFRAESTRUCTURA, YA QUE, LAS ALGAS SEGUIRÁN PROLIFERANDO EN EL CANAL Y HABRÁ QUE REALIZAR PARADAS PERIÓDICAS TAMBIÉN CON LAS FUTURAS INSTALACIONES, PERDIENDO TIEMPO DE RIEGO Y ENCARECIENDO TANTO EL DISEÑO DE LAS INFRAESTRUCTURAS COMO EL MANTENIMIENTO POSTERIOR. SERÁ NECESARIA LA INSTALACIÓN DE REJAS AUTOMÁTICAS PARA LA ELIMINACIÓN DE LAS ALGAS Y TENER EN CUENTA ESTA CIRCUNSTANCIA EN EL DIMENSIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES, PERO NO SE PODRÁN ELIMINAR. ESTE PROBLEMA SE PRODUCE TAMBIÉN EN ZONAS REGABLES PRÓXIMAS DONDE SE MODERNIZÓ EL REGADÍO MANTENIENDO EL CANAL Y ESTA CIRCUNSTANCIA ESTÁ ENCARECIENDO Y DIFICULTANDO ENORMEMENTE EL MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA MODERNIZADA HASTA EL PUNTO DE IMPEDIR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DURANTE LA CAMPAÑA.</li> <li>➤ PRESENCIA DE ARRASTRES DE TIERRA, PIEDRAS Y VEGETACIÓN DENTRO DEL CANAL. ESTA CIRCUNSTANCIA DIFICULTA ENORMEMENTE EL MANTENIMIENTO DE ESTA INFRAESTRUCTURA YA QUE EN VARIOS TRAMOS NO EXISTE CAMINO DE ACCESO PARA REALIZAR LA LIMPIEZA Y EXISTEN NÚMEROS PUNTOS DONDE SE PRODUCEN ARRASTRES AL INTERIOR DEL CANAL. SI SE MANTIENE ESTA INFRAESTRUCTURA, NO PODRÁN EVITARSE ESTOS ARRASTRES, QUE EJERCERÁN UN EFECTO DE DESGASTE IMPORTANTE EN LOS ELEMENTOS INSTALADOS EN LA MODERNIZACIÓN (FILTROS, BOMBAS, VÁLVULAS, HIDRANTES...). ESTE PROBLEMA SE ESTÁ MANIFESTANDO EN ZONAS REGABLES PRÓXIMAS DONDE SE MODERNIZÓ EL REGADÍO MANTENIENDO EL CANAL Y ESTA CIRCUNSTANCIA ESTÁ ENCARECIENDO Y DIFICULTANDO ENORMEMENTE EL MANTENIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA MODERNIZADA HASTA EL PUNTO DE IMPEDIR EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DURANTE LA CAMPAÑA.</li> </ul>	<p>ESTA ALTERNATIVA SE CONSIDERA TÉCNICA Y MEDIOAMBIENTALMENTE VIABLE PERO NO SE CONSIDERA LA MEJOR SOLUCIÓN POR EL GRAN NÚMERO DE INCONVENIENTES QUE PRESENTA</p>

**Tabla 4.15:** Análisis multicriterio de la Alternativa II para la modernización del Sector I de zona regable del Canal de San José: Riego mediante impulsión directa desde balsa ubicada a pie del canal de San José. Manteniendo el Canal de San José.

### 5.3.2. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA ALTERNATIVA II (ALT2).

#### A.) COSTE DE LA Balsa DE REGULACIÓN :

El tamaño mínimo necesario de la balsa debe ser suficiente para regar todo el Sector I durante 48 horas. En este dimensionado se tiene en cuenta la dependencia que tiene esta alternativa del estado del canal, ya que debemos garantizar que se podrá dar suministro por ejemplo durante el período que debe cortarse el canal para forzar el secado de las algas que proliferan en el mismo:

<b>Superficie regada</b>	<b>1141</b>	<b>Ha</b>
<b>Caudal ficticio continuo</b>	<b>0,81</b>	<b>l/s Ha</b>
<b>Máximas necesidades diarias mes julio (24H)</b>	<b>95472</b>	<b>m3/día</b>
<b>Capacidad de la balsa para 48 h de suministro</b>	<b>190000</b>	<b>m3</b>

**Tabla 4.16:** Dimensión mínima de la balsa del Sector I de zona regable del Canal de San José. Alternativa II.

El coste de inversión para la ejecución de una balsa de 190000 m<sup>3</sup>, según los costes de las balsas ejecutadas en obras similares a esta ronda los **1.900.000 €** (incluyendo movimientos de tierra, impermeabilización PEAD, drenajes, obra de toma y entrada de agua, desagüe de la balsa y aliviadero y todas las infraestructuras asociadas a la balsa). Además, debe considerarse las necesidades de superficie en torno a 3ha de terreno de regadío para la construcción de la balsa.

#### B.) COSTE DE LA RED DE RIEGO:

Se ha realizado la simulación de la red de riego con el programa SIGOPRAM. Para una jornada efectiva de riego de 16,4h, con un caudal de bombeo de 1,687 m<sup>3</sup>/s y una altura de bombeo de 64,5 m.c.a. resulta la siguiente red de riego. A continuación, se incluye el cuadro resumen de dicha red de riego con su valoración: **3.342.081,45€**.

**ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LA RED DE RIEGO DEL SECTOR I DEL CANAL DE SAN JOSÉ  
ALTERNATIVA II**

MATERIAL	LONGITUD	MATERIAL	COSTE/ML tubería	COSTE DE INSTALACIÓN /ML tubería (Incluye valv, p.esp, anclajes, vent, desagues, pasos especiales...)	COSTE DE INSTALACIÓN /ML tubería y resto de elementos (Incluye valv, p.esp, anclajes, vent, desagues, pasos especiales...)	TOTAL
HORMIGÓN POSTESADO CON CAMISA DE CHAPA (HPCC)	53	HPCC 1200-10	252,77	190	442,77	23.466,81
	0	HPCC 1100-10	231,65	175	406,65	0,00
	1053,22	HPCC 900-10	159,14	170	329,14	346.656,83
	515,11	HPCC 800-10	140,3	160	300,3	154.687,53
	2788	HPCC700-10	123,15	140	263,15	733.662,20
POLIETILENO ALTA DENSIDAD (PEAD)	1261,59	PEAD 500-10	96,27	75	171,27	216.072,52
	318,31	PEAD 400-10	61,69	55	116,69	37.143,59
	505,76	PEAD 315-10	32,57	35	67,57	34.174,20
	0,00	PEAD 250-10	20,1	30	50,1	0,00
	217,69	PEAD 200-10	15,5	20	35,5	7.728,00
	148,64	PEAD 180-10	12,57	20	32,57	4.841,20
	1546,00	PEAD 160-10	9,94	20	29,94	46.287,24
FUNDICIÓN (FUND)	732,83	FUND 600-10	93,68	85	178,68	130.942,06
	5336,83	FUND 500-10	61,81	75	136,81	730.131,71
PVC ORIENTADO (PVCO)	3539,74	PVCO 400-16	32,57	55	87,57	309.975,03
	5620,77	PVCO 315-16	20,13	35	55,13	309.873,05
	2367,04	PVCO 250-16	12,72	30	42,72	101.119,95
	2363,41	PVCO 225-16	11,025	30	41,025	96.958,90
	1047,39	PVCO 200-16	8,52	23,93	32,45	33.987,81
	904,04	PVCO 160-16	6,4	20,56	26,96	24.372,82

**LONGITUD TOTAL 30319,37**

**TOTAL IMPORTE ESTIMADO RED DE  
RIEGO ALTERNATIVA II**

**3.342.081,45 €**

**Tabla 4.17:** Estimación del coste de la red de riego Alternativa II.

### C.) COSTE DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO:

La principal diferencia entre la alternativa II y alternativa III es la potencia instalada en este caso según los motores necesarios sería 1700 Kw. En el caso de esta alternativa se plantean los siguientes equipos de bombeo:

- 4+1 Bombas principales con motor de 355kW, caudal 372l/s, altura de bombeo 64,5m.c.a.
- 2 Bombas auxiliares con motor de 110kW, caudal 100 l/s, altura de bombeo 64,5m.c.a.

Según costes de ejecución de otras estaciones de bombeo similares, el coste aproximado de la E.B para esta potencia sería **1.700.000€** incluida la BT.

Además, debe considerarse la obra de toma realizada en el canal y equipos de filtrado con un importe para estos caudales de **100000 €**.

### D.) COSTE DE LAS INSTALACIONES DE A.T:

Centro de Transformación de 45kV a 400V y línea eléctrica se plantea la instalación de dos trafos:

- TRAFO 1 de 2000 KVA/45 KV/400V
- LÍNEA ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN 45KV: 840m de longitud (4 apoyos metálicos)
- 2 OCR Telemandado de corte efectivo según condiciones de la compañía.

Según proyectos similares realizados en otras estaciones de bombeo esta instalación tiene un coste aproximado de **440.000 €** (de los cuales 2/3 corresponderían a la subestación transformadora (290000€) y el resto corresponden a la línea eléctrica y el OCR.

### E.) COSTE Y PRODUCCIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA:

Tal como se ha expuesto se proyecta realizar una instalación fotovoltaica para dar suministro eléctrico a la estación de bombeo cuando la tarifa eléctrica es P1 Y P2. La potencia instalada serán 920 kwp que garantizan el suministro parcial a la estación de bombeo. Ocupará un espacio de 2,6 ha y tiene un coste aproximado de 670.000€.

La instalación fotovoltaica genera un beneficio ya que permite un ahorro en la factura energética de la instalación. De la producción fotovoltaica mensual sólo se podrá aprovechar una parte en función de las demandas mensuales, obtenidas a partir del plan de bombeo establecido en el apartado 3.12:

MES	kwh/día fotovoltaica	Kw/mes fotovoltaica	Kw/mes necesidades totales	Consumo fotovoltaico	% suministro fotovoltaico sobre las necesidades
<b>Marzo</b>	4.394	114248,16	18090	18090	100,00
<b>Abril</b>	5.248	136440,72	27940	27940	100,00
<b>Mayo</b>	7.026	182679,12	189170	182679,12	96,57
<b>Junio</b>	6.499	168985,44	422113	168985,44	40,03
<b>Julio</b>	7.575	196953,12	472180	196953,12	41,71
<b>Agosto</b>	6.832	177643,44	522490	177643,44	34,00
<b>Septiembre</b>	5.712	148515,12	175100	148515,12	84,82
<b>Octubre</b>	3.365	87478,56	26670	26670	99,89
<b>TOTAL</b>		<b>1.212.943,68</b>	<b>1.853.753,00</b>	<b>947.476,24</b>	<b>51,11</b>

**Tabla 4.18:** Cálculo del consumo energético procedente de la producción fotovoltaica.

### E. 1) ESTIMACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO DE LA INSTALACIÓN:

Para el cálculo de los gastos energéticos de la instalación en la alternativa 2 se toman los datos del plan de bombeo establecidos en el apartado 3.12, las potencias de las bombas descritas en el apartado B.3 y los precios ponderados de la energía obtenidos en el apartado 3.13.

MES	Kwh/mes necesidades totales	Consumo fotovoltaico (kwh/mes)	Coste energía procedente de la red (0,076763682 €/kwh)
<b>Marzo</b>	18090	18090	0
<b>Abril</b>	27940	27940	0
<b>Mayo</b>	189170	182679,12	498
<b>Junio</b>	422113	168985,44	19431
<b>Julio</b>	472180	196953,12	21127
<b>Agosto</b>	522490	177643,44	26472
<b>Septiembre</b>	175100	148515,12	2041
<b>Octubre</b>	26670	26670	0
<b>TOTAL</b>	<b>1.853.753,00</b>	<b>947.476,24</b>	<b>69569,14</b>

**Tabla 4.19:** Cálculo del coste de la energía procedente de la red (se ha descontado la producción fotovoltaica). Alternativa II.

