

**GOBIERNO DE EXTREMADURA**

Consejería de Agricultura,  
Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Energía

**DELIMITACIÓN CARTOGRÁFICA,  
ANTEPROYECTO Y ESTUDIO DE COSTES DE LA  
ZONA REGABLE DE ARROYO DEL CAMPO  
(BADAJOZ)**

EXPT.E.: 1433SE1FR393



Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural:  
Europa invierte en las zonas rurales

# **ANEJO N° 7**

## **ALTERNATIVAS DE DISEÑO**



## ÍNDICE

1.	PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	3
2.	BALSA DE REGULACIÓN EN EL CANAL DEL ZÚJAR.....	4
2.1	CAPTACIÓN EN BALSA DE LOS VALVERDES (UB.1) .....	4
2.2	NUEVA CAPTACIÓN EN EL ENTORNO DEL ARROYO DEL GATO (UB.2) .....	4
2.3	CONCLUSIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN.....	5
3.	SISTEMA DE IMPULSIÓN .....	5
3.1	BOMBEO DIRECTO (SI.1) .....	5
3.2	ELEVACIÓN EN HORAS P6 A 1 BALSA DE REGULACIÓN (SI.2).....	7
3.3	ELEVACIÓN EN HORAS P6 A 1 BALSA DE REGULACIÓN + 2 REBOMBEO ZONAS ELEVADAS (SI.3) .....	8
3.4	ELEVACIÓN EN HORAS P6 A 2 BALSAS DE REGULACIÓN + 2 REBOMBEO ZONAS ELEVADAS (SI.4) .....	10
3.5	ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN .....	12
3.6	ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA .....	14
4.	FUENTE DE LA ENERGÍA DE ELEVACIÓN .....	15
4.1	HORAS ELÉCTRICAS P6 (EE.1) .....	15
4.2	BOMBEO FOTOVOLTAICO (EE.2) .....	16
4.3	BOMBEO MIXTO: HORAS P6 + FOTOVOLTAICO (EE.3) .....	16
4.4	CONCLUSIÓN DEL TIPO DE ENERGÍA A EMPLEAR .....	17
5.	TIPO DE TUBERÍA A EMPLEAR (TT).....	17
5.1	TUBERÍA DE ACERO (TT.1).....	18
5.2	TUBERÍA DE HORMIGÓN (TT.2).....	19
5.3	CONCLUSIÓN DEL MATERIAL DE TUBERÍA A EMPLEAR.....	22
6.	JUSTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA .....	25

### APÉNDICE:

APÉNDICE Nº 7.1: CÁLCULOS ELÉCTRICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SI



## 1. PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS DE DISEÑO

En el presente anejo se van a estudiar las distintas alternativas que se han considerado a la hora de hacer el diseño en el presente anteproyecto. Todas las hipótesis planteadas así como los valores utilizados y los resultados obtenidos se han configurado y analizado *ex ante* en base a la experiencia de los redactores del anteproyecto en obras hidráulicas en general y de regadío en particular. Complementariamente a lo anterior se ha contado con información directa de suministradores, fabricantes y de la C.R. del Zújar, que permiten que las hipótesis y análisis hechos se ajusten suficientemente a lo potencialmente real.

Se estudiarán las siguientes alternativas de carácter relevante para el Proyecto que se enumeran a continuación:

En función de la **Utilización/Ubicación de la Balsa de Regulación Canal (UB)** se plantean las siguientes alternativas:

- Los Valverdes (UB.1)
- Nueva en Arroyo del Gato (UB.2)
  - o Cuenca receptora (UB.2.1)
  - o Nueva balsa impermeable de regulación (UB.2.2)

Respecto a los **Sistemas de Impulsión (SI)** se plantean las siguientes alternativas:

- Bombeo directo (SI.1)
- Elevación en horas P6 a 1 Balsa de Regulación (SI.2)
- Elevación en horas P6 a 1 Balsa de Regulación + 2 Rebombes Zonas Elevadas (SI.3)
- Elevación en horas P6 a 2 Balsas de Regulación + 2 Rebombes Zonas Elevadas (SI.4)

En cuanto a la fuente primaria de **Energía de Elevación (EE)** se plantean las siguientes alternativas:

- Horas Eléctricas P6 (EE.1)
- Bombeo Fotovoltaico (EE.2)
- Bombeo Mixto: P6 + Fotovoltaico (EE.3)

En función del material o **Tipo de Tuberías (TT)** a emplear en la conducción de aducción a balsa se valoran las siguientes alternativas:

- Tubería de Acero (TT.1)
- Tubería de Hormigón (TT.2)

Las principales condiciones de contorno previstas son las que a continuación se resumen:

- Cota Balsa Valverdes (Canal Zújar PK 26+400): +270
- Cota Balsa Nueva (Canal Zújar PK 30+500): +269,5
- Ubicación preferencial de la Balsa de Regulación Elevada: "Medianiles de Coscojales"
- Superficie Regable de cálculo para el presente anejo: 4.322 ha



- Consumo medio bruto anual de cálculo para este anejo: 5.550 m<sup>3</sup>/ha
- Consumo medio bruto Mes de Máximas Necesidades (Julio): 2.083 m<sup>3</sup>/ha (ET0xKcx%ocupaciónxGrado de eficiencia = 198,53x1,10x90%x1,06 [Cu=90% + cdef=3%])
- Consumo bruto Mes de Máximas Necesidades: 8 852 750 m<sup>3</sup>
- Consumo bruto Diario/Semanal: 285 573 m<sup>3</sup> / 1 999 008 m<sup>3</sup>

En los siguientes apartados se van a analizar cada una de las alternativas planteadas y al final del anejo se recogerán, a modo de conclusión, los motivos que han determinado la elección de las alternativas que se presentan como más idóneas para el desarrollo del Anteproyecto.

## **2. Balsa de Regulación en el Canal del Zújar**

Se valorará fundamentalmente la idoneidad cualitativa de ubicar la zona de captación donde se ubican actualmente las balsas de los Valverdes o crear una nueva zona de captación, aguas abajo de las balsas de los Valverdes, más cercana a la zona regable.

### **2.1 Captación en Balsa de los Valverdes (UB.1)**

Las balsas de los Valverdes son dos balsas anejas al Canal del Zújar en el entorno de su P.K. 25+500, de una superficie aproximada de 50 ha y capacidad máxima de aproximadamente 985.000 m<sup>3</sup>. Se aprovecha una cuenca receptora de aguas que intercepta el trazado del canal. La transición en la intersección con el propio canal está revestida a base de lámina de polietileno de alta densidad que garantiza la estanquidad.

#### **VENTAJAS:**

- No sería necesaria la ejecución adicional de balsa en paralelo al canal para proporcionar un volumen suficiente de regulación que permitiese que las variaciones en el régimen del canal fueran lo menos bruscas posibles, teniendo en cuenta que la impulsión se concentrará en horas de baja tarificación eléctrica.

#### **INCONVENIENTES:**

- La longitud de la impulsión hasta la zona regable sería mayor (30 – 40 %) respecto a la siguiente ubicación.

### **2.2 Nueva Captación en el Entorno del Arroyo del Gato (UB.2)**

Se plantea la posibilidad de ejecución de una nueva captación a la altura aproximada del P.K. 30+500 del Canal del Zújar. La relación simplificada de obras y actuaciones diferenciadoras a acometer sería la siguiente:

- Ejecución de balsa impermeabilizada de capacidad recomendada de un día de necesidades de riego de la zona regable: unos 250.000 m<sup>3</sup>; aunque esta capacidad podría disminuirse.
- Intersección con el Canal del Zújar para posibilitar la derivación de caudales a la citada balsa de regulación.



- Realización de obra de regulación en el propio canal mediante compuertas de nivel constante para garantizar los calados, aguas arriba y/o aguas abajo.
- Trazado de la tubería para evitar terrenos en riego, con alta presencia de terrenos de frutales y de parcelas urbanizadas.

**VENTAJAS:**

- El trazado de la tubería de impulsión hacia la zona regable sería de menor longitud, siendo esta partida de menor coste y a valorar vs. la ejecución de una nueva balsa y las obras de interceptación en el canal del Zújar.

**INCONVENIENTES:**

- Ejecución de obras que ya son existentes en la ubicación de Los Valverdes, tales como la intersección con el Canal del Zújar y la propia balsa de regulación.
- La disminución de la longitud de la tubería de impulsión a la zona regable, dados los diámetros previstos para los caudales a bombear, no implicaría una significativa reducción de las potencias de impulsión por la escasa mejora de las pérdidas de carga en la tubería.
- La ejecución análoga de una cuenca receptora en la confluencia del Canal con el Arroyo del Gato (UB 2.1) no se estima viable porque, dada la topografía del entorno, dicha cuenca habría que "crearla" mediante un movimiento muy importante de tierras, con transporte a vertedero, para poder generar un volumen de regulación y almacenamiento relativamente considerable.

**2.3 CONCLUSIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN**

A priori, dado el elevado coste de la tubería a emplear, desde un punto de vista económico, podría resultar más ventajosa realizar una nueva balsa de regulación en Arroyo del Gato (la solución UB2.2), al reducirse la distancia desde la captación a la zona regable aproximadamente un 30-40 %. Pero realizar una nueva balsa ha desaconsejado considerarlo en este anteproyecto, ello conllevaría un mayor número de expropiaciones, movimientos de tierras, mayor impacto ambiental, etc.

Por lo tanto, dado que se estima menos ventajosa la ejecución de todo un sistema de captación en un punto nuevo del canal del Zújar aguas abajo de la ubicación de las balsas de Los Valverdes, se considera desde un punto de vista técnico-cualitativo que el planteamiento más idóneo es el aprovechamiento de las balsas de agua existentes de Los Valverdes.

**3. SISTEMA DE IMPULSIÓN****3.1 BOMBEO DIRECTO (SI.1)**

La impulsión mediante un bombeo directo consiste en captar e impulsar el agua de riego desde su captación hasta la toma en parcela de manera continua. Este sistema de impulsión tiene ventajas e inconvenientes; de manera esquemática:

**VENTAJAS:**

- No es necesaria, a priori, la regulación intermedia de los volúmenes de impulsión
- En función del horario de disponibilidad del agua de riego, se dimensionaría la red con mayores o menores restricciones. En nuestro caso, para homogeneizar el sistema a lo existente en la C.R. del Canal del Zújar, se consideraría riego a la demanda con 24 h diarias de disponibilidad teórica (se debería tener en cuenta la concentración de la demanda en las horas P6 de tarificación para el dimensionamiento de la red y se considerará una disponibilidad técnica del 91,7 %).

**INCONVENIENTES:**

- En este caso, sería conveniente dotar a la captación en el canal de un reservorio o balsa de regulación que permita no causar alteraciones bruscas del calado en aquél, interfiriendo en su régimen.
- A pesar de la disponibilidad técnica, debido al diferente precio del consumo de agua por los diferentes tramos horarios en los que se divide una tarifa eléctrica de alta tensión, se debe considerar que los consumos de agua se concentrarán en los períodos P6 y algo menor en el siguiente más económico.
- Además, en función de la cota abastecida, dada la orografía de la zona, se deberían dimensionar al menos tres sistemas de presión para optimizar el diseño de los bombeos y de las redes, adecuándolas a las cotas de las zonas abastecidas y presiones máximas de cada sistema y no impulsar toda el agua a la presión máxima teórica necesaria de la zona regable.

**DESCRIPCIÓN DE LAS INVERSIONES NECESARIAS Y COSTES: 8449,50 €/ha.**

- **Captación del Canal y Estación de Bombeo.** La estación de bombeo sería única y los equipos de impulsión y su control deberán diseñarse en base a tres redes o sistemas de presión independientes con regulaciones variables. 720 €/ha.
- **Conducciones Principales.** Con objeto de impulsar el agua desde la captación en el Canal del Zújar hasta la propia zona regable, se hará necesario proyectar tres tuberías principales de impulsión (una por cada sistema de presión) prediseñadas en acero helicosoldado revestido. 2760 €/ha.
- **Red de Riego.** La red de riego será óptima para cada uno de los tres sistemas de presión, por lo que los timbrajes estarían diseñados para cada una de las tres redes. Los materiales previstos que se barajan a priori serían de polietileno (PE100), PVC-U, PVC-O y PRFV. La red debería dimensionarse a la demanda, sin embargo, aun sin restricción horaria, deberá considerarse la disponibilidad de horas de baja tarifa eléctrica. Por este motivo los diámetros serán mayores que una red a la demanda con disponibilidad horaria de 24 horas. No así los timbrajes. 4400 €/ha.
- **LEAT.** Deberá dotarse al sistema de una alimentación eléctrica en alta tensión. 152,71 €/ha.
- **Expropiaciones y Ocupaciones Temporales.** Necesarias para toda la infraestructura señalada: captación y bombeo, conducciones, LEAT, etc. 55 €/ha.
- **Ingeniería.** 115,69 €/ha.
- **Reposiciones y Otros conceptos variables en función de las obras.** Para esta alternativa se considera un 3 %.

**COSTES ANUALES DE EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO: 492,23 €/ha.**

- **Canon de Regulación y Tarifa de Uso del Agua de la Confederación Hidrográfica del Guadiana.** 72,90 €/ha.
- **Explotación y Administración de la Zona Regable:** 50 €/ha.
- **Mantenimiento y Renovación de Equipos.** Para esta alternativa se ha considerado un 1,5 % anual sobre la inversión: 126,74 €/ha.
- **Gasto Energético.** Contando con una red y potencia instaladas para regar según la disponibilidad horaria actual de horas de bajo coste energético (P6) y parcialmente del siguiente tramo tarifario más económico (P4) en el mes de máximas necesidades de riego, julio, el gasto energético calculado es de 242,59 €/ha.

**3.2 ELEVACIÓN EN HORAS P6 A 1 Balsa de Regulación (SI.2)**

La impulsión desde un bombeo directo consiste en captar e impulsar el agua de riego a una sola balsa elevada de regulación. Desde esta balsa se distribuirá el agua por gravedad hasta su consumo en toma de parcela. Este sistema de impulsión y distribución tiene ventajas e inconvenientes, de manera esquemática:

**VENTAJAS:**

- La impulsión desde la captación en el Canal del Zújar se podrá optimizar y dimensionar en función de la disponibilidad de horas P6 o baratas y se realizaría en régimen permanente, con las ventajas que ello ocasiona.
- La disponibilidad del agricultor del agua de riego será prácticamente total dentro de la jornada de riego: riego a la demanda. En función del horario de disponibilidad del agua de riego, se dimensionaría la red con menores restricciones. En nuestro caso se consideraría riego a la demanda con 24 h diarias de disponibilidad teórica (se considerará una disponibilidad técnica del 91,7 %).
- La ejecución de una balsa de regulación permitirá disponer de un reservorio de agua suficiente para hacer frente a las necesidades de tres días de riego en épocas de máximas necesidades, pudiendo llevar un manejo óptimo de todo el sistema y con un grado de seguridad frente a eventos no previstos y programados.

**INCONVENIENTES:**

- La construcción de una única balsa elevada de regulación que dominara toda la zona regable provocaría que ésta se tuviera que ubicar a una cota suficiente para dotar a los puntos más elevados de la zona con la suficiente presión para el riego. Esta medida conllevaría a su vez una presión de impulsión a la balsa mayor y que la red aguas abajo de la balsa tuviera que dimensionarse para unas presiones estáticas mayores con el consiguiente aumento de los timbrajes de las tuberías en aquellos lugares con menor cota, o en cambio, disponerse elementos redundantes de seguridad para limitar las presiones de trabajo en determinados puntos de la red.

**DESCRIPCIÓN DE LAS INVERSIONES NECESARIAS Y COSTES: 9198,20 €/ha.**

- **Captación del Canal y Estación de Bombeo.** La estación de bombeo sería única y los equipos de impulsión y su control deberán diseñarse para un bombeo único en régimen permanente. 400 €/ha.



- **Conducción Principal.** Con objeto de impulsar el agua desde la captación en el Canal del Zújar hasta la balsa elevada de regulación será necesario proyectar una tubería de diámetro suficiente para impulsar los caudales de demanda en aquellas épocas de máximas necesidades y restringido a elevación en horas P6 de los períodos de tarifas eléctricas. Se prevé a este nivel proyectar una tubería principal de impulsión prediseñada en acero helicosoldado revestido. 2346 €/ha.
- **Red de Riego.** La red de riego será óptima desde la balsa de regulación elevada con disponibilidad teórica total de riego las 24 h diarias. Los materiales previstos que se barajan a priori serían de polietileno (PE100), PVC-U, PVC-O y PRFV. Debido al dimensionamiento de una única red ramificada se deberá tener en cuenta bien sean los timbrajes de las tuberías necesarios, o bien los elementos reguladores de presión en la red (válvulas limitadoras). Los diámetros serán acordes a una red a la demanda con disponibilidad horaria teórica de 24 horas. 5060 €/ha.
- **Balsa de Regulación Elevada.** De una capacidad prevista de unos 750 000 m<sup>3</sup>, revestida con geomembrana y con todos los sistemas de control y de seguridad aparejados. 780,89 €/ha
- **LEAT.** Deberá dotarse al sistema de una alimentación eléctrica en alta tensión. 152,71 €/ha.
- **Expropiaciones y Ocupaciones Temporales.** Necesarias para toda la infraestructura señalada: captación y bombeo, conducciones, LEAT, balsa elevada, etc. 75 €/ha.
- **Ingeniería.** 115,69 €/ha.
- **Reposiciones y Otros conceptos variables en función de las obras.** Para esta alternativa se considera un 3 %.

#### COSTES ANUALES DE EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO: 506,04 €/ha.

- **Canon de Regulación y Tarifa de Uso del Agua de la Confederación Hidrográfica del Guadiana.** 72,90 €/ha.
- **Explotación y Administración de la Zona Regable:** 50 €/ha.
- **Mantenimiento y Renovación de Equipos.** Para esta alternativa se ha considerado un 1 % anual sobre la inversión (el bombeo y los equipos electromecánicos asociados son más elementales): 91,98 €/ha.
- **Gasto Energético.** Contando con una aducción y potencia instaladas para una elevación según la disponibilidad horaria actual de horas de bajo coste energético (P6) en el mes de máximas necesidades de riego, julio, el gasto energético calculado sería de 291,16 €/ha.

### 3.3 ELEVACIÓN EN HORAS P6 A 1 Balsa de Regulación + 2 Rebombes Zonas Elevadas (SI.3)

La consideración de esta alternativa consiste en la elevación de todo el volumen de agua necesaria en la zona regable a una balsa ubicada a una cota tal que domine una superficie mayoritaria. Una vez estudiada la topografía local del perímetro regable, se ha constatado que alrededor de un 80 % de la superficie beneficiaria radica bajo una cota menor a la 322 msnm. Para el 20 % restante de superficie se plantea la colocación de dos rebombes para alcanzar la presión suficiente para un riego en similares condiciones de presión al resto de la zona. La impulsión desde un bombeo directo consistirá en captar e impulsar el agua de riego a la citada balsa elevada de regulación. Desde esta balsa se distribuirá el agua por gravedad (diferencia de cotas) hasta su consumo en toma de parcela. En las dos zonas identificadas con cotas superiores a la 322 msnm se plantearán dos rebombes. Estas instalaciones se podrían ejecutar de forma independiente en una segunda fase



en caso de que por motivos presupuestarios y de financiación así lo decidiese el Promotor. Este sistema de impulsión y distribución consta de ventajas e inconvenientes, de manera esquemática:

**VENTAJAS:**

- La impulsión desde la captación en el Canal del Zújar se podrá optimizar y dimensionar en función de la disponibilidad de horas P6 o baratas y se realizaría en régimen permanente, con las ventajas que ello ocasiona.
- La disponibilidad del agricultor del agua de riego, en el 80 % de la superficie será prácticamente total dentro de la jornada de riego: riego a la demanda. En función del horario de disponibilidad del agua de riego, se dimensionaría la red con menores restricciones. En nuestro caso se consideraría riego a la demanda con 24 h diarias de disponibilidad teórica (se considerará una disponibilidad técnica del 91,7 %).
- La ejecución de una balsa de regulación permitirá disponer de un reservorio de agua suficiente para hacer frente a las necesidades de tres días de riego en épocas de máximas necesidades, pudiendo llevar un manejo óptimo de todo el sistema y con un grado de seguridad frente a eventos no previstos y programados.
- La ubicación de la balsa elevada a una cota inferior a la estrictamente necesaria para dominar toda la zona regable permitirá subir el agua a una cota menor, con lo que aproximadamente el 80 % del agua a consumir tendrá un coste inferior que la alternativa considerada anteriormente. Asimismo, dado que la red de distribución que abastecerá dicho 80 % de superficie, a la vez que se dimensionará óptimamente, los timbrajes necesarios por la presión máxima de diseño (estática) serán menores con el consiguiente abaratamiento en cuanto a tuberías se refiere.

**INCONVENIENTES:**

- La ejecución de sistemas de bombeo hará variar la disponibilidad horaria del suministro de agua de riego, ya que, a pesar de que la elección del horario de riego será de los propios regantes porque se posibilitaría el riego a la demanda, hay que tener en cuenta en el dimensionamiento de la red que la demanda se concentrará durante las horas de tarifa de menor precio (P6). Por ello esta parte de la red tendrá mayor coste unitario por hectárea.
- En el mismo sentido, debido al planteamiento de dos bombeos llevará aparejado el diseño de dos suministros de energía eléctrica, ya sea por medio de líneas aéreas de alta tensión o plantear sendos sistemas fotovoltaicos aislados (con la consiguiente irregularidad que podría presentar esta opción).

**DESCRIPCIÓN DE LAS INVERSIONES NECESARIAS Y COSTES: 8862,21 €/ha.**

- **Captación del Canal y estación de Bombeo.** La estación de bombeo sería única y los equipos de impulsión y su control deberán diseñarse para un bombeo único en régimen permanente. 400 €/ha.
- **Conducción Principal.** Con objeto de impulsar el agua desde la captación en el Canal del Zújar hasta la balsa elevada de regulación será necesario proyectar una tubería de diámetro suficiente para impulsar los caudales de demanda en aquellas épocas de máximas necesidades y restringido a elevación en horas P6 de los períodos de tarifas eléctricas. Se prevé a este nivel proyectar una tubería principal de impulsión prediseñada en acero helicoidado revestido. 2300 €/ha.



- **Red de Riego.** La red de riego será óptima desde la balsa de regulación elevada con disponibilidad teórica total de riego las 24 h diarias. Los materiales previstos que se barajan a priori serían de polietileno (PE100), PVC-U, PVC-O y PRFV. A su vez, la red se dimensionará óptima desde las estaciones de reimpulsión, pero sin embargo prevista para una disponibilidad horaria de la demanda menor (12-16 h/día). 4400 €/ha.
- **Balsa de Regulación Elevada.** De una capacidad prevista de unos 750 000 m<sup>3</sup>, revestida con geomembrana y con todos los sistemas de control y de seguridad aparejados. 780,89 €/ha
- **LEATs.** Se prevén a este nivel tres líneas eléctricas de alimentación para cada uno de los sistemas de impulsión. 254,51 €/ha.
- **Expropiaciones y Ocupaciones Temporales.** Necesarias para toda la infraestructura señalada: captación y bombes, conducciones, LEATs, balsa elevada, etc. 85 €/ha.
- **Ingeniería.** 115,69 €/ha.
- **Reposiciones y Otros conceptos variables en función de las obras.** Para esta alternativa se considera un 5 %.

#### COSTES ANUALES DE EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO: 453,42 €/ha.

- **Canon de Regulación y Tarifa de Uso del Agua de la Confederación Hidrográfica del Guadiana.** 72,90 €/ha.
- **Explotación y Administración de la Zona Regable:** 50 €/ha.
- **Mantenimiento y Renovación de Equipos.** Para esta alternativa se ha considerado un 1,5 % anual sobre la inversión: 132,93 €/ha.
- **Gasto Energético.** Contando con una aducción y potencia instaladas para una elevación según la disponibilidad horaria actual de horas de bajo coste energético (P6) en el mes de máximas necesidades de riego, julio, más el coste que conllevaría la reimpulsión al 20 % de la superficie, el gasto energético calculado sería de 197,59 €/ha.

### 3.4 ELEVACIÓN EN HORAS P6 A 2 BALSAS DE REGULACIÓN + 2 REBOMBES ZONAS ELEVADAS (SI.4)

La consideración de esta alternativa consiste en la elevación de todo el volumen de agua necesaria en la zona regable a dos balsas ubicadas a una cota tal que domine una superficie mayoritaria respecto a las zonas más altas de la zona: una vez estudiada la topografía local del perímetro regable, se ha constatado que alrededor de un 80 % de la superficie beneficiaria radica bajo una cota menor a la 322 msnm. Las balsas se ubicarían en dos parajes elevados: la oriental en las estribaciones de la Sierra de Magacela y la occidental en el paraje denominado Calvario en las cercanías de La Haba. Para el 20 % restante de superficie se plantea la colocación de dos rebombes para alcanzar la presión suficiente para un riego en similares condiciones de presión al resto de la zona. La impulsión desde un bombeo directo consistirá en captar e impulsar el agua de riego a las citadas balsas elevadas de regulación. Desde estas balsas se distribuirá el agua por gravedad (diferencia de cotas) hasta su consumo en toma de parcela. En las dos zonas identificadas con cotas superiores a la 322 msnm se plantearán dos rebombes anejos o a pie de cada balsa. Estas instalaciones se podrían ejecutar de forma independiente en una segunda fase en caso de que por motivos presupuestarios y de financiación así lo decidiese el Promotor. Este sistema de impulsión y distribución consta de ventajas e inconvenientes, de manera esquemática:



**VENTAJAS:**

- La impulsión desde la captación en el Canal del Zújar se podrá optimizar y dimensionar en función de la disponibilidad de horas P6 o baratas y se realizaría en régimen permanente, con las ventajas que ello ocasiona.
- La disponibilidad del agricultor del agua de riego, en el 80 % de la superficie será prácticamente total dentro de la jornada de riego: riego a la demanda. En función del horario de disponibilidad del agua de riego, se dimensionaría la red con menores restricciones. En nuestro caso se consideraría riego a la demanda con 24 h diarias de disponibilidad teórica (se considerará una disponibilidad técnica del 91,7 %).
- La ejecución de dos balsas de regulación permitirá disponer de un reservorio de agua suficiente para hacer frente a las necesidades de tres días de riego en épocas de máximas necesidades, pudiendo llevar un manejo óptimo de todo el sistema y con un grado de seguridad frente a eventos no previstos y programados.
- La ubicación de las balsas elevadas a una cota inferior a la estrictamente necesaria para dominar toda la zona regable permitirá subir el agua a una cota menor, con lo que aproximadamente el 80 % del agua a consumir tendrá un coste inferior que la alternativa considerada anteriormente. Asimismo, dado que la red de distribución que abastecerá dicho 80 % de superficie, a la vez que se dimensionará óptimamente, los timbrajes necesarios por la presión máxima de diseño (estática) serán menores con el consiguiente abaratamiento en cuanto a tuberías se refiere.
- Al proponer dos balsas, se plantearán dos redes ramificadas independientes, por lo que la optimización de los diámetros será mayor que la alternativa SI.3.

**INCONVENIENTES:**

- Igualmente a la alternativa precedente, la ejecución de sistemas de rebombeo hará variar la disponibilidad horaria del suministro de agua de riego, ya que, a pesar de que la elección del horario de riego será de los propios regantes porque se posibilitaría el riego a la demanda, hay que tener en cuenta en el dimensionamiento de la red que la demanda se concentrará durante las horas de tarifa de menor precio (P6). Por ello esta parte de la red tendrá mayor coste unitario por hectárea.
- En el mismo sentido, debido al planteamiento de dos rebombes llevará aparejado el diseño de dos suministros de energía eléctrica, ya sea por medio de líneas aéreas de alta tensión o plantear sendos sistemas fotovoltaicos aislados (con la consiguiente irregularidad que podría presentar esta opción).
- La posible ejecución de la balsa occidental se ve limitada por la cota existente, lo que podría conllevar, bien el aumento de los diámetros de las tuberías de su red para la minimización de las pérdidas de carga, o bien asociar a su rebombeo una superficie mayor con mayores costes energéticos que en este apartado no se ha considerado.

**DESCRIPCIÓN DE LAS INVERSIONES NECESARIAS Y COSTES: 9211,64 €/ha.**

- **Captación del Canal y estación de Bombeo.** La estación de bombeo sería única pero los equipos de impulsión y su control deberán diseñarse para el bombeo a dos balsas en régimen permanente. 420 €/ha.
- **Conducción Principal.** Con objeto de impulsar el agua desde la captación en el Canal del Zújar hasta las dos balsas elevadas de regulación será necesario proyectar una tubería de diámetro suficiente para impulsar los caudales de demanda en aquellas épocas de máximas necesidades y restringido a elevación en horas P6 de los períodos de



tarifas eléctricas. Se prevé a este nivel proyectar una tubería común y principal de impulsión hasta la balsa oriental y otra tubería de menor diámetro desde este punto hasta la tubería occidental, prediseñadas ambas en acero helicosoldado revestido. 3105 €/ha.