**Coste anual de la potencia en Alternativa II:** Coste anual del término de potencia será el producto del coste ponderado de potencia €/Kw/año (7,756829263 €/Kw/año) multiplicado por el sumatorio de la potencia contratada en todos los periodos:

$$5200\text{kW (Alternativa II)} \times 7,756829263 = \mathbf{40.335,51 \text{ €/año}}$$

**Coste energético anual de la alternativa II (SIN IVA, descontado el ahorro de la producción fotovoltaica):** 69569,14€+40.335,51€=**109.904,65 € /año**

### F.) COSTE DEL ARREGLO DEL CANAL :

Tal como se explicó detalladamente en el apartado 1.2.2. de este documento, el Canal de San José se puso en funcionamiento en el año 1946, aunque posteriormente se han realizado varias reformas, siendo la más importante la realizada en 1963. En varios tramos del trazado se conserva la infraestructura original (principalmente en las zonas de túneles). El canal tiene una longitud total de 50,9km con una sección variable como ya se ha indicado.

Este canal presenta actualmente unas deficiencias importantes que, en algunos casos, condicionarían de forma importante la modernización del regadío si se obliga a mantener la infraestructura en su totalidad ya que no podrán solventarse:

- Problemas de regulación y gestión de agua en cabecera, que permitan un ahorro real en el consumo de agua.

Especialmente problemática es la situación en el Sector I (Zamora-Villalbalbo) donde no llega suficiente caudal de agua en las épocas de máxima demanda. El Canal no tenía suficiente capacidad para garantizar el riego de toda la zona regable y dicha circunstancia obligó a realizar un recrecido en la zona de Villalazán. Dicho recrecido supone una fisura continua en toda su longitud con pérdidas de agua continuas.

En la zona regable del Canal de San José este problema quedaría resuelto si se adopta la alternativa de proyecto III (Riego del SI mediante impulsión directa desde azud existente en el río Duero en el tt.mm de Villalbalbo. Diseño de red opción I). El Sector de cola (Zamora-Villalbalbo) se abastecería directamente del río aprovechando la existencia del Azud y se aprovecharían todos los retornos procedentes de los sectores II y III del Canal de San José, consiguiendo un aprovechamiento máximo del agua derivada en cabecera para el riego de estos sectores. De esta forma se simplificaría enormemente la regulación y la gestión del Canal de San José.

- Problemas de mantenimiento debido a la inaccesibilidad del Canal en varias zonas de su trazado, sin camino de acceso y totalmente invadido por la vegetación (principalmente en la zona de la Granja Florencia y el Yacimiento Arqueológico del Alba (declarado B.I.C. en 1994)).
- Pérdidas de agua en la distribución debidas a la evaporación, el mal estado y fisuras del canal que no podrán eliminarse (generadas por el recrecimiento realizado en la zona de Villalazán para que llegue suficiente caudal de agua al Sector I (Cola de canal)).
- Problemas de responsabilidad civil en caso de accidentes por caída al canal ya que el Canal de San José no está vallado en su trazado (50km).
- Necesidad de vaciado del Canal cada 15 días durante la campaña de riego para intentar el secado y eliminación de las algas que proliferan en el mismo. Esta circunstancia condiciona el riego actualmente y condicionará de forma importante la modernización del riego si se mantiene esta infraestructura, ya que, las algas seguirán proliferando en el canal y habrá que realizar paradas periódicas también con las futuras instalaciones, perdiendo tiempo de riego y encareciendo tanto el diseño de las infraestructuras como el mantenimiento posterior. Será necesaria la instalación de rejas automáticas para la eliminación de las algas y tener en cuenta esta circunstancia en el dimensionamiento de las instalaciones, pero no se podrán eliminar.
- Presencia de arrastres de tierra, piedras y vegetación dentro del canal. Esta circunstancia dificulta enormemente el mantenimiento de esta infraestructura ya que en varios tramos no existe camino de acceso para realizar la limpieza y existen numerosos puntos donde se producen arrastres al interior del canal. Si se mantiene esta infraestructura, estos arrastres ejercerán un efecto de desgaste importante en los elementos instalados en la modernización (filtros, bombas, válvulas, hidrantes...).

Estos problemas condicionarán de forma importante la modernización en el caso de seleccionar esta alternativa y en muchos casos no podrán resolverse en la obra porque existen impedimentos arqueológicos, medioambientales y económicos que lo impiden.

Si se mantiene el suministro de agua a este sector a través del Canal habrá que realizar un arreglo y rehabilitación integral del canal en un tramo aproximado de 30 km, siempre que sea posible. Se estima que serán necesarias las siguientes actuaciones:

- Limpieza del canal.
- Tratamiento de juntas.
- Regularización de la solera y reparación de grietas y desconchamientos.
- Demolición y revestimiento en las secciones más dañadas en los distintos tramos.
- Revestimiento e impermeabilización del canal, recuperación del camino de servicio y de la banqueta existente en muchos tramos.
- Ejecución de varios tramos de drenajes longitudinales, laterales para sanear el canal.
- Impermeabilización de acueductos y túneles en varios tramos.
- Reparación y reconstrucción de varios acueductos (no se puede valorar ahora sin hacer un examen técnico de las infraestructuras existentes)
- Vallado del canal.

Teniendo en cuenta la dimensión del canal en los diferentes tramos y la complejidad de la reparación en muchos tramos se estima un coste aproximado de 1.800.000 € (con un coste aproximado de 420 €/ha ya que este coste debería asumirlo toda la superficie de la CR, no sólo el SI en el que estamos realizando el proyecto). El porcentaje de reparación que se repercutiría a este sector de riego sería proporcional a su superficie: 480480 €.

Además, hay que considerar un coste de mantenimiento del canal anual y los seguros de responsabilidad civil asociados de aproximadamente 30 €/ha.