- **Red de Riego.** La red de riego será óptima desde cada balsa de regulación elevada con disponibilidad teórica total de riego las 24 h diarias. Los materiales previstos que se barajan a priori serían de polietileno (PE100), PVC-U, PVC-O y PRFV. A su vez, la red se dimensionará óptima desde las estaciones de reimpulsión, pero sin embargo prevista para una disponibilidad horaria de la demanda menor (12-16 h/día). Puesto que la red ya no es única sino que existirá una por balsa, el coste de éstas, será sensiblemente menor. 3520 €/ha.
- **Balsas de Regulación Elevadas.** De capacidades previstas cada una de unos 305 000 m<sup>3</sup> y 445 000 m<sup>3</sup> (occidental y oriental respectivamente), revestidas con geomembrana y con todos los sistemas de control y de seguridad asociados. 989,70 €/ha
- **LEATs.** Se prevén a este nivel tres líneas eléctricas de alimentación para cada uno de los sistemas de impulsión. 254,51 €/ha.
- **Expropiaciones y Ocupaciones Temporales.** Necesarias para toda la infraestructura señalada: captación y bombes, conducciones, LEATs, balsas elevadas, etc. 100 €/ha.
- **Ingeniería.** 115,69 €/ha.
- **Reposiciones y Otros conceptos variables en función de las obras.** Para esta alternativa se considera un 7 %.

#### **COSTES ANUALES DE EXPLOTACIÓN Y MANTENIMIENTO: 467,33 €/ha.**

- **Canon de Regulación y Tarifa de Uso del Agua de la Confederación Hidrográfica del Guadiana.** 72,90 €/ha.
- **Explotación y Administración de la Zona Regable:** 50 €/ha.
- **Mantenimiento y Renovación de Equipos.** Para esta alternativa se ha considerado un 1,5 % anual sobre la inversión: 138,17 €/ha.
- **Gasto Energético.** Contando con una aducción y potencia instaladas para una elevación según la disponibilidad horaria actual de horas de bajo coste energético (P6) en el mes de máximas necesidades de riego, julio, más el coste que conllevaría la reimpulsión al 20 % de la superficie, el gasto energético calculado sería de 206,26 €/ha.

### **3.5 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DEL SISTEMA DE IMPULSIÓN**

A continuación se muestran dos tablas con los anteriores datos de manera comparativa en valores porcentuales respecto a la alternativa, a priori, más ventajosa, y en valores absolutos:



**COMPARATIVA DE COSTES SEGÚN LA ALTERNATIVA**

4322 ha

	B. DIRECTO	1 x BALSA	1 x BALSA + 2 x REBOMBEO	2 x BALSAS + 2 x REBOMBEO
	SI.1	SI.2	SI.3	SI.4
<b>COSTES DE INVERSIÓN (€/ha)</b>				
CAPTACIÓN+ESTACIÓN DE BOMBEO	80%	0%	0%	5%
CONDUCCIÓN PRINCIPAL	20%	2%	0%	35%
RED DE RIEGO	0%	15%	0%	-20%
BALSA/S	-100%	0%	0%	27%
LEAT / LEATS	-40%	-40%	0%	0%
REBOMBEO OESTE	-100%	-100%	0%	0%
REBOMBEO ESTE	-100%	-100%	0%	0%
EXPROPIACIONES Y OCUP. TEMPORALES	-35%	-12%	0%	18%
INGENIERÍA	0%	0%	0%	0%
REPOSICIONES, OTROS CONCEPTOS, ETC.	-42%	-37%	0%	43%
	-5%	4%	0%	4%

<b>COSTES ANUALES DE MANTENIMIENTO [(€/ha-año)]</b>				
EXPLOTACIÓN	0%	0%	0%	0%
MANTENIMIENTO/RENOVACIÓN EQ.	-5%	-31%	0%	4%
CANON REGULACIÓN CHG	0%	0%	0%	0%
TUA CHG	0%	0%	0%	0%
GASTO ENERGÉTICO	23%	47%	0%	4%
	9%	12%	0%	3%

Tabla 1: Comparativa de costes (en porcentaje) según alternativa. (Fuente: elaboración propia).

**COSTES SEGÚN LA ALTERNATIVA**

4322 ha

	B. DIRECTO	1 x BALSA	1 x BALSA + 2 x REBOMBEO	2 x BALSAS + 2 x REBOMBEO
	SI.1	SI.2	SI.3	SI.4
<b>COSTES DE INVERSIÓN (€/ha)</b>				
CAPTACIÓN+ESTACIÓN DE BOMBEO	720,00	400,00	400,00	420,00
CONDUCCIÓN PRINCIPAL	2760,00	2346,00	2300,00	3105,00
RED DE RIEGO	4400,00	5060,00	4400,00	3520,00
BALSA/S		780,89	780,89	989,70
LEAT / LEATS	152,71	152,71	254,51	254,51
REBOMBEO OESTE			57,84	57,84
REBOMBEO ESTE			46,27	46,27
EXPROPIACIONES Y OCUP. TEMPORALES	55,00	75,00	85,00	100,00
INGENIERÍA	115,69	115,69	115,69	115,69
REPOSICIONES, OTROS CONCEPTOS, ETC.	246,10	267,91	422,01	602,63
	<b>8449,50</b>	<b>9198,20</b>	<b>8862,21</b>	<b>9211,64</b>

<b>COSTES ANUALES DE MANTENIMIENTO [(€/ha-año)]</b>				
EXPLOTACIÓN	50,00	50,00	50,00	50,00
MANTENIMIENTO/RENOVACIÓN EQ.	126,74	91,98	132,93	138,17
CANON REGULACIÓN CHG	52,78	52,78	52,78	52,78
TUA CHG	20,12	20,12	20,12	20,12
GASTO ENERGÉTICO	242,59	291,16	197,59	206,26
	<b>492,23</b>	<b>506,04</b>	<b>453,42</b>	<b>467,33</b>

<b>COSTES DE INVERSIÓN AGREGADOS (€)</b>	<b>36.518.739,00</b>	<b>39.754.620,40</b>	<b>38.302.471,62</b>	<b>39.812.708,08</b>
<b>COSTES DE EXPLOT. Y MANTENIMIENTO AGREGADOS (€/año)</b>	<b>2.127.418,06</b>	<b>2.187.104,88</b>	<b>1.959.681,24</b>	<b>2.019.800,26</b>

Tabla 2: Comparativa de costes según alternativa. (Fuente: elaboración propia).



A primera vista las alternativas SI.2 y SI.4 no serían óptimas ya que los costes de inversión y los de explotación y mantenimiento anuales son mayores que la alternativa SI.3. La duda es si la alternativa SI.3 es económicamente más ventajosa que la SI.1.

### 3.6 ELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

#### MÉTODO DE CÁLCULO

Se utilizarán los datos de costes calculados de inversión y de explotación. Los datos agregados de ingresos se obviarán ya que las consecuencias de las inversiones contenidas en el presente Anteproyecto y de cada una de las alternativas planteadas conllevan el mismo fin: la puesta en riego de una zona regable de unas 4322 ha, por lo que todas las alternativas proporcionarán idénticos ingresos. Se dejará su estudio para viabilidad global del proyecto en anejo correspondiente. Por tanto, la siguiente evaluación barajará el mínimo valor de costes de inversión y explotación a lo largo de la vida útil del proyecto, sin dejar de lado otros condicionantes técnicos y de modernización en el uso del agua.

Actualización de costes (VAN): se actualizarán las inversiones y costes de explotación a la fecha actual teniendo en cuenta una serie de criterios:

- Las inversiones (I) se considerarán realizadas en la actualidad o año 0.
- El flujo de costes de explotación y mantenimiento (C<sub>i</sub>) se considerarán constantes a partir del año 1.
- No se actualizarán los costes en base a precios: criterio de precios constantes.
- La vida útil del proyecto (N), para este anejo, se considerará de 50 años, ya que se han incluido partidas de mantenimiento y renovación/reposición de equipos.
- La tasa de actualización (r) a considerar será equivalente al coste de oportunidad del Promotor, que para el presente Proyecto se tomará la media de los últimos 5 años del tipo de interés de deuda del Estado a muy largo plazo: Obligaciones del Estado a 30 o más años.

AÑO	2010	2011	2012	2013	2014	Valor medio
Tipo de interés medio (%) de las Obligaciones del Estado ≥ 30 años	5,05	5,95	6,15	5,45	3,95	<b>5,310</b>

*Elaboración propia a partir de datos del Tesoro Público (www.tesoro.es)*

#### RESULTADOS

A continuación se resumen los datos de aplicación de la fórmula del Valor Actual Neto (VAN) de cada una de las alternativas:

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^N \frac{-C_i}{(1+r)^i}$$

ALTERNATIVA	SI.1	SI.2	SI.3	SI.4
VAN (€)	-17 021,79	-18 010,99	<b>-16 758,80</b>	-17 350,48



A la vista de los resultados de evaluación económica, se verifica que la **alternativa más rentable**, a falta de su concreción en el presente Anteproyecto, es la **SI.3**, que se corresponde con un menor coste de explotación y mantenimiento a costa de una mayor inversión en cuanto a obras e infraestructuras. Esta alternativa está en sintonía con las especificaciones del Pliego de Prescripciones Técnicas del Contrato que hace hincapié en la elección de una alternativa que optimice los costes energéticos en la distribución del agua de riego del sistema.

#### 4. FUENTE DE LA ENERGÍA DE ELEVACIÓN

Para realizar las impulsiones necesarias que permitan llevar el agua desde la zona de captación, balsas de los Valverdes, hasta la zona de riego, será necesario satisfacer las necesidades energéticas calculadas en el Anejo nº 8. A continuación se resumen las necesidades de potencia calculadas en dicho anejo:

- Configuración 4 Equipos + (1 Reserva + 1) Los Quintos:  $6,25 \cdot 2500 + 25 = 15.650 \text{ kW}$
- Configuración 6 Equipos + (1 Reserva + 2) Los Quintos:  $9,25 \cdot 1800 + 25 = 16.675 \text{ kW}$

Teniendo en cuenta las necesidades de Potencia se plantean las siguientes alternativas de suministro de energía:

- Mediante suministro eléctrico en horas eléctricas P6.
- Mediante suministro eléctrico a partir de instalación Fotovoltaica.
- Mediante suministro eléctrico mixto (Horas P6 + Fotovoltaico)

A continuación se analizan cada una de las alternativas planteadas.

##### 4.1 HORAS ELÉCTRICAS P6 (EE.1)

En el suministro de energía de Alta Tensión, existen diferentes tarifas eléctricas que ofrecen 6 períodos horarios, en los que se tarifica la energía a diferentes precios en función de la franja horaria en la que se consuma.

La tarifa horaria más barata es la comprendida en el período P6, por lo tanto, de acuerdo con el pliego específico del presente Anteproyecto se considerarán las horas de menor coste energético para realizar la impulsión del agua.

Conforme se explica en el anejo nº 8, las máximas necesidades semanales se producirán en el mes de julio, con lo que conllevará una disponibilidad de 88 h semanales:

- 8 h/día de lunes a viernes = 40 horas.
- 24 horas (sábado y domingo) = 48 horas.

Este sistema de suministro eléctrico consta de ventajas e inconvenientes, de manera esquemática:

##### VENTAJAS:

- Mayor sencillez en las instalaciones eléctricas necesarias por ser sistemas de suministro tradicionales.
- Menor cantidad de superficie afectada por las instalaciones eléctricas necesarias.



- Menor coste, en las instalaciones eléctricas, con respecto a las otras alternativas.

**INCONVENIENTES:**

- Dependencia de las variaciones de los precios de las tarifas de suministro de energía.

**4.2 BOMBEO FOTOVOLTAICO (EE.2)**

Con el fin de aprovechar la gran cantidad de horas de insolación disponibles en la zona se plantea la opción de emplear un sistema de suministro de energía fotovoltaico para garantizar la energía eléctrica de las bombas de impulsión que permitan la conducción del agua desde la zona de captación hasta la zona de riego.

Este sistema de suministro eléctrico consta de ventajas e inconvenientes, de manera esquemática:

**VENTAJAS:**

- No depender de los horarios de tarifas.
- Aprovechamiento de la energía solar y menor coste de la energía de elevación, con respecto a las otras alternativas y sin tener en cuenta la inversión inicial.

**INCONVENIENTES:**

- Mayores costes de inversión para la implantación del sistema fotovoltaico.
- Mayores costes de mantenimiento que la alternativa anterior.
- La superficie necesaria para la instalación del número de placas solares que permitan generar la potencia demandada es muy elevada para las potencias necesarias.
- Sistema dependiente de las condiciones meteorológicas. Ello conlleva el riesgo de pérdida de eficiencia y de vulnerabilidad en la continuidad del suministro como consecuencia de inclemencias meteorológicas (días nublados, nieblas, etc.)

**4.3 BOMBEO MIXTO: HORAS P6 + FOTOVOLTAICO (EE.3)**

Con el fin de aprovechar la gran cantidad de horas de insolación disponibles en la zona y reducir los costes y dependencia de las variaciones de las tarifas de suministro eléctrico, se plantea la opción de emplear un sistema mixto de suministro de energía (horas P6 y sistema fotovoltaico), como combinación de las dos alternativas anteriores.

Este sistema de suministro eléctrico consta de ventajas e inconvenientes, de manera esquemática:

**VENTAJAS:**

- Aprovechar las horas de insolación para reducir el coste energético.
- Posibilidad de realizar el riego ante problemas de distribución de la empresa suministradora de energía.
- Disponibilidad de emplear el suministro de energía de la forma más beneficiosa para la Comunidad de Regantes.



- Menor superficie, que en la alternativa anterior, necesaria para la instalación de placas solares al emplear un sistema mixto de suministro.

**INCONVENIENTES:**

- Aumento de la inversión inicial como consecuencia de los elevados costes de la instalación fotovoltaica.
- Sistema dependiente de las condiciones meteorológicas. Ello conlleva el riesgo de pérdida de eficiencia del suministro como consecuencia de inclemencias meteorológicas (días nublados, nieblas, etc.).
- La superficie necesaria para la instalación del número de placas solares que permitan generar la potencia demandada, aunque menor que en la alternativa anterior, sería igualmente muy elevada.

**4.4 CONCLUSIÓN DEL TIPO DE ENERGÍA A EMPLEAR**

Teniendo en cuenta las ventajas e inconvenientes de las alternativas planteadas, se considera que la mejor opción es obtener la energía necesaria mediante horas eléctricas P6, por los siguientes motivos:

- Menor coste en las instalaciones necesarias.
- Menor superficie de suelo de ocupación.
- Menores costes de mantenimiento que en las otras alternativas.
- Mayor garantía y fiabilidad de suministro eléctrico.

*Se adjunta, como apéndice nº 7.1, documento en el que se recogen los cálculos eléctricos realizados para determinar los costes de energía estimados para las alternativas explicadas en los apartados segundo y tercero del presente anejo (sistemas de captación y de impulsión), teniendo en cuenta la alternativa de Energía de Elevación elegida (EE.1).*

**5. TIPO DE TUBERÍA A EMPLEAR (TT)**

Dadas las necesidades de caudal y de presión que hacen falta para subir el agua a la balsa de riego planteada, surge la necesidad de valorar el material de la tubería más idóneo para dicha actuación. El material de la tubería a emplear deberá tener las siguientes características:

- Funcional y competitivo, con buenos rendimientos.
- Gran resistencia, tanto a las cargas exteriores como interiores.
- Durabilidad.
- Facilidad en la instalación y mantenimiento.