#### **5. 4. ALTERNATIVA III (ALT3): RIEGO DEL SI MEDIANTE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE AZUD EXISTENTE EN EL RÍO DUERO EN EL TT.MM DE VILLARALBO. DISEÑO DE RED OPCIÓN I.**

Esta alternativa sería Técnicamente viable. Pasamos a continuación a valorar el coste de los elementos de esta alternativa.

##### **5.4.1. ANÁLISIS MULTICRITERIO AMBIENTAL Y FUNCIONAL DE LA ALTERNATIVA III (ALT3).**

La ejecución de estas obras tendrá los impactos que se explicarán con detalle en posteriores apartados de este proyecto, derivados de la ejecución de las obras y posterior explotación de las instalaciones. Nos centramos en este apartado en aquellos elementos que diferencian las tres alternativas técnicamente viables (ALT2, ALT3 y ALT4) y que medioambientalmente supongan una afección distinta.

Desde el punto de vista medioambiental y funcional las principales diferencias entre esta alternativa y las otras dos planteadas son:

	UBICACIÓN TOMA	VENTAJAS	INCONVENIENTES	VIABILIDAD
<p><b>ALTERNATIVA III</b></p> <p>RIEGO DEL SI MEDIANTE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE AZUD EXISTENTE EN EL RÍO DUERO EN EL TT.MM DE VILLARALBO. DISEÑO DE RED OPCIÓN I.</p>	<p>TOMA DIRECTA DEL RIEGO EN PROXIMIDADES DEL AZUD DE VILLARALBO (MASA 397)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ PERMITE EL APROVECHAMIENTO PARA EL RIEGO DE ESTE SECTOR DE LOS RETORNOS DE AGUA DEL RESTO DE LA ZONA REGABLE DEL CANAL DE SAN JOSE, S II Y III Y DE SI Y SII DEL CANAL DE TORO</li> <li>➤ MEJORA EN LA CALIDAD ECOLÓGICA DE LAS MASAS DE AGUA 396 y 397 POR EL INCREMENTO DEL CAUDAL CIRCULANTE POR EL RÍO DESDE LA MASA 396 HASTA EL AZUD DE VILLARALBO (397). ESTE EFECTO POSITIVO SE PRODUCIRÁ SI SE HACE LA TOMA DIRECTA DEL RÍO EN EL AZUD DE VILLARALBO (397) Y SE REALIZA EL DESAGÜE FINAL DEL CANAL DE SAN JOSÉ EN VILLALAZÁN CON VERTIDO AL ARROYO ARIBALLOS QUE DESEMBOCA A LA MASA 396, BENEFICIANDO ESTOS RETORNOS A LA MASA 396 Y 397.</li> <li>➤ SE ELIMINA EL IMPACTO DE ARREGLAR EL CANAL EN LOS ÚLTIMOS 10 KM. DE LONGITUD, CON ZONAS MUY COMPLEJAS (EL TRAMO DE UNIÓN ENTRE EL SI Y SII INCLUYE 2KM DE TUNELES BAJO EL YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO DECLARADO B.I.C. DE "EL ALBA"). QUE NO SERÁ AFECTADO POR LAS OBRAS.</li> <li>➤ SE ELIMINA LA DIFICULTAD QUE EXISTE ACTUALMENTE EN ESTE SECTOR DE RIEGO, DERIVADA DE LA COMPLEJIDAD DE GESTIONAR UN CANAL DE 50KM DE LONGITUD SIN SISTEMAS DE REGULACIÓN.</li> <li>➤ EL IMPACTO AMBIENTAL Y ECONÓMICO POR LÍNEAS ELÉCTRICAS ES MÍNIMO YA QUE EL SUMINISTRO ELÉCTRICO ESTÁ EN LA MISMA PARCELA DONDE SE PROPONE LA ESTACIÓN DE BOMBEO</li> <li>➤ MENOR INVERSIÓN E IMPACTO QUE LAS ALTERNATIVAS CON TOMA DESDE EL CANAL (EL AZUD ACTÚA COMO Balsa) Y NO PRECISA LA EJECUCIÓN DE UNA Balsa</li> <li>➤ MENORES COSTES DE MANTENIMIENTO QUE LAS ALTERNATIVAS DESDE EL CANAL POR EL MISMO MOTIVO (SOLO RED+ESTACIÓN DE BOMBEO)</li> <li>➤ SE ELIMINAN LOS PROBLEMAS DERIVADOS DEL MANTENIMIENTO DEL CANAL DE SAN JOSÉ (VER INCONVENIENTES DE LA ALTERNATIVA II)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ UBICACIÓN DE LA OBRA DE TOMA DENTRO DEL ZEC "RIBERAS DEL DUERO Y AFLUENTES" ES4170083 y DE LA ZONA DE ESPECIAL PROTECCIÓN DEL RÍO 6100047 "RIO DUERO AGUAS ARRIBA DE ZAMORA"( SEGÚN EL INFORME EMITIDO POR LA DIRECCIÓN GENERAL DE