Considerando las características que ofrecen los distintos fabricantes y los caudales y presiones de cálculo que tendrán que soportar las tuberías se han planteado las siguientes alternativas:

- Utilización de tubería de acero helicosoldado (ACH) revestido interior y exteriormente.
- Utilización de tubería de hormigón armado con camisa de chapa (HACC).

A continuación se analizan ambos tipos de tuberías con el fin de determinar el más idóneo para el presente Anteproyecto.

### 5.1 TUBERÍA DE ACERO (TT.1)

Dada la importancia de la tubería a diseñar para la impulsión de los volúmenes de agua y de la que dependerá toda la Zona Regable, se considera oportuno el diseño de la misma con materiales fiables y óptimos. En este sentido se considera proponer una tubería a base de acero helicSoldado S275JO revestido interiormente de imprimación epoxi de 300 micras y exteriormente con polietileno extruido de 3 mm.

En la siguiente figura se muestra un esquema de la sección de la colocación en zanja de la tubería necesaria para satisfacer las necesidades de caudal (tubería de diámetro normal DN 2000):

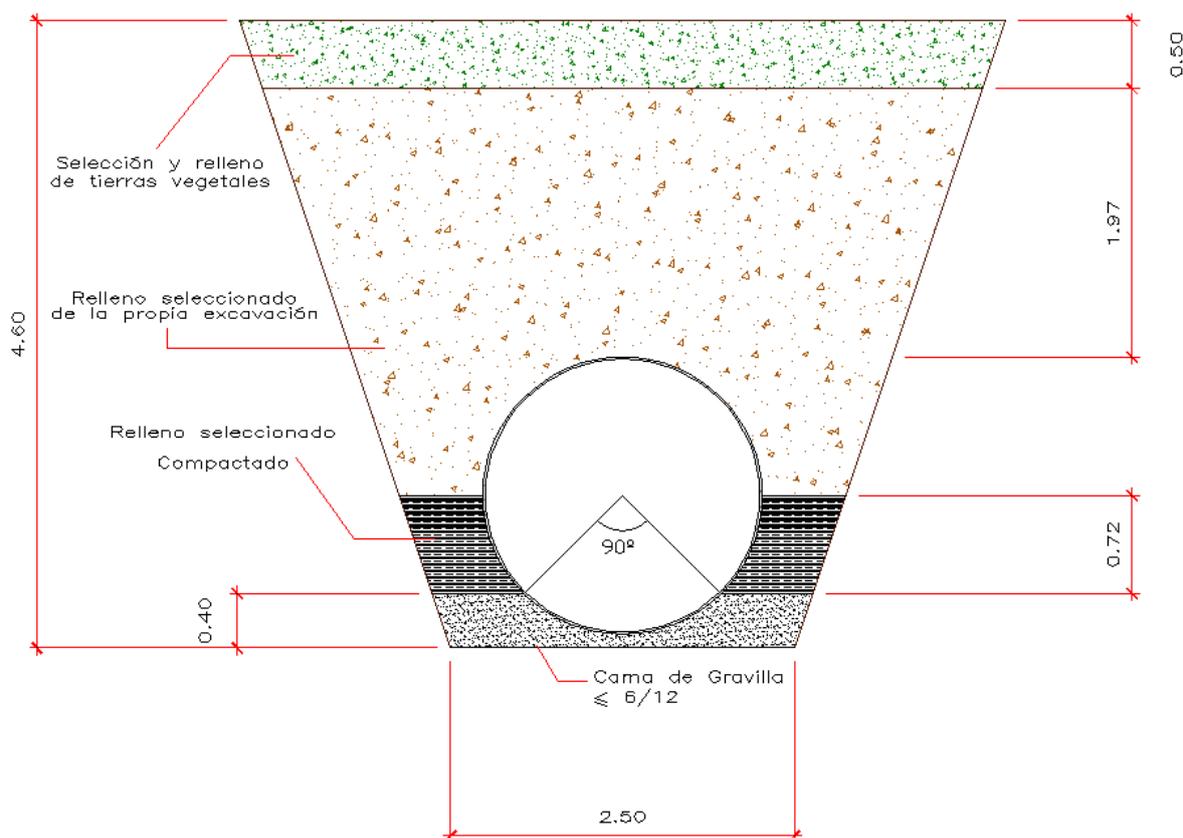


Figura 1: Esquema de la sección tipo de zanja para la instalación de la tubería de ACH.

Se valoran las siguientes ventajas e inconvenientes:

#### VENTAJAS:

- Adecuación del espesor de la tubería a las necesidades estrictas y específicas de la conducción.
- Facilidad, comodidad y versatilidad en la instalación, modificaciones, mantenimiento y reparaciones.
- Mínimas necesidades de anclaje de las piezas especiales por no ir enchufadas, sino soldadas o atornilladas.
- Revestimiento interior y exterior de la conducción para evitar la corrosión, mejorar la resistencia ante impactos y conseguir un buen coeficiente de fricción hidráulica.



- Posibilidad de doble cordón de soldadura en el tubo (interior y exteriormente).
- Perfección en el acabado de la soldadura y homogeneidad absoluta de diámetros y espesores.
- Acomodación a las necesidades de la obra en cuanto a la longitud de cada tubo, siempre dentro de unos máximos, estando condicionados a la longitud del transporte (13,5 m).
- Posibilidad de fabricar piezas especiales a la medida.
- El acero es de los materiales más flexibles comparado con otros utilizados en conducciones.
- Facilidad de unión de los tubos debido a la tolerancia admitida.
- Máxima garantía de calidad y seguridad.
- Los revestimientos, además de proteger el propio tubo, aseguran un excelente comportamiento con el paso del tiempo y mejoran la circulación del fluido.

**INCONVENIENTES:**

- Elevado coste de tubería por metro lineal.
- Necesidad de prever la protección catódica.

**5.2 TUBERÍA DE HORMIGÓN (TT.2)**

Las tuberías estarán formadas por una pared de hormigón que contendrá en su interior una camisa cilíndrica de chapa que le confiere estanquidad, siendo parte de la armadura resistente, normalmente situada más próxima al paramento interior, y una armadura transversal, dispuesta en una o varias capas, bien enrollada sobre la camisa o rigidizada mediante soldadura con otra longitudinal.

El dimensionamiento mecánico de los tubos se realiza mediante la aplicación del método de cálculo definido en la "Instrucción del Instituto Eduardo Torroja" para tubos de hormigón armado.

En la siguiente figura se muestra un esquema de la sección de la colocación en zanja de la tubería necesaria para tubería de DN2000 y presiones nominales mayores o iguales a 15 bar:

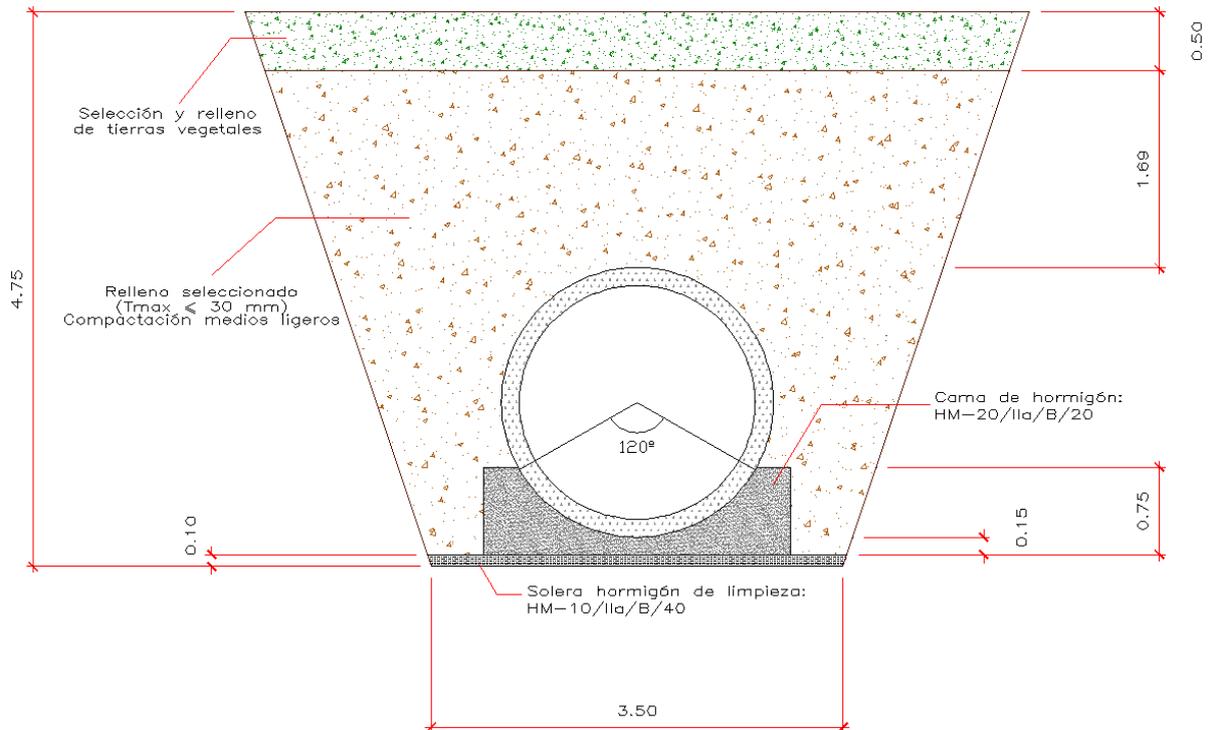


Figura 2: Esquema de instalación en zanja-tipo de tubería de HACC, DN2000 y PN mayores o iguales a PN15.

Para la instalación de la tubería con presiones nominales menores a PN15 y DN2000, el esquema de instalación en zanja sería:

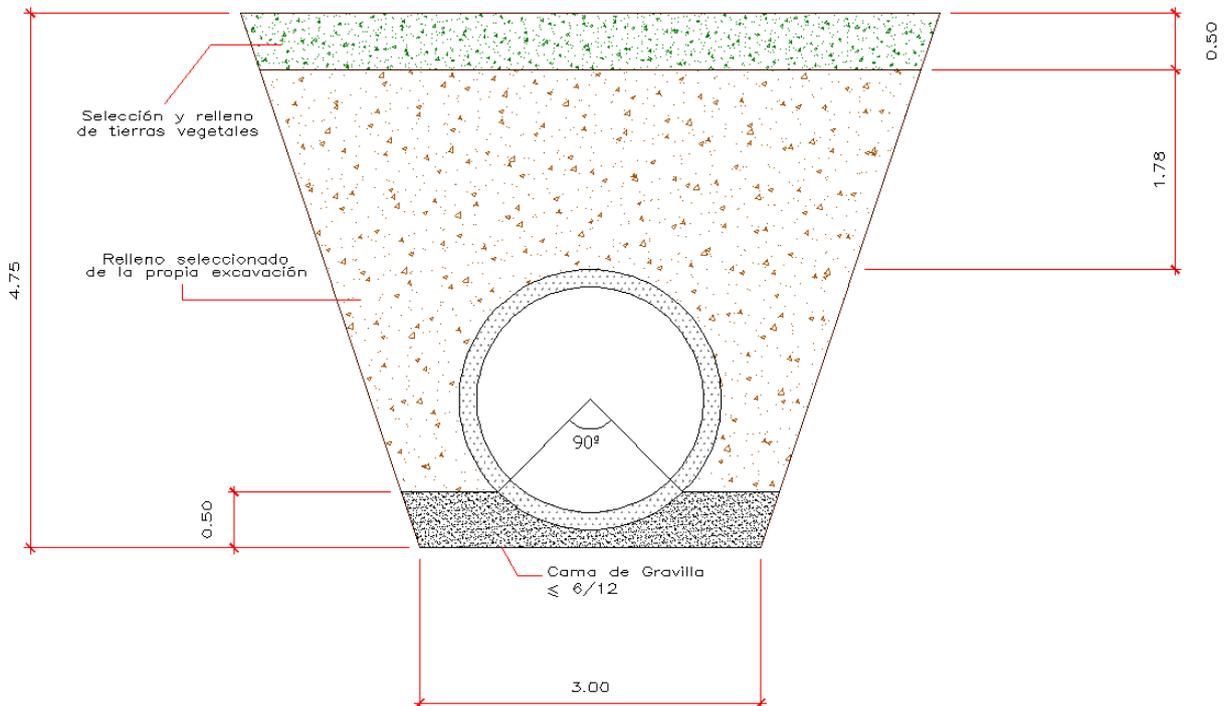


Figura 3: Esquema de instalación en zanja-tipo de tubería de HACC, DN2000 y PN menores de PN15.



Se valoran las siguientes ventajas e inconvenientes que conlleva el empleo de este material de tubería frente a otros:

**VENTAJAS:**

- Conservación y mantenimiento mínimos.
- Disminución de la rugosidad a lo largo del tiempo.
- Estos tubos son menos sensibles a los efectos de fatiga producidos por las variaciones de presión.
- Buen comportamiento de este material ante cualquier esfuerzo, tanto interior como exterior.
- Suministro de piezas especiales (tes, conos de reducción, codos, etc.) fabricadas en chapa con la resistencia necesaria y con las mismas boquillas que los tubos para su perfecta conexión, o con salidas a bridas según las necesidades.
- Estanquidad del tubo gracias a la camisa de chapa soldada helicoidalmente.
- El hormigón mantiene en un ambiente básico la chapa y las armaduras pasivas, lo que hace que su “pasivación” proteja eficazmente a estos materiales y no sea necesario ninguna conservación en este aspecto ya que confiere una protección química no orgánica, dando una garantía de conservación muy superior a la chapa simplemente protegida con pintura.
- El interior está hecho con hormigón y no modifica las características del agua transportada, por lo que ésta no ve alteradas sus condiciones.
- Las características resistentes del hormigón mejoran con el tiempo.
- La junta elástica permite un posible asiento diferencial entre el tubo anterior y posterior debido a diferentes tipos de lecho, cargas verticales, etc. Además la junta de caucho, garantiza la no continuidad eléctrica entre tubos evitándose la protección catódica de la conducción.

**INCONVENIENTES:**

- Coeficiente de rugosidad mayor que los materiales de otros tubos, por consecuencia se generan mayores pérdidas de carga.
- Posible aparición de fisuras y coqueras, a consecuencia del proceso de desmoldado y posterior fraguado, que en función de su tamaño deberán ser reparadas en fábrica, incluso en campo.
- Los tubos no se pueden cortar por lo que exige tener una buena organización de envío de tubería a cada tajo.
- Plazo de ejecución mayor que en la alternativa anterior. En caso de tener que fabricar un tubo el plazo mínimo de entrega es de unos 24 días debido fundamentalmente al fraguado del hormigón.
- Para efectuar una reparación en la tubería es necesario hacerlo desde el interior.
- El tipo de apoyo influye enormemente en los esfuerzos que soportará el tubo debiendo adaptarse perfectamente al tubo, hasta alcanzar el ángulo de la cama de apoyo. Los apoyos necesarios penalizan el empleo de este tipo de material para presiones nominales mayores a 12,5 bar, ya que se deben disponer cunas de hormigón que garanticen un apoyo rígido de 120º.

### 5.3 CONCLUSIÓN DEL MATERIAL DE TUBERÍA A EMPLEAR

#### 5.3.1 COSTE DE INSTALACIÓN

Se realizará un cálculo estimativo del coste de instalación de cada una de las tuberías propuestas: acero helicosoldado vs. hormigón armado.

Se cuantificarán los importes de excavación, tubería, instalación y relleno de la zanja ejecutada. Para ello se considerará una zanja tipo como las que han mostrado anteriormente. Los precios considerados son los empleados para la redacción de este anteproyecto y se consideran ajustados al mercado ya que se han consultado los precios existentes para las unidades de obra a considerar.

#### MEDICIÓN Y PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN A BASE DE TUBERÍA DE ACERO HELICOSOLDADO.

- 10 100 m de tubería ACH de diámetro exterior 2032 mm, 18 mm de espesor, revestimiento interior 300 micras de epoxi y 3 mm de revestimiento exterior de polietileno
- 1 % del coste de la tubería como importe para la protección catódica
- Excavación en zanja: 18,5533 m<sup>3</sup>/m
- Cama de gravilla: 0,7587 m<sup>3</sup>/m
- Relleno compactado: 0,9328 m<sup>3</sup>/m
- Relleno seleccionado: 11,0189 m<sup>3</sup>/m
- Separación y relleno de tierras vegetales: 2,7000 m<sup>3</sup>/m
- Transporte del volumen ocupado por tubo y relleno de gravilla: 4,0016 m<sup>3</sup>/m

EJECUCIÓN MATERIAL	medición ud/m	coste €/ud	coste €/m
EXCAVACIÓN	18.5533 m <sup>3</sup>	1.80	33.40
TUBERÍA Y PIEZAS ESPECIALES	1 m	806.08	806.08
PROTECCIÓN TUBERÍA	1 %	8.06	8.06
INSTALACIÓN TUBERÍA	1 m	27.08	27.08
CAMA DE GRAVILLA	0,7587 m <sup>3</sup>	10.60	8.04
RELLENO COMPACTADO	0.9328 m <sup>3</sup>	3.75	3.50
RELLENO SELECCIONADO	11.0189 m <sup>3</sup>	1.00	11.02
SEPARACIÓN Y RELLENO TIERRAS VEGETALES	2.7000 m <sup>3</sup>	3.75	10.13
TRANSPORTE TIERRAS EXCEDENTES	4.0016 m <sup>3</sup>	8.75	35.01
<b>COSTE UNITARIO DE EJECUCIÓN MATERIAL (€/m)</b>			<b>942.32</b>

#### MEDICIÓN Y PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN A BASE DE TUBERÍA DE HORMIGÓN ARMADO CON CAMISA DE CHAPA.

- 10 100 m de tubería HACC de DN2000, distribuidos por presiones nominales según las líneas piezométricas de la impulsión: 4664 m de PN15, 4504 m de PN12,5 y 932 m de PN7,5
- TUBERÍA HACC PN15, JUNTA SOLDADA:
  - Excavación en zanja: 24.1458 m<sup>3</sup>/m



- Hormigón de limpieza HM-10: 0.3533 m<sup>3</sup>/m
- Hormigón de cuna de tubería HM-20: 1.0928 m<sup>3</sup>/m
- Relleno seleccionado: 16.3515 m<sup>3</sup>/m
- Separación y relleno de tierras vegetales: 3.2500 m<sup>3</sup>/m
- Transporte del volumen ocupado por tubo y hormigones: 5.6371 m<sup>3</sup>/m
- TUBERÍA HACC PN<15, JUNTA ELÁSTICA:
  - Excavación en zanja: 21.7708 m<sup>3</sup>/m
  - Cama de gravilla: 1.5559 m<sup>3</sup>/m
  - Relleno seleccionado: 13.3773 m<sup>3</sup>/m
  - Separación y relleno de tierras vegetales: 3.0000 m<sup>3</sup>/m
  - Transporte del volumen ocupado por tubo y hormigones: 5.7469 m<sup>3</sup>/m

<b>EJECUCIÓN MATERIAL DN2000 PN15 HACC JUNTA SOLDADA (4664 m)</b>	<b>medición ud/m</b>	<b>coste €/ud</b>	<b>coste €/m</b>
EXCAVACIÓN	24.1458 m <sup>3</sup>	1.80	43.46
TUBERÍA Y PIEZAS ESPECIALES	1 m	1119.89	933.24
HORMIGÓN DE LIMPLIEZA HM-10	0.3533 m <sup>3</sup>	55.00	19.43
HORMIGÓN CUNA HM-20	1.0928 m <sup>3</sup>	70.00	76.50
INSTALACIÓN DE TUBERÍA SOLDADA	1 m	131.43	131.43
RELLENO SELECCIONADO	16.3515 m <sup>3</sup>	1.00	16.35
SEPARACIÓN Y RELLENO TIERRAS VEGETALES	3.2500 m <sup>3</sup>	3.75	12.19
TRANSPORTE TIERRAS EXCEDENTES	5.6371 m <sup>3</sup>	8.75	49.32
<b>COSTE UNITARIO DE EJECUCIÓN MATERIAL (€/m)</b>			<b>1281.92</b>

<b>EJECUCIÓN MATERIAL DN2000 PN12,5 HACC JUNTA ELÁSTICA (4504 m)</b>	<b>medición ud/m</b>	<b>coste €/ud</b>	<b>coste €/m</b>
EXCAVACIÓN	21.7708 m <sup>3</sup>	1.80	39.19
TUBERÍA, PIEZAS ESPECIALES Y ANCLAJES	1 m	1137.94	948.28
CAMA DE GRAVILLA	1.5559 m <sup>3</sup>	10.60	16.49
INSTALACIÓN DE TUBERÍA JUNTA ELÁSTICA	1 m	50.29	50.29
RELLENO SELECCIONADO	13.3773 m <sup>3</sup>	1.00	13.38
SEPARACIÓN Y RELLENO TIERRAS VEGETALES	3.0000 m <sup>3</sup>	3.75	11.25
TRANSPORTE TIERRAS EXCEDENTES	5.7469 m <sup>3</sup>	8.75	50.29
<b>COSTE UNITARIO DE EJECUCIÓN MATERIAL (€/m)</b>			<b>1129.17</b>

<b>EJECUCIÓN MATERIAL DN2000 PN7,5 HACC JUNTA ELÁSTICA (932 m)</b>	<b>medición ud/m</b>	<b>coste €/ud</b>	<b>coste €/m</b>
EXCAVACIÓN	21.7708 m <sup>3</sup>	1.80	39.19
TUBERÍA, PIEZAS ESPECIALES Y ANCLAJES	1 m	1137.94	709.12
CAMA DE GRAVILLA	1.5559 m <sup>3</sup>	10.60	16.49
INSTALACIÓN DE TUBERÍA JUNTA ELÁSTICA	1 m	50.29	50.29
RELLENO SELECCIONADO	13.3773 m <sup>3</sup>	1.00	13.38
SEPARACIÓN Y RELLENO TIERRAS VEGETALES	3.0000 m <sup>3</sup>	3.75	11.25



EJECUCIÓN MATERIAL DN2000 PN7,5 HACC JUNTA ELÁSTICA (932 m)	medición ud/m	coste €/ud	coste €/m
TRANSPORTE TIERRAS EXCEDENTES	5.7469 m <sup>3</sup>	8.75	50.29
<b>COSTE UNITARIO DE EJECUCIÓN MATERIAL (€/m)</b>			<b>890.01</b>

Después de todo lo anterior se calculará el coste medio ponderado de ejecución del tramo de aducción de un total de 10100 m previstos:

$$Coste\ medio_{HACC} = \frac{1281.92 \cdot 4664 + 1129.17 \cdot 4504 + 890.01 \cdot 932}{10100} = 1177,64 \text{ €/m}$$

A la vista de lo anterior, el coste de ejecución de la tubería de aducción a base de HACC sería más cuantioso en lugar de hacerlo por medio de tubería de ACH. A ello habría que añadir que la rugosidad del interior de la tubería de hormigón es mayor que la de acero, por lo que respalda la elección de la tubería de ACH.

### 5.3.2 COSTE DE ELEVACIÓN

Dado que la capacidad hidráulica de la tubería de hormigón es menor que la de la del acero, se calculará a continuación el incremento de potencia que sería necesario para elevar la misma cantidad de agua a la balsa de regulación.

Se han calculado las pérdidas de carga del tramo de tubería de aducción para cada tubería en función de los siguientes condicionantes:

PARÁMETRO	ACH	HACC
diámetro interior (mm)	2000	1996
rugosidad (mm)	0.05	0.3
% pérdidas de carga en puntos singulares	4	4
caudal (l/s)	8846	
pérdidas de carga (mca)	22.1	28.1
pérdidas de carga ‰	2.18	2.78

La diferencia de presiones obtenida entre el empleo de tubería de ACH y HACC sería de 6 mca. Se hace a continuación el cálculo de lo que representa un incremento en la potencia de bombeo de 6 mca en la impulsión para tener perspectiva en cuanto a la elección de la tubería de la impulsión y su coeficiente de rugosidad.

A continuación se calcula la potencia de impulsión necesaria que requerirán los equipos de bombeo por cada mca:

$$Potencia = \frac{1\text{ m} \cdot 8846\text{ l/s} \cdot 9,81}{0,9 \times 0,95} \approx 101\text{ kW}$$

El anterior cálculo implicaría que el empleo de tubería HACC respecto al empleo de tubería de ACH supondría un **incremento** de potencia a instalar de **606 kW**.

El anterior cálculo refuerza la elección del empleo de tubería de ACH en lugar de tubería de HACC, además de por su menor coste de instalación debido a los timbrajes necesarios dado el perfil longitudinal de la aducción.



## 6. JUSTIFICACIÓN DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA

Valorando el análisis realizado para cada una de las alternativas planteadas, se propone la siguiente alternativa en el diseño como la más idónea:

- **Utilización/Ubicación de la Balsa de Regulación Canal (UB).** Se propone como más ventajosa la alternativa UB.1, es decir, aprovechar las balsas existentes en el entorno de Los Valverdes como zona de captación y regulación del Canal.  
A priori, dado el elevado coste de la tubería a emplear, desde un punto de vista cuantitativo podría resultar más ventajosa realizar una nueva balsa de regulación en Arroyo del Gato (la solución UB2), al reducirse la distancia desde la captación a la zona regable aproximadamente un 30-40 %. Sin embargo, realizar una nueva balsa conllevaría una serie de condicionantes que superan lo meramente económico: mayor número de expropiaciones, movimientos de tierras, impacto ambiental, etc.  
Por lo tanto, desde un punto de vista técnico-cualitativo se cree que el planteamiento más idóneo, en lo que a sistema de captación y regulación respecta, es la utilización de las balsas de agua existentes en el entorno de Los Valverdes.
- **Sistema de Impulsión (SI).** Desde un punto de vista técnico, cualitativo y cuantitativo, se considera que la alternativa que mejor optimiza los costes energéticos, los de explotación y mantenimiento, es la SI.3, es decir, la elevación (en horas P6) del agua a una balsa de regulación que se encuentre “dominando” un porcentaje alto (aproximadamente 80 %) de la superficie y dos rebombes directos para el riego de la superficie restante (aproximadamente el 20 %).
- **Fuente de energía de Elevación (EE).** Se ha considerado como mejor alternativa el suministro de energía eléctrica mediante abastecimiento a través de compañía suministradora en horas eléctricas P6, descartando las alternativas de suministro fotovoltaico o suministro mixto (compañía-fotovoltaico).
- **Tipo de tuberías a emplear en la aducción (TT).** Se ha considerado como mejor alternativa el empleo de tubería de acero helicosoldado S275JO revestido interior y exteriormente (TT.1), frente al empleo de tubería de hormigón armado con camisa de chapa ya que las presiones a soportar penalizan el empleo de esta última.

**GOBIERNO DE EXTREMADURA**

Consejería de Agricultura,  
Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Energía

**DELIMITACIÓN CARTOGRÁFICA,  
ANTEPROYECTO Y ESTUDIO DE COSTES DE LA  
ZONA REGABLE DE ARROYO DEL CAMPO  
(BADAJOZ)**

EXPTE.: 1433SE1FR393



Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural:  
Europa invierte en las zonas rurales

# **APÉNDICE Nº 7.1**

## **CÁLCULOS ELÉCTRICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SI**



## ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	3
2.	PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO .....	3
2.1	TIPOS DE HORAS NECESARIAS Y DISPONIBLES .....	3
2.1.1	HORAS NECESARIAS DE CAUDAL NOMINAL .....	3
2.1.2	HORAS DISPONIBLES POR PERÍODO .....	4
2.1.3	HORAS/PERÍODO Y MES .....	4
3.	COSTES DE ENERGÍA .....	4
3.1	TÉRMINO POTENCIA .....	5
3.2	TÉRMINO ENERGÍA EN kWh .....	5
3.3	TÉRMINO ENERGÍA EN EUROS .....	6
3.4	COSTE TOTAL EN EUROS .....	6
4.	TABLAS RESUMEN DE LOS CÁLCULOS REALIZADOS .....	8
4.1	ALTERNATIVA 1: BOMBEO DIRECTO .....	8
4.2	ALTERNATIVA 2: TODO A UNA BALSA .....	11
4.3	ALTERNATIVA 3: UNA BALSA + DOS REBOMBEO .....	14
4.3.1	REBOMBEO OESTE .....	17
4.3.2	REBOMBEO ESTE .....	20
5.	RESULTADOS .....	23



## 1. INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta que el presente apéndice únicamente considera las necesidades energéticas, las cuatro alternativas que se han estudiado en lo que al sistema de impulsión se refiere, se pueden reducir al cálculo de tres alternativas debido a las grandes similitudes entre las alternativas nºs 3 y 4, en cuanto al consumo de energía (el bombeo del agua desde la zona de captación hasta la balsa adicional de la alternativa 4, se considerará un 5 % mayor que la alternativa 3, y por tanto no se desarrollan los cálculos de la alternativa 4). Consiguientemente, los cálculos eléctricos realizados corresponden a las siguientes alternativas planteadas:

- **Alternativa 1:** Bombeo directo desde la balsa de los Valverdes a la Zona regable.
- **Alternativa 2:** Bombeo desde la balsa de los Valverdes a una nueva balsa a construir a una altitud que le permita “dominar” toda la superficie regable.
- **Alternativa 3:** Bombeo desde la balsa de los Valverdes a una nueva balsa a construir a una altitud que le permita “dominar” un porcentaje próximo al 80 % de la superficie regable, siendo necesario realizar dos rebombes desde dicha balsa al resto de la superficie regable, aproximadamente el 20 % del total.

En las tablas recogidas en el punto cuarto del presente apéndice se han abreviado los nombres de las distintas alternativas citadas anteriormente, designando a cada una de ellas como a continuación se indica:

- **Alternativa 1:** Bombeo directo.
- **Alternativa 2:** Todo a una balsa.
- **Alternativa 3:** Una balsa + Rebombes.