PATRIMONIO NATURAL Y POLÍTICA FORESTAL DE LA CONSEJERÍA DE FOMENTO Y MEDIOAMBIENTE DE LA JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN CON FECHA 19/01/2021 AL RESPECTO DE LAS AFECCIONES AL MEDIO NATURAL DEL PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DEL REGADÍO DEL SECTOR I DEL CANAL DE SAN JOSÉ, SE CONSIDERA QUE TRAS ESTUDIAR LA UBICACIÓN DE LAS ACTUACIONES PREVISTAS Y COMPROBAR SU COINCIDENCIA CON LA RED NATURA 2000, Y UNA VEZ ANALIZADAS Y VALORADAS LAS MISMAS SE CONSIDERA REALIZADA LA EVALUACIÓN REQUERIDA POR EL ARTÍCULO 2 DE DECRETO 6/2011, DE 10 DE FEBRERO, CONCLUYÉNDOSE QUE LAS ACTUACIONES PROYECTADAS, YA SEA INDIVIDUALMENTE O EN COMBINACIÓN CON OTROS PROYECTOS NO CAUSARÁN PERJUICIO A LA INTEGRIDAD DEL SIGUIENTE LUGAR INCLUIDO EN LA RED NATURA 2000: Z.E.C "RIBERAS DEL RÍO DUERO Y AFLUENTES (ES4170083) SIEMPRE Y CUANDO SE CUMPLAN LAS CONDICIONES EXPUESTAS EN DICHO INFORME Y EN EL DOCUMENTO AMBIENTAL EVALUADO.)</li> <li>➤ IMPACTO DEL RÉGIMEN DE BOMBEO EN EL RÉGIMEN HIDROLÓGICO DE LAS MASAS DE AGUA AFECTADAS (MASA 397). EN EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL SE PROPONE UN PLAN DE BOMBEO DIARIO PARA CADA MES PARA LA NUEVA ESTACIÓN DE BOMBEO QUE ABASTECERÁ AL SECTOR I DE LA ZONA REGABLE DEL CANAL DE SAN JOSÉ COMPATIBLE CON EL RÉGIMEN FLUYENTE DE LA MASA 397 y CONSIGUIENDO UNA ELEVADA EFICIENCIA EN LA REGULACIÓN.</li> <li>➤ PARA GARANTIZAR EL SUMINISTRO DE AGUA FUERA DE CAMPAÑA PARA RIEGOS DE NASCENCIA, APOYO,LIMPIEZA DE REDES...TIENE QUE SER A TRAVES DEL CAUDAL CIRCULANTE DEL RÍO (PARA ELLO DEBE PONERSE EN MARCHA LA ESTACIÓN DE BOMBEO). SIN EMBARGO, LA UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN EN EL TRAMO BAJO DEL RÍO Y LA COLOCACIÓN DE LA TOMA EN EL AZUD DE VILLARALBO, QUE PERMITE UNA REGULACIÓN, PROVOCAN UNA DETRACCIÓN DESPRECIABLE (&lt; 0,2 % DEL CAUDAL NATURAL DEL MES DE MARZO)</li> <li>➤ MAYOR ALTURA DE BOMBEO (AUNQUE LA ZONA ES MUY LLANA Y ESA DIFERENCIA NO SERÁ MAYOR DE 6M)</li> <li>➤ IMPACTO EN LOS HÁBITATS ALTERADOS DEBIDO A CAMBIOS MORFOLÓGICOS PROVOCADOS POR LA OBLIGATORIEDAD DE MANTENER EL AZUD DE VILLARALBO CUANDO SE CUMPLA LA CONCESIÓN DE LA MINICENTRAL NUESTRA SRA DE LAS MERCEDES, ASOCIADA A DICHO AZUD. ( AL RESPECTO DE ESTE IMPACTO DEBE CONSIDERARSE QUE EL AZUD 1005306 AL QUE SE ASOCIA LA NUEVA TOMA DE AGUA CUENTA CON ESCALA DE PECES TIPO ESTANQUES SUCESIVOS. ADEMÁS DEBE CONSIDERARSE QUE SEGÚN EL PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA 2021-2030 LAS MINICENTRALES ELÉCTRICAS EXISTENTES SON UNA FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE QUE SUPONEN UN IMPORTANTE ACTIVO DADA SU UBICACIÓN EN LUGARES DE ELEVADO RECURSO ENERGÉTICO, LA EXISTENCIA DE INFRAESTRUCTURAS Y LA CAPACIDAD EXISTENTE DE CONEXIÓN A LA RED, ASÍ COMO EL MENOR IMPACTO AMBIENTAL Y TERRITORIAL DERIVADO DE DESARROLLAR NUEVOS PROYECTOS EN UBICACIONES YA DESTINADAS A LA GENERACIÓN DE ENERGÍA.POR LO TANTO ES RECOMENDABLE QUE CONTINUE EN FUNCIONAMIENTO Y SI SE ELIMINA EL AZUD SE GENERARÁ UN IMPACTO POR PERDER SU CONTRIBUCIÓN ENERGÉTICA A LA GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE).</li> </ul>	<p>ESTA ALTERNATIVA SE CONSIDERA TÉCNICA Y MEDIOAMBIENTALMENTE VIABLE. SE CONSIDERA LA MEJOR SOLUCIÓN PARA LA MODERNIZACIÓN DEL SECTOR I DE LA ZONA REGABLE DEL CANAL DE SAN JOSE</p>

**Tabla 4.20:** Análisis multicriterio de la Alternativa III para la modernización del Sector I de zona regable del Canal de San José: Riego del Sector I mediante impulsión directa desde azud existente en el río Duero en el Término municipal de Villaralbo. Diseño de red opción I.

#### 5.4.2. ANÁLISIS DE COSTES ALTERNATIVA III (ALT3).

##### A.) COSTE DE LA RED DE RIEGO :

Se ha realizado la simulación de la red de riego con el programa SIGOPRAM. Para un bombeo de 16,6h, con un caudal de bombeo de 1,687 m<sup>3</sup>/sg y una altura de bombeo de 70,5 m.c.a. A continuación, se incluye el cuadro resumen de dicha red de riego con su valoración:  
**3.447.187,48€**

**ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LA RED PRINCIPAL DE RIEGO DEL SECTOR I DEL CANAL DE SAN JOSÉ  
ALTERNATIVA III**

MATERIAL	LONGITUD	MATERIAL	COSTE/ML tubería	COSTE DE INSTALACIÓN /ML tubería y resto de elementos (Incluye valv, p.esp, anclajes, vent, desagues, pasos especiales...)	COSTE DE INSTALACIÓN /ML tubería y resto de elementos (Incluye valv, p.esp, anclajes, vent, desagues, pasos especiales...)	TOTAL
<b>HORMIGÓN POSTESADO CON CAMISA DE CHAPA (HPCC)</b>	401,30	HPCC 1200-10	252,77	190	442,77	177.683,60
	205,53	HPCC 1100-10	231,65	175	406,65	83.578,77
	1397,22	HPCC 900-10	159,14	170	329,14	459.880,99
	515,11	HPCC 800-10	140,3	160	300,3	154.687,53
	1327,15	HPCC700-10	123,15	140	263,15	349.239,52
<b>POLIETILENO ALTA DENSIDAD (PEAD)</b>	527,03	PEAD 500-10	96,27	75	171,27	90.264,43
	319,54	PEAD 400-10	61,69	55	116,69	37.287,12
	35,76	PEAD 315-10	32,57	35	67,57	2.416,30
	39,42	PEAD 250-10	20,1	30	50,1	1.974,94
	134,75	PEAD 200-10	15,5	20	35,5	4.783,63
	160,65	PEAD 180-10	12,57	20	32,57	5.232,37
		PEAD 160-10	9,94	20	29,94	0,00
<b>PVC ORIENTADO (PVCO)</b>	2129,01	PVCO-630-16	93,68	85	178,68	380.411,51
	6109,39	PVCO 500-16	61,81	75	136,81	835.825,65
	3538,51	PVCO 400-16	32,57	55	87,57	309.867,32
	6122,72	PVCO 315-16	20,13	35	55,13	337.545,55
	2292,28	PVCO 250-16	12,72	30	42,72	97.926,20
	3654,30	PVCO 200-16	8,52	23,93	32,45	118.582,04
		PVCO 160-16	6,4	20,56	26,96	0,00

**LONGITUD TOTAL**

**28909,67**

**TOTAL IMPORTE**

**3.447.187,48**

**Tabla 4.21:** Estimación del coste de la red de riego Alternativa III.

### B.) COSTE DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO:

No existen diferencias respecto a la alternativa anterior en cuanto al coste del edificio ya que las instalaciones serían similares. La diferencia entre ambas alternativas sería La principal diferencia entre la alternativa II y alternativa III es la potencia instalada en este caso son 1850 Kw. En el caso de esta alternativa se plantean los siguientes equipos de bombeo:

- 4+1 Bombas principales con motor de 400kW, caudal 372l/s, altura de bombeo 70,5m.c.a.
- 2 Bombas auxiliares con motor de 110kW, caudal 100 l/s, altura de bombeo 70,5m.c.a.

Según costes de ejecución de otras estaciones de bombeo similares, el coste aproximado de la E.B para esta potencia sería **1.800.000 €** incluida la BT.

Además debe considerarse la obra de toma realizada en el río y equipos de filtrado con un importe para estos caudales de **180000 €**.

### C.) COSTE DE LAS INSTALACIONES DE A.T:

Centro de Transformación de 45kV a 400V y línea eléctrica se plantea la instalación de dos trafos:

- TRAFO 1 de 2500 KVA/45 KV/400V
- LÍNEA ELÉCTRICA DE ALTA TENSIÓN 45KV: 25m de longitud (2 apoyos metálicos)
- 2OCR Telemandado de corte efectivo según condiciones de la compañía.

Según proyectos similares realizados en otras estaciones de bombeo esta instalación tiene un coste aproximado de **320.000 €**, de los cuales corresponderían a la subestación transformadora (**300.000€**) y el resto corresponden a la línea eléctrica y el OCR.

### D.) COSTE Y PRODUCCIÓN DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA:

Tal como se ha expuesto se proyecta realizar una instalación fotovoltaica para dar suministro eléctrico a la estación de bombeo cuando la tarifa eléctrica es P1 Y P2. La potencia instalada serán 920 kwp que garantizan el suministro parcial a la estación de bombeo. Ocupará un espacio de 2,6 ha y tiene un coste aproximado de 670.000€.

La instalación fotovoltaica genera un beneficio ya que permite un ahorro en la factura energética de la instalación. De la producción fotovoltaica mensual sólo se podrá aprovechar una parte en función de las demandas mensuales, obtenidas a partir del plan de bombeo establecido en el apartado 3.12:

MES	kwh/día fotovoltaica	Kw/mes fotovoltaica	Kw/mes necesidades totales	Consumo fotovoltaico	% sobre las necesidades
Marzo	4.394	114248,16	18090	18090	100,00
Abril	5.248	136440,72	27940	27940	100,00
Mayo	7.026	182679,12	208150	182679,12	87,76
Junio	6.499	168985,44	463180	168985,44	36,48
Julio	7.575	196953,12	749470	196953,12	26,28
Agosto	6.832	177643,44	522490	177643,44	34,00
Septiembre	5.712	148515,12	175100	148515,12	84,82
Octubre	3.365	87478,56	26670	26670	100,00
		<b>1.212.943,68</b>	<b>2.191.090,00</b>	<b>947.476,24</b>	<b>43,24</b>

**Tabla 4.22:** Cálculo del consumo energético procedente de la producción fotovoltaica.

D. 1) ESTIMACIÓN DEL GASTO ENERGÉTICO DE LA INSTALACIÓN:

Para el cálculo de los gastos energéticos de la instalación en la Alternativa III se toman los datos de bombeo establecidos en el apartado 3.12 y los precios ponderados obtenidos en el apartado 3.13.

MES	Kwh/mes necesidades totales	Consumo fotovoltaico (kwh/mes)	Coste energía procedente de la red (0,076763682 €/kwh)
<b>Marzo</b>	18090	18090	0
<b>Abril</b>	27940	27940	0
<b>Mayo</b>	208150	182679,12	1955
<b>Junio</b>	463180	168985,44	22583
<b>Julio</b>	749470	196953,12	42413
<b>Agosto</b>	522490	177643,44	26472
<b>Septiembre</b>	175100	148515,12	2041
<b>Octubre</b>	26670	26670	0
<b>TOTAL</b>	<b>2.191.090,00</b>	<b>947.476,24</b>	<b>95.464,37</b>

**Tabla 4.23:** Cálculo del coste de la energía procedente de la red (se ha descontado la producción fotovoltaica). Alternativa III.