Realizando los cálculos de forma independiente para cada uno de los rebombes necesarios:

- Rebombeo Oeste.
- Rebombeo este.

Durante los distintos cálculos se ha realizado redondeo a dos decimales.

## 2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

### 2.1 TIPOS DE HORAS NECESARIAS Y DISPONIBLES

#### 2.1.1 HORAS NECESARIAS DE CAUDAL NOMINAL

Para el cálculo de las horas necesarias, se ha partido de las demandas de caudal detalladas en el anejo nº 6 (Alternativas de Cultivos Necesidades Hídricas) expresadas en  $m^3/ha$ . Para obtener de cada mes el número de horas de impulsión necesarias a caudal o régimen nominal, se multiplica las demandas hídricas del mes correspondiente por el número de hectáreas abastecidas y se divide por el caudal nominal del bombeo previsto, obteniendo así los resultados indicados en las tablas 4.1.1; 4.2.1; 4.3.1; 4.3.1.1; 4.3.2.1 y redondeándolos con un decimal. Además, para realizar los cálculos se ha aplicado en los meses de riego, un coeficiente de seguridad igual al 5 %.



Para los meses de enero, febrero y diciembre, al ser tan bajas las necesidades de demanda hídrica, se ha considerado un período de funcionamiento de las bombas de 2,5 horas al mes como equivalencia a un mínimo mantenimiento y puesta a punto de los equipo.

### 2.1.2 HORAS DISPONIBLES POR PERÍODO

Se han tenido en cuenta los días laborables y los fines de semana y festivos no sustituibles para los distintos meses del año.

### 2.1.3 HORAS/PERÍODO Y MES

El número de horas disponibles por período se ha obtenido de la distribución horaria de tarifas de alta tensión con discriminación horaria de 6 períodos:

#### PROPUESTA DE DISTRIBUCION HORARIA DE TARIFAS DE ACCESO GENERALES DE ALTA TENSIÓN EN 6 PERIODOS

Circular CNMC 3/2014

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
8	2	2	2	5	5	4	4	4	4	4	2	2
9	2	2	2	5	5	4	4	4	4	4	2	2
10	1	1	1	5	5	3	3	3	3	3	1	1
11	1	1	1	5	5	3	3	3	3	3	1	1
12	1	1	1	5	5	3	3	3	3	3	1	1
13	1	1	1	5	5	3	3	3	3	3	1	1
14	2	2	2	5	5	4	4	4	4	4	2	2
15	2	2	2	5	5	4	4	4	4	4	2	2
16	2	2	2	5	5	4	4	4	4	4	2	2
17	2	2	2	5	5	4	4	4	4	4	2	2
18	1	1	1	5	5	3	3	3	3	3	1	1
19	1	1	1	5	5	3	3	3	3	3	1	1
20	1	1	1	5	5	3	3	3	3	3	1	1
21	1	1	1	5	5	3	3	3	3	3	1	1
22	2	2	2	5	5	4	4	4	4	4	2	2
23	2	2	2	5	5	4	4	4	4	4	2	2

NOTA: El PERIODO 6 incluye, además de las horas señaladas, todas las horas de fines de semana y fiestas nacionales no sustituibles de fecha fija

El número de horas, para cada período de tarifa, indicados en las tablas se ha obtenido de la siguiente forma:

- **Horas P1 y P2:** 8 horas x nº días laborables → (enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre).
- **Horas P3 y P4:** 8 horas x nº días laborables → (junio, julio, agosto, septiembre, octubre).
- **Horas P5:** 16 horas x nº días laborables → (abril y mayo).
- **Horas P6:** 8 horas x nº días laborables + 24 horas x nº días no laborables (fines de semana y festivos no sustituibles) → (durante todo el año).

### 3. COSTES DE ENERGÍA

El coste de suministro eléctrico se puede desglosar de la siguiente forma:



- Coste debido al término de potencia.
- Coste debido a la energía consumida.
- Costes debido a impuestos.

Los precios empleados para la realización de los cálculos son los precios reales para la Comunidad de Regantes del Canal del Zújar durante el año 2014. A continuación se indica cómo se han obtenido cada uno de los costes.

### 3.1 TÉRMINO POTENCIA

Para calcular el coste correspondiente a la potencia, se multiplica el coste del kW por el número de días del mes y la potencia contratada. Los valores obtenidos son los indicados en las tablas 4.1.2; 4.2.2; 4.3.2; 4.3.1.2 y 4.3.2.2.

### 3.2 TÉRMINO ENERGÍA EN kWh

Para calcular la energía consumida, se multiplica el coste del kWh por el número de días del mes y la potencia demandada (potencia de cálculo).

Se han considerado las siguientes premisas:

- En meses de no riego (enero, febrero, noviembre y diciembre) se tendrá un consumo permanente de 1 kW.
- En los períodos no óptimos de riego (marzo, abril y octubre) se considera un consumo residual de 2,5 kW permanentes.

Los valores reflejados en las tablas (4.1.3; 4.2.3; 4.3.3; 4.3.1.3 y 4.3.2.3) se han obtenido para cada uno de los períodos de tarificación de la siguiente forma:

- o **Horas P1 y P2:** conforme a la distribución horaria de tarifas de alta tensión con discriminación horaria de 6 períodos, en los meses en los que está disponible la tarifa (enero, febrero, marzo, noviembre y diciembre) se obtiene multiplicando el número de horas del período por los consumos considerados (1 kW y 2,5 kW, según proceda). Para el resto de meses del año no se dispone de esta tarifa, y por lo tanto el término de energía consumida es igual a cero.
- o **Horas P3:** conforme a la distribución horaria de tarifas de alta tensión con discriminación horaria de 6 períodos, en los meses en los que está disponible la tarifa (junio, julio, agosto, septiembre, octubre) se obtiene multiplicando el número de horas del período por los consumos considerados (1 kW y 2,5 kW, según proceda). Para el resto de meses del año no se dispone de esta tarifa, y por lo tanto el término de energía consumida es igual a cero.
- o **Horas P4:**
  - Conforme a la distribución horaria de tarifas de alta tensión con discriminación horaria de 6 períodos, en los meses en los que no está disponible la tarifa (enero, febrero, marzo, abril, mayo, noviembre y diciembre) el término de energía consumida es igual a cero.
  - Para el mes de octubre (período de riego no óptimo) la energía consumida se obtiene multiplicando el número de horas del período por los consumos considerados (2,5 kW).



- En bombeos directos, para los meses de junio, agosto, septiembre se obtiene de la siguiente forma: horas necesarias de caudal nominal x 14,6 % x Potencia de cálculo x 1,1 (coeficiente de seguridad).
- Para el mes de julio: Producto de la potencia demandada o de cálculo y el número de horas de funcionamiento, que resulta de la diferencia entre el número de horas P6 del período y las horas necesarias de caudal nominal.
- o **Horas P5:**
  - Conforme a la distribución horaria de tarifas de alta tensión con discriminación horaria de 6 períodos, en los meses en los que no está disponible la tarifa (enero, febrero, marzo, junio, julio, septiembre, octubre, noviembre y diciembre) el término de energía consumida es igual a cero.
  - Para el mes de abril (período de riego no óptimo) la energía consumida se obtiene multiplicando el número de horas del período por los consumos considerados (2,5 kW).
  - En bombeos directos, para el mes de mayo se obtiene de la siguiente forma: horas necesarias de caudal nominal x 14,6 % x Potencia de cálculo x 1,1 (coeficiente de seguridad).
- o **Horas P6:**
  - Para los meses de enero, febrero y diciembre se obtiene de la siguiente forma: Horas necesarias de caudal nominal x Potencia demandada o de cálculo.
  - Para los meses de riego no óptimos (marzo, abril, octubre y noviembre) se obtiene de la siguiente forma: Horas necesarias de caudal nominal x Potencia demandada o de cálculo x 1,1 (coeficiente de seguridad).
  - En bombeos directos, para los meses de riego (mayo, junio, julio, agosto, septiembre) se obtiene de la siguiente forma: Horas necesarias de caudal nominal x 85,4 % x Potencia de cálculo x 1,1 (coeficiente de seguridad).

### 3.3 TÉRMINO ENERGÍA EN EUROS

Para calcular el coste correspondiente a la energía consumida, se multiplica la cantidad de kWh, obtenida en las tablas 4.1.3; 4.2.3; 4.3.3; 4.3.1.3 y 4.3.2.3, por el valor del kWh.

Los valores obtenidos son los indicados en las tablas 4.1.4; 4.2.4; 4.3.4; 4.3.1.4 y 4.3.2.4.

### 3.4 COSTE TOTAL EN EUROS

Para calcular el coste total de la energía eléctrica necesaria, se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- Término potencia (TP): se suman los costes de las distintas tarifas horarias para cada mes (coste total) y se incrementan el 5,1127% (Impuesto eléctrico).
- Término energía (TE): se suman los costes de las distintas tarifas horarias para cada mes (coste total) y se incrementan el 5,1127% (Impuesto eléctrico).
- Equipos de medida: incluye el alquiler de los equipos de medida, es un coste fijo al mes. Para la realización de los cálculos se ha estimado un coste fijo de 64 euros/mes.
- Valor Impuesto añadido (IVA): actualmente igual al 21%.

Los valores obtenidos son los indicados en las tablas 4.1.5; 4.2.5; 4.3.5; 4.3.1.5 y 4.3.2.5.



#### 4. TABLAS RESUMEN DE LOS CÁLCULOS REALIZADOS

##### 4.1 ALTERNATIVA 1: BOMBEO DIRECTO

HORAS DE BOMBEO														
BOMBEO DIRECTO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO/TOTAL	COSTE LUZ (€/ha)
Demanda (m <sup>3</sup> /ha)	0	3,5	73,9	265,3	643,7	1437,5	1759,2	1085,6	551,1	93	52,4	5,71	5970,91	242,5851
Hectáreas bombeo = 4.322	0	15127	319396	1146627	2782071	6212875	7603262	4691963	2381854	401946	226473	24679	25806273	m <sup>3</sup>
Caudal de bombeo = 16.676 m <sup>3</sup> /h														
Horas necesarias a caudal nominal	2,5	2,5	20,1	72,2	175,2	391,2	478,7	295,4	150,0	25,3	14,3	2,5		
<b>Horas disponibles por período</b>														
días/mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	
días laborables/mes	21	20	22	21	20	22	23	21	22	21	21	21	255	
fin de semana y festivos NO SUSTITUIBLES (* en RD)/mes	10	8	9	9	11	8	8	10	8	10	9	10	110	
<b>Total horas/mes</b>	<b>744</b>	<b>672</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>		
<b>Horas / período y mes</b>														
P1	168	160	176										168	168
P2	168	160	176										168	168
P3						176	184	168	176	168				
P4						176	184	168	176	168				
P5				336	320									
P6	408	352	392	384	424	368	376	408	368	408	384	408	408	408
	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744		

Tabla 4.1.1: Horas de bombeo. (Fuente: Elaboración propia).



BOMBEO DIRECTO															
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.		TOTAL	
<b>TÉRMINO DE POTENCIA (€)</b>													CONTRATADA		
	€/kW-d														
P1	0,067080	20,79	18,78	20,79	20,12	20,79	20,12	20,79	20,79	20,12	20,79	20,12	20,79	10 kW	244,84
P2	0,030380	9,42	8,51	9,42	9,11	9,42	9,11	9,42	9,42	9,11	9,42	9,11	9,42	10 kW	110,89
P3	0,022233	6,89	6,23	6,89	6,67	6,89	6,67	6,89	6,89	6,67	6,89	6,67	6,89	10 kW	81,15
P4	0,022233	1998,75	1805,32	1998,75	1934,27	1998,75	1934,27	1998,75	1998,75	1934,27	1998,75	1934,27	1998,75	2900 kW	23533,63
P5	0,022233	1998,75	1805,32	1998,75	1934,27	1998,75	1934,27	1998,75	1998,75	1934,27	1998,75	1934,27	1998,75	2900 kW	23533,63
P6	0,010144	2421,37	2187,05	2421,37	2343,26	2421,37	2343,26	2421,37	2421,37	2343,26	2421,37	2343,26	2421,37	7700 kW	28509,71
<b>TOTAL</b>	<b>6455,97</b>	<b>5831,20</b>	<b>6455,97</b>	<b>6247,71</b>	<b>6455,97</b>	<b>6247,71</b>	<b>6455,97</b>	<b>6455,97</b>	<b>6247,71</b>	<b>6455,97</b>	<b>6247,71</b>	<b>6455,71</b>		<b>76013,85</b>	

Tabla 4.1.2: Costes correspondientes al término de Potencia. (Fuente: Elaboración propia).

BOMBEO DIRECTO														
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.		TOTAL
<b>ENERGÍA CONSUMIDA (kW·h)</b>														
P1	168	160	440	0	0	0,00	0,00	0	0	0	168	168		1104
P2	168	160	440	0	0	0,00	0,00	0	0	0	168	168		1104
P3	0	0	0	0	0	440,00	460,00	420,00	440,00	420	0	0		2180
P4	0	0	0	0	0	482697,69	789044,10	364491,05	185083,47	420	0	0		1821736,31
P5	0	0	0	840	216177,493	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0		217017,493
P6	19207,5	19207,5	169871,13	610183,86	1264490,27	2823450,87	2888808,00	2132022,97	1082611,53	213817,89	120853,59	19207,5		11363732,6
<b>Total</b>	<b>19543,5</b>	<b>19527,5</b>	<b>170751,13</b>	<b>611023,86</b>	<b>1480667,76</b>	<b>3306588,56</b>	<b>3678312,1</b>	<b>2496934,02</b>	<b>1268135</b>	<b>214657,89</b>	<b>121189,59</b>	<b>19543,5</b>		

Tabla 4.1.3: Energía consumida en kWh. (Fuente: Elaboración propia).



BOMBEO DIRECTO																
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL			
<b>TÉRMINO DE ENERGÍA (€)</b>																
	por contrato	peajes (€/kWh)	€/kW-h													
P1	0,081527	0,015587	0,097114	16,32	15,54	42,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,32	16,32	107,21
P2	0,072700	0,011641	0,084341	14,17	13,49	37,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,17	14,17	93,11
P3	0,071142	0,006204	0,077346	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,03	35,58	32,49	34,03	32,49	0,00	0,00	168,61
P4	0,069794	0,003087	0,072881	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	35179,49	57506,32	26564,47	13489,07	30,61	0,00	0,00	132769,96
P5	0,067967	0,001993	0,069960	0,00	0,00	0,00	58,77	15123,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15182,54
P6	0,051489	0,001247	0,052736	1012,93	1012,93	8958,32	32178,66	66684,16	148897,51	152344,18	112434,36	57092,60	11275,90	6373,33	1012,93	599277,80
<b>Total</b>	<b>1043,41</b>	<b>1041,96</b>	<b>9038,16</b>	<b>32237,42</b>	<b>81807,94</b>	<b>184111,03</b>	<b>209886,08</b>	<b>139031,32</b>	<b>70615,70</b>	<b>11339,00</b>	<b>6403,82</b>	<b>1043,41</b>				

Tabla 4.1.4: Costes correspondientes al término de Energía. (Fuente: Elaboración propia).

BOMBEO DIRECTO														
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL	
<b>INCLUYENDO IMPUESTO ELÉCTRICO</b>														
Impuesto eléctrico (5,1127 %)														
TP	6786,05	6129,33	6786,05	6567,14	6786,05	6567,14	6786,05	6786,05	6567,14	6786,05	6567,14	6786,05	<b>79900,24</b>	
TE	1096,76	1095,23	9500,26	33885,63	85990,53	193524,07	220616,93	146139,58	74226,07	11918,72	6731,23	1096,76	<b>785821,77</b>	
Equipos de medida	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	<b>768,00</b>	
IVA (21 %)	1668,83	1530,60	3433,57	8508,52	19496,52	42032,59	47768,07	32127,82	16980,01	3941,44	2806,10	1668,83	<b>181962,90</b>	
<b>TOTAL (€)</b>	<b>9615,64</b>	<b>8819,16</b>	<b>19783,88</b>	<b>49025,29</b>	<b>112337,10</b>	<b>242187,80</b>	<b>275235,05</b>	<b>185117,45</b>	<b>97837,22</b>	<b>22710,21</b>	<b>16168,47</b>	<b>9615,64</b>	<b>1048452,91</b>	€
COSTE m <sup>3</sup>	#iDIV/0!	0,583	0,0619	0,0428	0,0404	0,039	0,0362	0,0395	0,0411	0,0565	0,0714	0,3896	<b>0,040628</b>	€/m <sup>3</sup>
													<b>0,5195</b>	kW-h/m <sup>3</sup>

Tabla 4.1.5: Costes totales incluyendo impuestos. (Fuente: Elaboración propia).



## 4.2 ALTERNATIVA 2: TODO A UNA BALSA

HORAS DE BOMBEO														
TODO A UNA BALSA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO/TOTAL	COSTE LUZ (€/ha)
Demanda (m <sup>3</sup> /ha)	0	3,5	73,9	265,3	643,7	1437,5	1759,2	1085,6	551,1	93	52,4	5,71	5970,91	291,16
Hectáreas bombeo = 4.322	0	15127	319396	1146627	2782071	6212875	7603262	4691963	2381854	401946	226473	24679	25806273	m <sup>3</sup>
Caudal de bombeo =200221 m <sup>3</sup> /h														
Horas necesarias a caudal nominal	2,0	2,0	16,6	59,5	144,5	322,6	376,0	243,6	123,7	20,9	11,8	2,0		
<b>Horas disponibles por período</b>														
días/mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	
días laborables/mes	21	20	22	21	20	22	23	21	22	21	21	21	255	
finés de semana y festivos NO SUSTITUIBLES (* en RD)/mes	10	8	9	9	11	8	8	10	8	10	9	10	110	
<b>Total horas/mes</b>	<b>744</b>	<b>672</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>		
<b>Horas / período y mes</b>														
P1	168	160	176										168	168
P2	168	160	176										168	168
P3						176	184	168	176	168				
P4						176	184	168	176	168				
P5				336	320									
P6	408	352	392	384	424	368	376	408	368	408	384	408		
	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744		

Tabla 4.2.1: Horas de bombeo. (Fuente: Elaboración propia).



HORAS DE BOMBEO															
TODO A UNA BALSA	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.		TOTAL	
TÉRMINO DE POTENCIA (€)													CONTRATADA		
€/kW·d															
P1	0,067080	20,79	18,78	20,79	20,12	20,79	20,12	20,79	20,79	20,12	20,79	20,12	20,79	10 kW	244,84
P2	0,030380	9,42	8,51	9,42	9,11	9,42	9,11	9,42	9,42	9,11	9,42	9,11	9,42	10 kW	110,89
P3	0,022233	6,89	6,23	6,89	6,67	6,89	6,67	6,89	6,89	6,67	6,89	6,67	6,89	10 kW	81,15
P4	0,022233	895,99	809,28	895,99	867,09	895,99	867,09	895,99	895,99	867,09	895,99	867,09	895,99	1300 kW	10549,56
P5	0,022233	895,99	809,28	895,99	867,09	895,99	867,09	895,99	895,99	867,09	895,99	867,09	895,99	1300 kW	10549,56
P6	0,010144	4130,48	3730,76	4130,48	3997,24	4130,48	3997,24	4130,48	4130,48	3997,24	4130,48	3997,24	4130,48	13135 kW	48633,13

Tabla 4.2.2: Costes correspondientes al término de Potencia. (Fuente: Elaboración propia).

TODO A UNA BALSA														
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.		TOTAL
ENERGÍA CONSUMIDA (kW·h)														
P1	168	160	440	0	0	0,00	0,00	0	0	0	168	168		1104
P2	168	160	440	0	0	0,00	0,00	0	0	0	168	168		1104
P3	0	0	0	0	0	440,00	460,00	420,00	440,00	420	0	0		2180
P4	0	0	0	0	0	440,00	460,00	420,00	440,00	420	0	0		2180
P5	0	0	0	840	800,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0		1640
P6	26268,00	26268,00	218024,40	781473,00	1897863,00	4237028,40	4938384,00	3199442,40	1624675,80	274500,60	154981,20	26268,00		17405176,8
	26604	26588	218904,4	782313	1898663	4237908,4	4939304	3200282,4	1625555,8	275340,6	155317,2	26604		

Tabla 4.2.3: Energía consumida en kWh. (Fuente: Elaboración propia).



TODO A UNA BALSA																
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL			
<b>TÉRMINO DE ENERGÍA (€)</b>																
por contrato	peajes (€/kWh)	€/kW·h														
P1	0,081527	0,015587	0,097114	16,32	15,54	42,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,32	16,32	107,21
P2	0,072700	0,011641	0,084341	14,17	13,49	37,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,17	14,17	93,11
P3	0,071142	0,006204	0,077346	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,03	35,58	32,49	34,03	32,49	0,00	0,00	168,61
P4	0,069794	0,003087	0,072881	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,07	33,53	30,61	32,07	30,61	0,00	0,00	158,88
P5	0,067967	0,001993	0,069960	0,00	0,00	0,00	58,77	55,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	114,73
P6	0,051489	0,001247	0,052736	1385,27	1385,27	11497,73	41211,76	100085,70	223443,93	260430,62	168725,79	85678,90	14476,06	8173,09	1385,27	917879,40
			1415,75	1414,30	11577,57	41270,53	100141,67	223510,03	260499,72	168788,89	85745,00	14539,16	8203,57	1415,75		

Tabla 4.2.4: Costes correspondientes al término de Energía. (Fuente: Elaboración propia).

TODO A UNA BALSA														
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL	
<b>INCLUYENDO IMPUESTO ELÉCTRICO</b>														
Impuesto eléctrico (5,1127 %)														
TP	6264,26	5658,05	6264,26	6062,19	6264,26	6062,19	6264,26	6264,26	6062,19	6264,26	6062,19	6264,26	<b>73756,63</b>	
TE	1488,14	1486,61	12169,50	43380,56	105261,61	234937,43	273818,29	177418,56	90128,89	15282,50	8623,00	1488,14	<b>965483,23</b>	
Equipos de medida	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	<b>768,00</b>	
IVA (21 %)	1641,44	1513,82	3884,53	10396,42	23433,87	50623,36	58830,78	38586,83	20213,57	4538,26	3097,33	1641,44	<b>218401,65</b>	
<b>TOTAL (€)</b>	<b>9457,84</b>	<b>8722,48</b>	<b>22382,29</b>	<b>59903,17</b>	<b>135023,74</b>	<b>291686,98</b>	<b>338977,33</b>	<b>222333,65</b>	<b>116468,65</b>	<b>26149,02</b>	<b>17846,52</b>	<b>9457,84</b>	<b>1258409,51</b>	
COSTE m <sup>3</sup>		0,5766	0,0701	0,0522	0,0485	0,0469	0,0446	0,0474	0,0489	0,0651	0,0788	0,3832	<b>0,048764</b>	
													€/m <sup>3</sup>	
													kW·h/m <sup>3</sup>	

Tabla 4.2.5: Costes totales incluyendo impuestos. (Fuente: Elaboración propia).



### 4.3 ALTERNATIVA 3: UNA BALSA + DOS REBOMBEO

HORAS DE BOMBEO														
UNA BALSA + REBOMBEO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO	COSTE LUZ (€/ha)
Demanda (m <sup>3</sup> /ha)	0	3,5	73,9	265,3	643,7	1437,5	1759,2	1085,6	551,1	93	52,4	5,71	5970,91	173,3823
Hectáreas bombeo = 4.322	0	15127	319396	1146627	2782071	6212875	7603262	4691963	2381854	401946	226473	24679	25806273	m <sup>3</sup>
Caudal de bombeo = 200221 m <sup>3</sup> /h														
Horas necesarias a caudal nominal	2,0	2,0	16,6	59,5	144,5	322,6	376,0	243,6	123,7	20,9	11,8	2,0		
<b>Horas disponibles por período</b>														
días/mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	
días laborables/mes	21	20	22	21	20	22	23	21	22	21	21	21	255	
fin de semana y festivos NO SUSTITUIBLES (* en RD)/mes	10	8	9	9	11	8	8	10	8	10	9	10	110	
<b>Total horas/mes</b>	<b>744</b>	<b>672</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>		
<b>Horas / período y mes</b>														
P1	168	160	176										168	168
P2	168	160	176										168	168
P3						176	184	168	176	168				
P4						176	184	168	176	168				
P5				336	320									
P6	408	352	392	384	424	368	376	408	368	408	384	408		
	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744		

Tabla 4.3.1: Horas de bombeo. (Fuente: Elaboración propia).



UNA Balsa + REBOMBEO														
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL	
TÉRMINO DE POTENCIA (€)													CONTRATADA	
€/kW·d														
P1	0,067080	18,78	20,79	20,12	20,79	20,12	20,79	20,79	20,12	20,79	20,12	20,79	10 kW	244,84
P2	0,030380	8,51	9,42	9,11	9,42	9,11	9,42	9,42	9,11	9,42	9,11	9,42	10 kW	110,89
P3	0,022233	6,89	6,23	6,89	6,67	6,89	6,67	6,89	6,67	6,89	6,67	6,89	10 kW	81,15
P4	0,022233	551,38	498,02	551,38	533,59	551,38	533,59	551,38	533,59	551,38	533,59	551,38	800 kW	6492,04
P5	0,022233	551,38	498,02	551,38	533,59	551,38	533,59	551,38	533,59	551,38	533,59	551,38	800 kW	6492,04
P6	0,010144	2484,57	2243,85	2484,27	2404,13	2484,27	2404,13	2484,27	2404,13	2484,27	2404,13	2484,27	7900 kW	29250,22

Tabla 4.3.2: Costes correspondientes al término de Potencia. (Fuente: Elaboración propia).

UNA Balsa + REBOMBEO													
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
ENERGÍA CONSUMIDA (kW·h)													
P1	168	160	440	0	0	0,00	0,00	0	0	0	168	168	1104
P2	168	160	440	0	0	0,00	0,00	0	0	0	168	168	1104
P3	0	0	0	0	0	440,00	460,00	420,00	440,00	420	0	0	2180
P4	0	0	0	0	0	440,00	460,00	420,00	440,00	420	0	0	2180
P5	0	0	0	840	800,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	1640
P6	15600,80	15600,80	129486,64	464123,80	1127157,80	2516409,04	2932950,40	1900177,44	964909,48	163028,36	92044,72	15600,80	10337090,08
	15936,8	15920,8	130366,64	464963,8	1127957,8	2517289,04	2933870,4	1901017,44	965789,48	163868,36	92380,72	15936,8	

Tabla 4.3.3: Energía consumida en kWh. (Fuente: Elaboración propia).



UNA Balsa + Rebombeos																
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL			
<b>TÉRMINO DE ENERGÍA (€)</b>																
por contrato																
peajes (€/kWh)																
€/kW-h																
P1	0,081527	0,015587	0,097114	16,32	15,54	42,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,32	16,32	107,21
P2	0,072700	0,011641	0,084341	14,17	13,49	37,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,17	14,17	93,11
P3	0,071142	0,006204	0,077346	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,03	35,58	32,49	34,03	32,49	0,00	0,00	168,61
P4	0,069794	0,003087	0,072881	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32,07	33,53	30,61	32,07	30,61	0,00	0,00	158,88
P5	0,067967	0,001993	0,069960	0,00	0,00	0,00	58,77	55,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	114,73
P6	0,051489	0,001247	0,052736	822,72	822,72	6828,61	24476,03	59441,79	132705,35	154672,07	100207,76	50885,47	8597,46	4854,07	822,72	545136,78
				853,21	851,76	6908,45	24534,80	59497,76	132771,45	154741,18	100270,85	50951,57	8660,56	4884,55	853,21	

Tabla 4.3.4: Costes correspondientes al término de Energía. (Fuente: Elaboración propia).

UNA Balsa + Rebombeos														
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL	
<b>INCLUYENDO IMPUESTO ELÉCTRICO</b>														
Impuesto eléctrico (5,1127 %)														
TP	3809,42	3440,76	3809,42	3686,53	3809,42	3686,53	3809,42	3809,42	3686,53	3809,42	3686,53	3809,42	<b>44852,82</b>	
TE	896,83	895,30	7261,66	25789,19	62539,70	139559,65	162652,63	105397,40	53556,57	9103,35	5134,29	896,83	<b>573683,4</b>	
Equipos de medida	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	<b>768,00</b>	
IVA (21 %)	1001,75	924,01	2338,37	6203,34	13946,76	30095,14	34970,47	22946,87	12034,49	2725,12	1865,81	1001,75	<b>130053,88</b>	
<b>TOTAL (€)</b>	<b>5772,00</b>	<b>5324,07</b>	<b>13473,45</b>	<b>35743,06</b>	<b>80359,88</b>	<b>173405,32</b>	<b>201496,52</b>	<b>132217,69</b>	<b>69341,59</b>	<b>15701,89</b>	<b>10750,63</b>	<b>5772,00</b>	<b>749358,10</b>	€
COSTE m <sup>3</sup>		0,352	0,0422	0,0312	0,0289	0,0279	0,0265	0,0282	0,0291	0,0391	0,0475	0,2339	<b>0,029038</b>	€/m <sup>3</sup>
													<b>0,4009</b>	kW-h/m <sup>3</sup>

Tabla 4.3.5: Costes totales incluyendo impuestos. (Fuente: Elaboración propia).



### 4.3.1 REBOMBEO OESTE

HORAS DE BOMBEO														
REBOMBEO OESTE	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO	COSTE LUZ (€/ha)
Demanda (m <sup>3</sup> /ha)	0	3,5	73,9	265,3	643,7	1437,5	1759,2	1085,6	551,1	93	52,4	5,71	5970,91	77,3351
Hectáreas bombeo = 614	0	2149	45375	162894	395232	882625	1080149	666558	338375	57102	32174	3506	3666139	m <sup>3</sup>
Caudal de bombeo = 2427 m <sup>3</sup> /h														
Horas necesarias a caudal nominal	2,0	2,0	19,6	70,5	171,0	381,8	467,3	288,3	146,4	24,7	13,9	2,0		
<b>Horas disponibles por período</b>														
días/mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	
días laborables/mes	21	20	22	21	20	22	23	21	22	21	21	21	255	
fin de semana y festivos NO SUSTITUIBLES (* en RD)/mes	10	8	9	9	11	8	8	10	8	10	9	10	110	
<b>Total horas/mes</b>	<b>744</b>	<b>672</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>		
<b>Horas / período y mes</b>														
P1	168	160	176										168	168
P2	168	160	176										168	168
P3						176	184	168	176	168				
P4						176	184	168	176	168				
P5				336	320									
P6	408	352	392	384	424	368	376	408	368	408	384	408		
	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744		

Tabla 4.3.1.1: Horas de bombeo. (Fuente: Elaboración propia).



REBOMBEO OESTE															
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.		TOTAL	
	TÉRMINO DE POTENCIA (€)												CONTRATADA		
€/kW-d															
P1	0,067080	10,40	9,39	10,40	10,06	10,40	10,06	10,40	10,40	10,06	10,40	10,06	10,40	5 kW	122,42
P2	0,030380	4,71	4,25	4,71	4,56	4,71	4,56	4,71	4,71	4,56	4,71	4,56	4,71	5 kW	55,44
P3	0,022233	3,45	3,11	3,45	3,33	3,45	3,33	3,45	3,45	3,33	3,45	3,33	3,45	5 kW	40,58
P4	0,022233	120,61	108,94	120,61	116,72	120,61	116,72	120,61	120,61	116,72	120,61	116,72	120,61	175 kW	1420,13
P5	0,022233	120,61	108,94	120,61	116,72	120,61	116,72	120,61	120,61	116,72	120,61	116,72	120,61	175 kW	1420,13
P6	0,010144	102,20	92,31	102,20	98,90	102,20	98,90	102,20	102,20	98,90	102,20	98,90	102,20	325 kW	1203,33

Tabla 4.3.1.2: Costes correspondientes al término de Potencia. (Fuente: Elaboración propia).

REBOMBEO OESTE													
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
ENERGÍA CONSUMIDA (kW-h)													
P1	168	160	440	0	0	0,00	0,00	0	0	0	168	168	1104
P2	168	160	440	0	0	0,00	0,00	0	0	0	168	168	1104
P3	0	0	0	0	0	440,00	460,00	420,00	440,00	420	0	0	2180
P4	0	0	0	0	0	19652,12	29261,65	14839,46	7535,54	420	0	0	71708,78295
P5	0	0	0	840	8801,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0	9641,7633
P6	641,00	641,00	6909,98	24854,78	51484,29	114951,47	149769,65	86800,70	44077,78	8707,99	4900,45	641,00	494380,0638
	977	961	7789,98	25694,775	60286,05	135043,59	179491,3	102060,165	52053,32	9547,985	5236,445	977	

Tabla 4.3.1.3: Energía consumida en kWh. (Fuente: Elaboración propia).



REBOMBEO OESTE																
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL			
<b>TÉRMINO DE ENERGÍA (€)</b>																
por contrato																
peajes (€/kWh)																
€/kW·h																
P1	0,081527	0,015587	0,097114	16,32	15,54	42,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,32	16,32	107,21
P2	0,072700	0,011641	0,084341	14,17	13,49	37,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,17	14,17	93,11
P3	0,071142	0,006204	0,077346	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,03	35,58	32,49	34,03	32,49	0,00	0,00	168,61
P4	0,069794	0,003087	0,072881	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1432,27	2132,62	1081,51	549,20	30,61	0,00	0,00	5226,21
P5	0,067967	0,001993	0,069960	0,00	0,00	0,00	58,77	615,77	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	674,54
P6	0,051489	0,001247	0,052736	33,80	33,80	364,40	1310,74	2715,08	6062,08	7898,25	4577,52	2324,49	459,22	258,43	33,80	26071,63
				64,29	62,84	444,24	1369,51	3330,85	7528,38	10066,45	5691,52	2907,72	522,32	288,91	64,29	

Tabla 4.3.1.4: Costes correspondientes al término de Energía. (Fuente: Elaboración propia).

REBOMBEO OESTE														
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL	
<b>INCLUYENDO IMPUESTO ELÉCTRICO</b>														
Impuesto eléctrico (5,1127 %)														
TP	380,49	343,67	380,49	368,21	380,49	368,21	380,49	380,49	368,21	380,49	368,21	380,49	<b>4479,94</b>	
TE	67,58	66,05	466,96	1439,53	3501,14	7913,28	10581,12	5982,51	3056,38	549,02	303,69	67,58	<b>33994,84</b>	
Equipos de medida	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	<b>768,00</b>	
IVA (21 %)	107,53	99,48	191,40	393,07	828,58	1752,55	2315,38	1349,67	732,60	208,64	154,54	107,53	<b>8240,97</b>	
<b>TOTAL (€)</b>	<b>619,90</b>	<b>573,20</b>	<b>1102,85</b>	<b>2264,81</b>	<b>4774,21</b>	<b>10098,04</b>	<b>13340,99</b>	<b>7776,67</b>	<b>4221,19</b>	<b>1202,15</b>	<b>890,44</b>	<b>619,60</b>	<b>47483,75</b>	€
COSTE m <sup>3</sup>		0,2667	0,0243	0,0139	0,0121	0,0114	0,0124	0,0117	0,0125	0,0211	0,0277	0,1767	<b>0,012952</b>	€/m <sup>3</sup>
													<b>0,1582</b>	kW·h/m <sup>3</sup>

Tabla 4.3.1.5: Costes totales incluyendo impuestos. (Fuente: Elaboración propia).



### 4.3.2 REBOMBEO ESTE

HORAS DE BOMBEO														
REBOMBEO ESTE	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	AÑO	COSTE LUZ (€/ha)
Demanda (m <sup>3</sup> /ha)	0	3,5	73,9	265,3	643,7	1437,5	1759,2	1085,6	551,1	93	52,4	5,71	5970,91	161,9237
Hectáreas bombeo = 353	0	1236	26087	93651	227226	507438	620998	383217	194538	32829	18497	2016	2107731	m <sup>3</sup>
Caudal de bombeo = 1396 m <sup>3</sup> /h														
Horas necesarias a caudal nominal	2,0	2,0	19,6	70,5	171,0	381,8	467,3	288,3	146,4	24,7	13,9	2,0		
<b>Horas disponibles por período</b>														
días/mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	
días laborables/mes	21	20	22	21	20	22	23	21	22	21	21	21	255	
finés de semana y festivos NO SUSTITUIBLES (* en RD)/mes	10	8	9	9	11	8	8	10	8	10	9	10	110	
<b>Total horas/mes</b>	<b>744</b>	<b>672</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>	<b>720</b>	<b>744</b>		
<b>Horas / período y mes</b>														
P1	168	160	176								168	168		
P2	168	160	176								168	168		
P3						176	184	168	176	168				
P4						176	184	168	176	168				
P5				336	320									
P6	408	352	392	384	424	368	376	408	368	408	384	408		
	744	672	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744		

Tabla 4.3.2.1: Horas de bombeo. (Fuente: Elaboración propia).



REBOMBEO ESTE															
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.		TOTAL	
<b>TÉRMINO DE POTENCIA (€)</b>													CONTRATADA		
	€/kW·d														
P1	0,067080	10,40	9,39	10,40	10,06	10,40	10,06	10,40	10,40	10,06	10,40	10,06	10,40	5 kW	122,42
P2	0,030380	4,71	4,25	4,71	4,56	4,71	4,56	4,71	4,71	4,56	4,71	4,56	4,71	5 kW	55,44
P3	0,022233	3,45	3,11	3,45	3,33	3,45	3,33	3,45	3,45	3,33	3,45	3,33	3,45	5 kW	40,58
P4	0,022233	137,84	124,50	137,84	133,40	137,84	133,40	137,84	137,84	133,40	137,84	133,40	137,84	200 kW	1623,01
P5	0,022233	137,84	124,50	137,84	133,40	137,84	133,40	137,84	137,84	133,40	137,84	133,40	137,84	200 kW	1623,01
P6	0,010144	125,79	113,61	125,79	121,73	125,79	121,73	125,79	125,79	121,73	125,79	121,73	125,79	400 kW	1481,02

Tabla 4.3.2.2: Costes correspondientes al término de Potencia. (Fuente: Elaboración propia).

REBOMBEO ESTE														
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.		TOTAL
<b>ENERGÍA CONSUMIDA (kW·h)</b>														
P1	168	160	440	0	0	0,00	0,00	0	0	0	168	168		1104
P2	168	160	440	0	0	0,00	0,00	0	0	0	168	168		1104
P3	0	0	0	0	0	440,00	460,00	420,00	440,00	420	0	0		2180
P4	0	0	0	0	0	23919,79	35616,13	18062,01	9171,97	420	0	0		87189,90399
P5	0	0	0	840	10713,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0	0	0		11553,16026
P6	780,20	780,20	8410,56	30252,26	62664,65	139914,41	182293,73	105650,40	53649,74	10599,02	5964,63	780,20		601739,9778
	1116,2	1100,2	9290,556	31092,255	73377,81	164274,198	218369,86	124132,413	63261,704	11439,017	6300,629	1116,2		

Tabla 4.3.2.3: Energía consumida en kWh. (Fuente: Elaboración propia).



REBOMBEO ESTE																	
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL				
<b>TÉRMINO DE ENERGÍA (€)</b>																	
por contrato	peajes (€/kWh)	€/kW-h															
P1	0,081527	0,015587	0,097114	16,32	15,54	42,73	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,32	16,32	107,21
P2	0,072700	0,011641	0,084341	14,17	13,49	37,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,17	14,17	93,11
P3	0,071142	0,006204	0,077346	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34,03	35,58	32,49	34,03	32,49	0,00	0,00	0,00	168,61
P4	0,069794	0,003087	0,072881	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1743,30	2595,74	1316,38	668,46	30,61	0,00	0,00	0,00	6354,49
P5	0,067967	0,001993	0,069960	0,00	0,00	0,00	58,77	749,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	808,26
P6	0,051489	0,001247	0,052736	41,14	41,14	443,54	1595,38	3304,68	7378,53	9613,44	5571,58	2829,27	558,95	314,55	41,14	41,14	31733,36
				71,63	70,18	523,38	1654,15	4054,18	9155,86	12244,76	6920,44	3531,77	622,05	345,04	71,63		

Tabla 4.3.2.4: Costes correspondientes al término de Energía. (Fuente: Elaboración propia).

REBOMBEO ESTE															
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL		
<b>INCLUYENDO IMPUESTO ELÉCTRICO</b>															
Impuesto eléctrico (5,1127 %)															
TP	441,50	398,78	441,50	427,26	441,50	427,26	441,50	441,50	427,26	441,50	427,26	441,50	5198,32		
TE	75,29	73,77	550,14	1738,72	4261,45	9623,97	12870,80	7274,26	3712,34	653,85	362,68	75,29	41272,56		
Equipos de medida	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	64,00	768,00		
IVA (21 %)	121,97	112,68	221,68	468,30	1001,06	2124,20	2809,02	1633,75	882,76	243,46	179,33	121,97	9920,18		
<b>TOTAL (€)</b>	<b>702,76</b>	<b>649,23</b>	<b>1277,32</b>	<b>2698,28</b>	<b>5768,01</b>	<b>12239,43</b>	<b>16185,32</b>	<b>9413,51</b>	<b>5086,36</b>	<b>1402,81</b>	<b>1033,27</b>	<b>702,76</b>	<b>57159,06</b>	€	
COSTE m3		0,5255	0,049	0,0288	0,0254	0,0241	0,0261	0,0246	0,0261	0,0427	0,0559	0,3487	0,027119	€/m <sup>3</sup>	
													0,3344	kW-h/m <sup>3</sup>	

Tabla 4.3.2.5: Costes totales incluyendo impuestos. (Fuente: Elaboración propia).



## 5. RESULTADOS

Analizando los distintos resultados obtenidos, a continuación se resumen los costes de cada una de las distintas alternativas planteadas:

- **Alternativa 1: Bombeo Directo**
  - El coste obtenido es igual a **242,58 €/ha**.
  - Teniendo en cuenta que esta alternativa afecta a la totalidad de la superficie regable (4.322 ha), el Coste Total eléctrico será igual a **1.048.457,26 €**.
- **Alternativa 2: Todo a Una Balsa**
  - El coste obtenido es igual a **291,16 €/ha**.
  - Teniendo en cuenta que esta alternativa afecta a la totalidad de la superficie regable (4.322 ha), el Coste Total eléctrico será igual a **1.258.393,52 €**.
- **Alternativa 3: Todo a una balsa + dos rebombes**
  - El coste obtenido es igual a 173,38 €/ha (para las 4.322 ha); siendo el Coste de impulsión hasta la balsa igual a 749.348,36 €.
  - El coste obtenido para el rebombeo oeste es igual a 77,33 €/ha; al afectar a 614 ha, el coste del rebombeo oeste es igual a 47.483,75 €.  
Lo que supone un coste sobre el total igual a 47.483,75 €/4.233 ha = 10,98 €/ha.
  - El coste obtenido para el rebombeo este es igual a 161,92 €/ha; al afectar a 353 ha, el coste del rebombeo este es igual a 57.159,06 €.  
Lo que supone un coste sobre el total igual a 57.159,06 €/4.233 ha = 13,22 €/ha.
  - El coste total de la Alternativa 3 es igual a **853.940,76 € o 197,58 €/ha**.
- **Alternativa 4: Todo a dos balsas + dos rebombes**

La única diferencia, en cuanto a gasto de energía, existente entre la alternativa 3 (Una balsa + Dos rebombes) y la alternativa 4 (Dos balsas + Dos rebombes) es un mayor gasto energético en el bombeo del agua desde la zona de captación hasta la balsa adicional de la alternativa 4. Se ha considerado que dicho incremento es igual al 5 %.

Por lo tanto se tiene:

  - El coste obtenido es igual a  $173,38 \times 1,05 = 182,05$  €/ha (para las 4.322 ha); siendo el Coste de impulsión hasta la balsa igual a 786.815,78 €.
  - El coste obtenido para el rebombeo oeste es igual a 77,33 €/ha; al afectar a 614 ha, el coste del rebombeo oeste es igual a 47.483,75 €.  
Lo que supone un coste sobre el total igual a 47.483,75 €/4.233 ha = 10,98 €/ha.
  - El coste obtenido para el rebombeo este es igual a 161,92 €/ha; al afectar a 353 ha, el coste del rebombeo este es igual a 57.159,06 €.  
Lo que supone un coste sobre el total igual a 57.159,06 €/4.233 ha = 13,22 €/ha.
  - El coste total de la Alternativa 4 es igual a **891.455,72 € o 206,26 €/ha**.