**Coste anual de la potencia en Alternativa II:** Coste anual del término de potencia será el producto del coste ponderado de potencia €/Kw/año (7,756829263 €/Kw/año) multiplicado por el sumatorio de la potencia contrada en todos los periodos:

$$5550\text{kw (Alternativa III)} \times 7,756829263 = 43050,4 \text{ €/año}$$

**Coste energético anual de la alternativa III (SIN IVA, descontado el ahorro de la producción fotovoltaica):**  $95.464,37 + 43.050,4 = 138514,77 \text{ €/año}$

E.) COSTE DEL ARREGLO DEL CANAL :

No se utilizará el canal al menos en el tramo correspondiente desde la toma del sector anterior por lo tanto el coste de reparación y mantenimiento posterior del canal será nulo.

Debe considerarse un coste adicional de esta alternativa el tapado del canal en el tramo aéreo entre la salida del último túnel existente entre Villalazán y Villaralbo y el inicio del tramo coincidente con el desagüe procedente de Morales del Vino, esta actuación se incluirá en la parte de restauración medioambiental de las obras de infraestructura rural de la reconcentración parcelaria que se realiza paralela a la modernización del regadío.

TAPADO CANAL DE SAN JOSÉ		
Longitud (m)	Sección (m <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>
5.343,40	4,80	25.648,32
2.636,00	2,40	6.326,40
<b>TOTAL</b>		<b>31.974,72</b>

**Tabla 4.24:** Volumen del tramo de canal que debe rellenarse con material procedente de la retirada de acequias

Las actuaciones que deben realizarse en este tramo de canal serán:

- Carga y transporte de materiales sueltos procedentes de la retirada de las acequias
- Relleno y compactado del Canal de San José

El importe aproximado de esta actuación será de 120.000€.

F.) COSTE DE LA BALSA DE REGULACIÓN :

Al existir un azud en el río Duero donde se ubicará la captación de agua no es necesario realizar una balsa, por lo tanto, el coste de la balsa será **NULO**.

## **5. 5. ALTERNATIVA IV (ALT4): RIEGO DEL SI MEDIANTE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE AZUD EXISTENTE EN EL RÍO DUERO EN EL TT.MM DE VILLARALBO. DISEÑO DE RED OPCIÓN II..**

Esta alternativa sería Técnicaamente viable. Pasamos a continuación a valorar el coste de los elementos de esta alternativa.

### **5.5.1. ANÁLISIS MULTICRITERIO AMBIENTAL Y FUNCIONAL DE LA ALTERNATIVA IV (ALT4).**

Las Alternativas III y IV son muy similares y las principales diferencias ambientalmente hablando respecto de la Alternativa II son las mismas analizadas en el apartado 5.4.1

La alternativa III y IV son muy similares la única diferencia es que la red de la Alternativa IV tiene mayor longitud que la red de la Alternativa III, por lo que los impactos originados durante la ejecución de las obras serán mayores.

Así mismo se debe considerar un aspecto difícil de valorar antes de ejecutar la obra ya que en la alternativa IV encontramos un tramo de tubería de gran diámetro instalada paralela y muy próxima al río, por lo que es previsible que encontremos nivel freático alto que dificulte de forma importante la instalación.

### **5.5.2. ANÁLISIS DE COSTES ALTERNATIVA IV (ALT4).**

Todos los costes de la instalación son similares a la alternativa III, excepto la red de riego.

#### **A.) COSTE DE LA RED DE RIEGO :**

Se ha realizado la simulación de la red de riego con el programa SIGOPRAM. Para jornada efectiva de riego de 16,4h, con un caudal de bombeo de 1,687 m<sup>3</sup>/s y una altura de bombeo de 70,5 m.c.a. A continuación, se incluye el cuadro resumen de dicha red de riego con su valoración: **3.690.554,20€**

**ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LA RED DE RIEGO DEL SECTOR I DEL CANAL DE SAN JOSÉ  
ALTERNATIVA IV**

MATERIAL	LONGITUD	MATERIAL	COSTE/ML tubería	COSTE DE INSTALACIÓN /ML tubería	COSTE/ML tubería	TOTAL
<b>HORMIGÓN POSTESADO CAMISA DE CHAPA (HPCC)</b>	109,60	HPCC 1200-10	252,77	190	442,77	48.527,59
	335,19	HPCC 1100-10	231,65	175	406,65	136.305,01
	251,37	HPCC 900-10	159,14	170	329,14	82.734,53
	265,57	HPCC 800-10	140,3	160	300,3	79.751,63
	4184,00	HPCC700-10	123,15	140	263,15	1.101.019,60
<b>POLIETILENO ALTA DENSIDAD (PEAD)</b>	1261,59	PEAD 500-10	96,27	75	171,27	216.072,52
	318,31	PEAD 400-10	61,69	55	116,69	37.143,59
	505,76	PEAD 315-10	32,57	35	67,57	34.174,20
	0,00	PEAD 250-10	20,1	30	50,1	0,00
	217,69	PEAD 200-10	15,5	20	35,5	7.728,00
	148,64	PEAD 180-10	12,57	20	32,57	4.841,20
	1546,00	PEAD 160-10	9,94	20	29,94	46.287,24
<b>PVC ORIENTADO (PVCO)</b>	3157,32	630 (PVCO-16)	93,68	85	178,68	564.149,94
	3368,09	500 (PVCO-16)	61,81	75	136,81	460.788,99
	4421,85	400 (PVCO-16)	32,57	55	87,57	387.221,65
	4095,50	315 (PVCO-16)	20,13	35	55,13	225.784,92
	2368,04	250 (PVCO-16)	12,72	30	42,72	101.162,67
	2363,41	225 (PVCO-16)	11,025	30	41,025	96.958,90
	1047,39	200 (PVCO-16)	8,52	23,93	32,45	33.987,81
	961,21	160 (PVCO-16)	6,4	20,56	26,96	25.914,22
<b>LONGITUD TOTAL</b>	<b>30926,54</b>					<b>3.690.554,20</b>

**Tabla 4.25:** Estimación del coste de la red de riego Alternativa IV.

## **6. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS.**

A continuación, se adjunta una tabla resumen con el coste económico de las distintas alternativas estudiadas, técnica y medioambientalmente viables.

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS							
	Potencia instalada kw	Presión bombeo (m.c.a)	Caudal (l/s)	Longitud red (m)	Balsa (m3)	Mantenimiento canal	Superficie total (ha)
ALT II	1700,0	64,5	1687,0	30319,4	190000,0	SI	1141,0
ALT III	1850,0	70,5	1687,0	28909,7	0,0	NO	1144,0
ALT IV	1850,0	70,5	1687,0	30926,5	0,0	NO	1144,0

Tabla 4.26: Resumen de las diferentes alternativas viables técnicamente.

COSTES ESTIMADOS DE INVERSIÓN DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS											
	Est.Bombeo	Balsa	Red tuberías	Hidrantes	Telecontrol	Instal. eléctricas	Instal. Placas solares	Reparac. Canal	OTROS (SyS, Medidas corrección ambiental, Patrimonio, Residuos) 2% del total	TOTAL OBRA €	TOTAL INVERSION €
ALT II	1800000,0	1900000,0	3.342.081,50	600000,0	200000,0	440000,0	670000,0	480480,0	200000,0	9632561,5	11751725,0
ALT III	1980000,0	0,0	3.447.187,5	600000,0	200000,0	320000,0	670000,0	0,0	320000,0	7537187,5	9195368,7
ALT IV	1980000,0	0,0	3.690.554,2	600000,0	200000,0	320000,0	670000,0	0,0	320000,0	7780554,2	9492276,1

Tabla 4.27: Costes de inversión de las alternativas técnicamente viables.

	ESTIMACIÓN DEL IMPORTE TOTAL DE LAS OBRAS			COSTES ANUALES TOTALES (MANTENIMIENTO+AMORTIZACIÓN OBRA)					COSTES ANUALES/ha (MANTENIM+AMORTIZ.OBRA)					
	JUNTA CYL 26% €	SEIASA 50 %	CCRR 24%	ANUALIDAD OBRA (€)	ENERGÍA €	AHORRO ENERGÉTICO PLACAS SOLARES	MANTENIMIENTO (Incluyendo el canal)	TOTAL	ANUALIDAD OBRA (€)	ENERGÍA €	MANTENIMIENTO (Incluyendo el canal)	AHORRO ENERGÉTICO PLACAS SOLARES	TOTAL €/año.ha	TOTAL €/año.ha IVA incl.
ALT II	3055448,5	5875862,5	2820414,0	112816,6	182636,4	-72731,8	68460,0	291181,2	98,9	160,1	60,0	-63,7	255,2	308,8
ALT III	2390795,9	4597684,4	2206888,5	88275,5	211246,6	-72731,8	34320,0	261110,4	77,2	184,7	30,0	-63,6	228,2	276,2
ALT IV	2467991,8	4746138,1	2278146,3	91125,9	211246,6	-72731,8	34320,0	263960,7	79,7	184,7	30,0	-63,6	230,7	279,2

Tabla 4.28: Estimación del coste de inversión y mantenimiento anuales para las Alternativas II, III y IV.

## 7. CONCLUSIONES Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

### 7.1. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MEDIOAMBIENTALMENTE MENOS IMPACTANTE.

Según se ha expuesto en los apartados anteriores, se descartan las dos primeras alternativas planteadas precisamente porque el efecto sobre el medio ambiente y el patrimonio se considera INVIABLE (está justificado en el apartado 5.1 y 5.2):

- ALTERNATIVA CERO (NO ACTUACIÓN)
- ALTERNATIVA I (ALT1): RIEGO DEL SI Y SII DESDE UNA Balsa ELEVADA

En cuanto a las otras tres alternativas planteadas las tres son VIABLES medioambiental y técnicamente.

- ALTERNATIVA II: RIEGO DEL SI MEDIANTE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE Balsa DE REGULACIÓN UBICADA A PIE DEL CANAL DE SAN JOSÉ. MANTENIENDO EL CANAL DE SAN JOSÉ.
- ALTERNATIVA III: RIEGO DEL SI MEDIANTE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE AZUD EXISTENTE EN EL RÍO DUERO EN EL TT.MM DE VILLARALBO. DISEÑO DE RED OPCIÓN I.
- ALTERNATIVA IV (ALT4): RIEGO DEL SI MEDIANTE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE AZUD EXISTENTE EN EL RÍO DUERO EN EL TT.MM DE VILLARALBO. DISEÑO DE RED OPCIÓN II.

El análisis multicriterio medioambiental y funcional de estas tres alternativas se ha realizado en los apartados 5.3, 5.4 y 5.5. En vista de los análisis realizados se considera que desde el punto de vista medioambiental las **ALTERNATIVAS III y IV**, con toma directa en el Azud de Villaralbo, generan menor impacto en el medio biótico y abiótico de la zona.

### 7.2. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA ECONÓMICA Y TÉCNICAMENTE MÁS VIABLE.

A partir de los costes estimados en el apartado 7.3.6 para las alternativas medioambientalmente VIABLES se concluye que la Alternativa III es la más económica de las tres alternativas estudiadas.

Por todo lo expuesto desde el punto de vista técnico y económico se considera que la Alternativa III es la solución idónea para la modernización del riego en el Sector I de la Zona regable del Canal de San José.

### 7.3. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MEDIOAMBIENTAL, ECONÓMICA Y TÉCNICAMENTE MÁS VENTAJOSA.

Teniendo en cuenta los condicionantes medioambientales, técnicos y económicos se considera que la alternativa más ventajosa para llevar a cabo la modernización del Sector I del Canal de San José es la **ALTERNATIVA III (ALT3): RIEGO MEDIANTE IMPULSIÓN DIRECTA DESDE AZUD EXISTENTE EN EL RÍO DUERO EN EL TT.MM DE VILLARALBO. DISEÑO DE RED OPCIÓN I.**

## 8. PLANO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA