



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Proyecto básico de conducción para la reutilización de
aguas regeneradas a la Foia de Bunyol. Tramo en
impulsión Canal Júcar - Turia a balsa de Venta
Cabrera. T.M. de Picasent y Monserrat (Valencia)

Presentado por

Autor: Javier Muñoz Alcañiz

Tutor: Juan Bautista Marco Segura

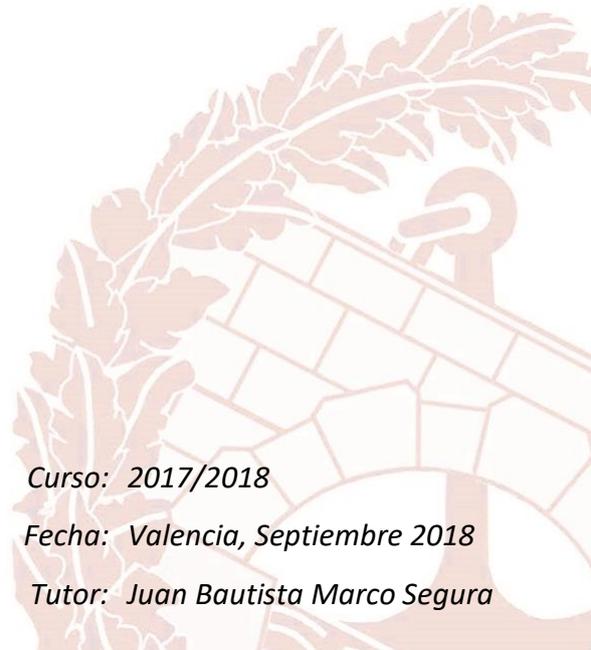
Para la obtención del

Grado de Ingeniería Civil

Curso: 2017/2018

Fecha: Valencia, Septiembre 2018

Tutor: Juan Bautista Marco Segura





Agradecimientos

A Juan Bautista Marco Segura por su gran ayuda para la realización de este proyecto y por sus consejos.

A mi madre, a mi padre y a mi hermano por apoyarme en todo.

A Edgar Chirivella por haber estado siempre apoyandome en la carrera.

A mis amigos que siempre me han apoyado.



Proyecto básico de conducción para la reutilización de aguas regeneradas a la
Foia de Bunyol. Tramo en impulsión Canal Júcar - Turia a balsa de Venta
Cabrera. T.M. de Picasent y Monserrat (Valencia)





Proyecto básico de conducción para la reutilización de aguas regeneradas a la
Foia de Bunyol. Tramo en impulsión Canal Júcar - Turia a balsa de Venta
Cabrera. T.M. de Picasent y Monserrat (Valencia)



ÍNDICE

DOCUMENTO Nº1. MEMORIA Y ANEJOS

MEMORIA
ANEJO Nº 1 CÁLCULO DE TUBERIAS
ANEJO Nº 2 CÁLCULO DE DEPÓSITO
ANEJO Nº 3 ESTUDIO DE SOLUCIONES
ANEJO Nº 4 JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS
ANEJO Nº 5 GEOLÓGICO
ANEJO Nº 6 DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA

DOCUMENTO Nº2. PLANOS

1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO
2. SECCIÓN TIPO



Proyecto básico de conducción para la reutilización de aguas regeneradas a la
Foia de Bunyol. Tramo en impulsión Canal Júcar - Turia a balsa de Venta
Cabrera. T.M. de Picasent y Monserrat (Valencia)





Proyecto básico de conducción para la reutilización de aguas regeneradas a la
Foia de Bunyol. Tramo en impulsión Canal Júcar - Turia a balsa de Venta
Cabrera. T.M. de Picasent y Monserrat (Valencia)



DOCUMENTO Nº1

MEMORIA Y ANEJOS



Proyecto básico de conducción para la reutilización de aguas regeneradas a la
Foia de Bunyol. Tramo en impulsión Canal Júcar - Turia a balsa de Venta
Cabrera. T.M. de Picasent y Monserrat (Valencia)



MEMORIA



ÍNDICE

- 1. Objetivo del proyecto – (Pág 3)**
- 2. Localización – (Pág 4)**
- 3. Estado actual de demandas de riego y comunidades – (Pág 5)**
- 4. Obra de partida y conexión con el tramo de impulsión – (Pág 6)**
- 5. Estudio de necesidades – (Pág 7)**
 - 5.1. Áreas y demandas – (Pág 7)**
 - 5.2. Envolvertes de caudales – (Pág 7)**
- 6. Diseño del sistema de riego – (Pág 10)**
 - 6.1. Determinación de volúmenes de almacenamiento de balsas – (Pág 10)**
 - 6.2. Diseño del trazado de la impulsión, elección multicriterio – (Pág 11)**
 - 6.2.1. Criterio económico (5 puntos) – (Pág 12)
 - 6.2.2. Criterio de afecciones a otras infraestructuras (3 puntos) – (Pág 13)
 - 6.2.3. Criterio de impacto ambiental (1 punto) – (Pág 14)
 - 6.2.4. Criterio de demora por trabajos singulares (1 punto) – (Pág 14)
 - 6.2.5. Integración de criterios – (Pág 15)
 - 6.3. Diseño hidráulico de la conducción – (Pág 16)**
 - 6.3.1. Tanteos de pérdidas de carga y elección del material – (Pág 16)
 - 6.3.2. Elección de diámetros – (Pág 18)
 - 6.3.3. Elección de diámetros normalizados – (Pág 18)
 - 6.3.4. Tiempos de cierres de válvulas – (Pág 19)
- 7. Estaciones de bombeo – (Pág 10)**
- 8. Análisis económico – (Pág 21)**
- 9. Conclusiones finales – (Pág 21)**



1. OBJETIVO DEL PROYECTO

En la actualidad, la comarca Foia de Bunyol se encuentra comprendida entre dos cuencas hidrográficas de la Rambla del Poyo y el río Magro. Sin embargo, las dos cuencas mencionadas anteriormente tienen una notable escasez de recursos hídricos, sobretodo, en la zona central de la comarca y siendo resuelto el suministro de recursos hídricos en sus extremos.

En esta zona, se desarrolló en las últimas décadas del siglo pasado una importante superficie de regadío con aguas subterráneas, que en estos momentos tiene graves problemas de suministro por el agotamiento de los recursos subterráneos y por su salinización con el contacto con las formaciones yesíferas que lo delimitan por el sur y el oeste.

Se pretende en este proyecto básico de conducción reutilizar las aguas regeneradas a la Foia de Bunyol, creando un tramo de impulsión desde la obra de llegada Canal Júcar-Turia a la Balsa de rotura de carga de Niñerola y otro tramo de impulsión desde la balsa de rotura de carga de Niñerola a balsa de Venta Cabrera.

El objetivo del presente estudio es la definición técnica y el análisis económico de la mejor de las posibles soluciones.

2. LOCALIZACIÓN

Las obras se ubican entre los términos municipales Picassent y Montserrat teniendo en el Norte el Barranco de Minyerola y en el Sur el Barranco de Don Félix.

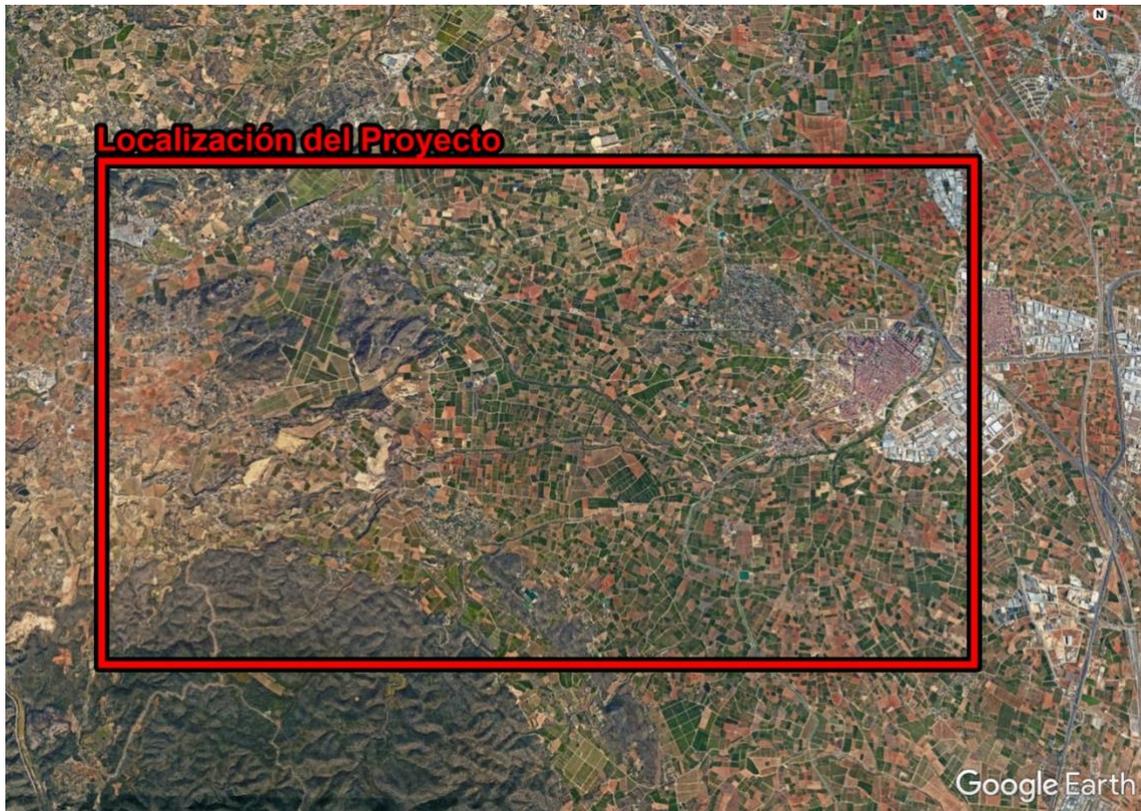


Figura N° 1 Localización del Proyecto

Este proyecto básico de conducción es seguido de otra obra de conducción que enlaza con el conducto de impulsión Catarroja-Benifaió.



3. ESTADO ACTUAL DE DEMANDAS DE RIEGO Y COMUNIDADES

Según el apartado anterior el tramo de impulsión va a afectar a una zona que aproximadamente es la zona de la figura nº 1 del apartado anterior.

Por tanto, en nuestro caso el tramo de impulsión afectará al Sector 4 que se encuentra al margen izquierdo y a los riegos de Magro I.

Canal Júcar-Turia

| Comunidad de regantes | Superficie (has.) |
|-----------------------|-------------------|
| Sector 4 | 3.319,85 |

Riegos del Magro

| | Superficie (has.) |
|--------------------------------|-------------------|
| Aguas Subterráneas - Turís | 250 |
| Aguas Subterráneas - Monserrat | 170 |
| Aguas Subterráneas - Montroy | 280 |
| Canal de Forata | 600 |
| Total | 1300 |

4. OBRA DE PARTIDA Y CONEXIÓN CON EL TRAMO DE IMPULSIÓN

Como se comentaba anteriormente en el punto número dos, el punto de partida es un depósito de rotura de carga DP-2 de la impulsión Acequia Real-Canal Júcar-Turia el cual se sitúa contiguo al canal Júcar-Turia y a una balsa de regulación de dicho canal, En caso de eventual accidente, no es necesario disponer de la totalidad del volumen necesario, tan solo del caudal que va a ser bombeado hasta Foia de Bunyol.

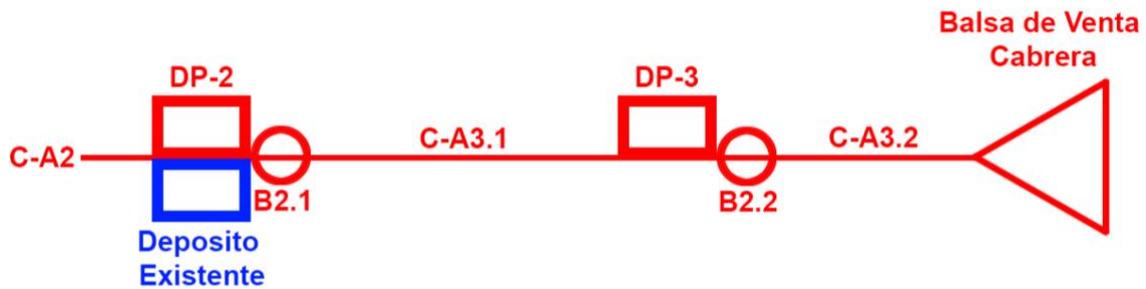


Figura N° 2 Esquema propuesto

Los datos de partida de la impulsión Acequia Real-Canal Júcar-Turia han sido facilitados, la tubería, según la figura N° 2 este conducto es C-A2, que conecta con el depósito (DP-2)

Después será impulsado desde el depósito de rotura de carga (DP-2) hasta otro depósito de rotura carga (DP-3) el cual estará conectado por medio de una tubería de impulsión (C-A3.1)

Finalmente, del depósito de rotura de carga (DP-3) hasta la Balsa de Venta Cabrera el cual estará conectado por medio de una tubería de impulsión (C-A3.2)

Una primera idea sería centrarse en los tramos de impulsión justo en las localizaciones B2.1 y B2.2 las cuales son las estaciones de bombeo y por tanto habría que determinar cuál es el método más óptimo para llevar a cabo el bombeo y el método más económico a lo largo de la explotación de la obra.



5. ESTUDIO DE NECESIDADES

En esta parte habrá que determinar cuáles van a ser las demandas

5.1 Áreas y demandas

Para ello vamos a tener que volver al punto 3 donde podemos observar en las tablas la superficie con la que vamos a tratar:

| Nombre | Superficie (has.) |
|--------------------------------|-------------------|
| Sector 4 | 3.319,85 |
| Aguas Subterráneas - Turís | 250 |
| Aguas Subterráneas – Monserrat | 170 |
| Aguas Subterráneas - Montroy | 280 |
| Canal de Forata | 600 |
| Total | 4.619,85 |

En total suman una superficie de 4.619,85 hectáreas y para determinar la demanda en la zona se debería de recurrir a las curvas de gasto que son los metros cúbicos por hectárea que tiene cada recurso que varía en función del mes.

5.2 Envoltentes de caudales

Del punto anterior hemos obtenido la superficie y la demanda de recursos y con dichos datos se pretende calcular el caudal por cada una de estas comunidades de regantes. Estos caudales serán calculados de forma que el producto de la superficie de cada sector en cada mes será el producto de la superficie de cada sector en cada mes por la demanda de los recursos y se dividirá en el tiempo en que será suministrado.

$$[S] * \frac{[V]}{[S]} : [t] = \frac{[V]}{[t]}$$

La decisión que se toma en este caso, ya que los sectores de riego generan grandes volúmenes de agua y agotan rápidamente los suministros si tienen franjas horarias muy cortas, es añadir una limitación de caudal disponible que viene impuesta un caudal máximo de $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Teniendo en cuenta esta decisión se considerará que la demanda del Canal Júcar-Turia y los Riegos del Magro se atenderán durante las 24 horas del día, mientras que el resto se repartirá en jornadas de riego de 16 horas, este dato es informativo, no pertenece a nuestro objetivo de este proyecto.



Proyecto básico de conducción para la reutilización de aguas regeneradas a la
Foia de Bunyol. Tramo en impulsión Canal Júcar - Turia a balsa de Venta
Cabrera. T.M. de Picasent y Monserrat (Valencia)



Sabiendo dichas franjas horarias en las que se suministrarán los caudales y teniendo en cuenta la limitación de caudal máximo de $1,5 \text{ m}^3/s$, se conocerán a cuantos sectores se podrán atender a la vez, para ello vamos a elaborar varias hipótesis de demandas. Ya que actualmente los sectores de riego cuentan con otras extracciones de recursos hídricos como pueden ser las extracciones de aguas subterráneas o la toma de agua del propio canal Júcar-Turia, la atención se determinará para un mes como puede ser Marzo. Se resumen dichas hipótesis con las siguientes tablas:

| Marzo | Sector | Ha | Demanda (m3/Ha) | D. Mes (m3) | Días que tiene el mes | Demanda Diaria (m3/día) | Dem. Diaria en 24h ENTRADA (m3/s) | Dem. SI/NO SALIDA en 24h | Dem. SALIDA en 24h (m3/s) | Dem. SI/NO SALIDA en 16h | Dem. Diaria en 16h (m3/s) | Demanda acumulada (m3/s) |
|-------|-------------------------------|---------|-----------------|-------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | Sector | 3319,85 | | 2005189,40 | | 64683,53 | 0,749 | SI | 0,749 | NO | 0,000 | 0,749 |
| | Aguas Subterráneas Turís | 250,00 | | 151000,00 | | 4870,97 | 0,056 | NO | 0,000 | NO | 0,000 | 0,749 |
| | Aguas Subterráneas Montserrat | 170,00 | 604 | 102680,00 | 31 | 3312,26 | 0,038 | NO | 0,000 | SI | 0,058 | 0,806 |
| | Aguas Subterráneas Montroy | 280,00 | | 169120,00 | | 5455,48 | 0,063 | NO | 0,000 | NO | 0,000 | 0,806 |
| | Canal de Forata | 600,00 | | 362400,00 | | 11690,32 | 0,135 | NO | 0,000 | SI | 0,203 | 1,009 |

| | | | | | | | |
|----------------------|-------|---------------------|-------|-------------------|-------|--|-------|
| ENTRADA TOTAL (m3/s) | 1,042 | SALIDA TOTAL (m3/s) | 0,749 | DEM. TOTAL (m3/s) | 0,260 | | 1,009 |
|----------------------|-------|---------------------|-------|-------------------|-------|--|-------|

| | |
|-------------|-------|
| DIF. (m3/s) | 0,033 |
|-------------|-------|

Figura N° 3 Demanda Marzo. Toman agua Sector 4, Aguas subterráneas - Montserrat y Canal de Forata.

| Marzo | Sector | Ha | Demanda (m3/Ha) | D. Mes (m3) | Días que tiene el mes | Demanda Diaria (m3/día) | Dem. Diaria en 24h ENTRADA (m3/s) | Dem. SI/NO SALIDA en 24h | Dem. SALIDA en 24h (m3/s) | Dem. SI/NO SALIDA en 16h | Dem. Diaria en 16h (m3/s) | Demanda acumulada (m3/s) |
|-------|-------------------------------|---------|-----------------|-------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | Sector | 3319,85 | | 2005189,40 | | 64683,53 | 0,749 | SI | 0,749 | NO | 0,000 | 0,749 |
| | Aguas Subterráneas Turís | 250,00 | | 151000,00 | | 4870,97 | 0,056 | SI | 0,056 | NO | 0,000 | 0,805 |
| | Aguas Subterráneas Montserrat | 170,00 | 604 | 102680,00 | 31 | 3312,26 | 0,038 | NO | 0,000 | SI | 0,058 | 0,863 |
| | Aguas Subterráneas Montroy | 280,00 | | 169120,00 | | 5455,48 | 0,063 | NO | 0,000 | NO | 0,000 | 0,863 |
| | Canal de Forata | 600,00 | | 362400,00 | | 11690,32 | 0,135 | NO | 0,000 | NO | 0,000 | 0,863 |

| | | | | | | | |
|----------------------|-------|---------------------|-------|-------------------|-------|--|-------|
| ENTRADA TOTAL (m3/s) | 1,042 | SALIDA TOTAL (m3/s) | 0,805 | DEM. TOTAL (m3/s) | 0,058 | | 0,863 |
|----------------------|-------|---------------------|-------|-------------------|-------|--|-------|

| | |
|-------------|-------|
| DIF. (m3/s) | 0,179 |
|-------------|-------|

Figura N° 4 Demanda Marzo. Toman agua Sector 4, Aguas subterráneas – Turís y Montserrat.

| Marzo | Sector | Ha | Demanda (m3/Ha) | D. Mes (m3) | Días que tiene el mes | Demanda Diaria (m3/día) | Dem. Diaria en 24h ENTRADA (m3/s) | Dem. SI/NO SALIDA en 24h | Dem. SALIDA en 24h (m3/s) | Dem. SI/NO SALIDA en 16h | Dem. Diaria en 16h (m3/s) | Demanda acumulada (m3/s) |
|-------|-------------------------------|---------|-----------------|-------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | Sector | 3319,85 | | 2005189,40 | | 64683,53 | 0,749 | NO | 0,000 | NO | 0,000 | 0,000 |
| | Aguas Subterráneas Turís | 250,00 | | 151000,00 | | 4870,97 | 0,056 | SI | 0,056 | NO | 0,000 | 0,056 |
| | Aguas Subterráneas Montserrat | 170,00 | 604 | 102680,00 | 31 | 3312,26 | 0,038 | NO | 0,000 | SI | 0,058 | 0,114 |
| | Aguas Subterráneas Montroy | 280,00 | | 169120,00 | | 5455,48 | 0,063 | NO | 0,000 | SI | 0,095 | 0,209 |
| | Canal de Forata | 600,00 | | 362400,00 | | 11690,32 | 0,135 | NO | 0,000 | SI | 0,203 | 0,412 |

| | | | | | | | |
|----------------------|-------|---------------------|-------|-------------------|-------|--|-------|
| ENTRADA TOTAL (m3/s) | 1,042 | SALIDA TOTAL (m3/s) | 0,056 | DEM. TOTAL (m3/s) | 0,355 | | 0,412 |
|----------------------|-------|---------------------|-------|-------------------|-------|--|-------|

| | |
|-------------|-------|
| DIF. (m3/s) | 0,630 |
|-------------|-------|

Figura N° 5 Demanda Marzo. Toman agua Aguas subterráneas – Turís, Montserrat, Montroy y Canal de Forata.



6. DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO

6.1 Determinación de volúmenes de almacenamiento de balsas

Según las tablas anteriores de las envolventes de caudales podemos observar estas hipótesis que hemos planteado para su funcionamiento y se puede observar que se dan prioridades a la toma de agua del Sector 4.

El siguiente paso que deberíamos de plantear sería decidir cuál sería la capacidad necesaria de la balsa desde la que se distribuirá el agua. Para ellos hemos supuesto una entrada constante durante 24 horas del caudal dato $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$, y los caudales de salida de cada uno de los casos expuestos anteriormente. Los cálculos que en los que se basa el estudio para determinar la capacidad de la balsa de regulación se pueden encontrar en el anejo de estudio de capacidad de balsa de regulación.

Venta Cabrera Capacidad de $1,75 \text{ Hm}^3$ y se podría incrementar hasta los $2,25 \text{ Hm}^3$ en una ubicación más detallada. Situada cota de coronación 200m cota de fondo 182,5m.

| Nombre | Capacidad | Cota |
|---------------|----------------------|------|
| Venta Cabrera | $1,75 \text{ Hm}^3$ | 200 |
| Deposito 2 | 105924 m^3 | 70 |
| Deposito 3 | 105924 m^3 | 134 |

El cálculo de los depósitos se encuentra en el Anejo Cálculo Depósito



6.2 Diseño del trazado de la impulsión, elección multicriterio

En esta parte del estudio vamos a determinar cuál es el mejor trazado y así realizar el trazado más óptimo y más ventajoso.

En primer se determinará la zona del depósito 3 para saber el lugar más adecuado y lógico para conectar los puntos de las conducciones que en este caso serían la conducción de impulsión C-A3.1 aguas abajo y C-A3.2 aguas arriba que conectará con la Balsa de Venta Cabrera.

El depósito 3 se ha analizado los distintos puntos y se colocará en el parte inferior de la montaña en la cota 145 debido a que de no ser así deberíamos de impulsar toda el agua a la cota 200 aproximadamente desde el depósito 2, por tanto, ha sido más ventajoso tener un depósito que no esté a la misma cota de la Balsa de Venta Cabrera para que en algún caso se pueda bombear desde el depósito 3 hasta la Balsa de Venta Cabrera en caso de que fuera necesario sin recurrir al gasto que supondría realizar una impulsión desde el depósito 2 hasta una cota tan elevada como la cota 200.

Por otro lado, tras inspeccionar cuales serían los trazados más adecuados y que recurran al menor número de expropiaciones posibles, para ello, se ha procurado seguir caminos rurales y carreteras para minimizar este posible coste y unas de las posibilidades aparentemente más ventajosas y funcionales serían las que se encuentran en el anejo de estudio de soluciones.

Debido a estos posibles casos, para la elección más adecuada se realizará un análisis multicriterio PATTERN. Este método permite utilizar varios criterios para comprobar la solución más óptima y la más ventajosa. Los aspectos que se deberán de tener en cuenta son los económicos, de afección a las infraestructuras, ambiental y el tiempo que tardaría la ejecución de dichos tramos.

El método PATTERN proporcionará una puntuación del 1 al 10 en cada criterio para cada una de las opciones. Dicha puntuación será multiplicada por su peso correspondiente para cada criterio.

6.2.1 Criterio económico (5 Puntos)

La finalidad de este criterio es valorar la repercusión económica que tiene cada una de las opciones anteriores en un presupuesto aproximado que se obtiene a partir del coste de excavación de la zanja y de la hincas para superar un obstáculo si lo requiere.

El peso de este criterio tendrá un peso de 5 Puntos para mejor opción en la puntuación final. En este caso la opción más económica tendrá un valor de 10 puntos.

El precio obtenido del generados de precios CYPE ingenieros para la excavación de la zanja de instalaciones es:

Excavación de zanjas para cimentaciones hasta una profundidad de 2 m, en cualquier tipo de terreno, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.

| Código | Unidad | Descripción | Rendimiento | Precio unitario | Importe |
|--------------------------------------|--------|---|-------------|-----------------|--------------|
| 1 | | Equipo y maquinaria | | | |
| | h | Retroexcavadora hidráulica sobre neumáticos, de 115 kW. | 0,383 | 48,42 | 18,54 |
| Subtotal equipo y maquinaria: | | | | | 18,54 |
| 2 | | Mano de obra | | | |
| | h | Peón ordinario construcción. | 0,253 | 16,16 | 4,09 |
| Subtotal mano de obra: | | | | | 4,09 |
| 3 | | Costes directos complementarios | | | |
| | % | Costes directos complementarios | 2 | 22,63 | 0,45 |
| Costes directos (1+2+3): | | | | | 23,08 |

Por tanto, el precio es de 23,08 €/m³. Como veremos más adelante en la elección de diámetros, la zanja necesaria para albergar los conductos de una impulsión es de 560 y 630 mm y requieren de una sección excavada de 3 m². Quedando:

$$23,08 \frac{\text{€}}{\text{m}^3} * 3 \text{ m}^2 = 69,24 \frac{\text{€}}{\text{m}}$$

En algunos tramos de la conducción es necesaria una entibación y para ello se le ha consultado el precio a una empresa especializada para superar los obstáculos.

La otra opción es la hincas necesaria en algunos tramos en los puede haber problemas con los terrenos de cultivos-

La puntuación total final de cada opción se obtendrá como:

$$\frac{\text{Presupuesto de la opción mas económica}}{\text{Presupuesto de la opción X}} * 10$$

Obteniendo así una puntuación inversamente proporcional al presupuesto, siendo que la opción más económica tendrá una puntuación de 10. Las puntuaciones son:

| Criterio económico | | | | | |
|----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Opción | A | B | C | D | E |
| Longitud [m] | 6501 | 6514 | 6708 | 5786 | 7071 |
| Hinca Autopista | NO | NO | NO | NO | NO |
| Hinca Metro | NO | NO | NO | NO | NO |
| Presupuesto | 450.129,24 € | 451.029,36 € | 464.461,92 € | 400.622,64 € | 489.596,04 € |
| Puntuación sobre 10 | 8,90 | 8,88 | 8,63 | 10,00 | 8,18 |

6.2.2 Criterio de afecciones a otras infraestructuras (3 Puntos)

Este criterio se valorará con un peso de 3 Puntos ya que es una evaluación cualitativa de cómo afectará la construcción de esta impulsión a las otras infraestructuras. El criterio se divide en dos categorías: Afección temporal y Afección permanente.

Afección temporal a otras infraestructuras: esta categoría tiene un peso de 2 Puntos sobre 10 Puntos del total del criterio de afecciones. Se otorgarán 10 puntos a esta categoría que después se evaluará sobre 2 Puntos. Se le otorgarán 10 puntos a aquellas opciones que no afecten a infraestructuras como carreteras o pasos elevados durante la construcción y 0 puntos a los que sí. Las puntuaciones son:

| Afecta temporalmente | | | | 2 Puntos | |
|----------------------------|-----------|----------|-----------|----------|----------|
| Opción | A | B | C | D | E |
| Afecta | NO | SI | NO | SI | SI |
| Puntuación sobre 10 | 10 | 0 | 10 | 0 | 0 |

Esto quiere decir que la opción que discurre por caminos rurales está mejor valorada ya que no afectan al tráfico de la zona.

Afección permanente a otras infraestructuras: En este aspecto vamos a tener en cuenta las posibles vibraciones que la conducción puede introducir a las infraestructuras cercanas, dándole una calificación de 0 puntos y 10 puntos en caso contrario. El peso de este criterio es de 8 puntos sobre los 10 puntos del criterio de afecciones. Las puntuaciones son:

| Afecta permanentemente | | | | 8 Puntos | |
|----------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| Opción | A | B | C | D | E |
| Afecta | NO | NO | SI | NO | NO |
| Puntuación sobre 10 | 10 | 10 | 0 | 10 | 10 |

La puntuación final del criterio de afecciones para cada opción se obtendrá mediante la fórmula:

$$\frac{\text{Puntos opción X en af. temporal}}{\text{Max puntuación de las opciones}} * 2 + \frac{\text{Puntos opción X en af. permanente}}{\text{Max puntuación de las opciones}} * 8$$

El resultado es:

| Criterio de afección | | | | | |
|-----------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| Opción | A | B | C | D | E |
| Puntuación sobre 10 | 10 | 8 | 2 | 8 | 8 |

6.2.3 Criterio de impacto ambiental (1 Punto)

Este criterio tiene un peso en la ponderación de 1 Punto sobre la evaluación final. Se trata de una evaluación cualitativa de 0 Punto a 10 Puntos.

Las opciones que tengan un impacto muy leve tendrán una puntuación de 10 Puntos y son aquellas que transcurren por carreteras de modo que no incrementan su impacto en el medio ambiente. Se le otorgaran 5 Puntos a aquellas alternativas que perturban temporalmente a la fauna y el ecosistema del lugar, siendo aquellas que transcurren por barrancos que suponen pasos de fauna y que ahuyentan temporalmente a las especies. Por último, una puntuación de 0 Puntos a aquella alternativa que tuviera un impacto muy grave sobre el ecosistema, no se da el caso entre las opciones barajadas.

| Impacto sobre el medio ambiente MUY LEVE=10 ; LEVE=5 ; GRAVE=0 | | | | | |
|---|-----------|----------|-----------|----------|----------|
| Opción | A | B | C | D | E |
| Nivel de afección | MUY LEVE | LEVE | MUY LEVE | LEVE | LEVE |
| Puntuación sobre 10 | 10 | 5 | 10 | 5 | 5 |

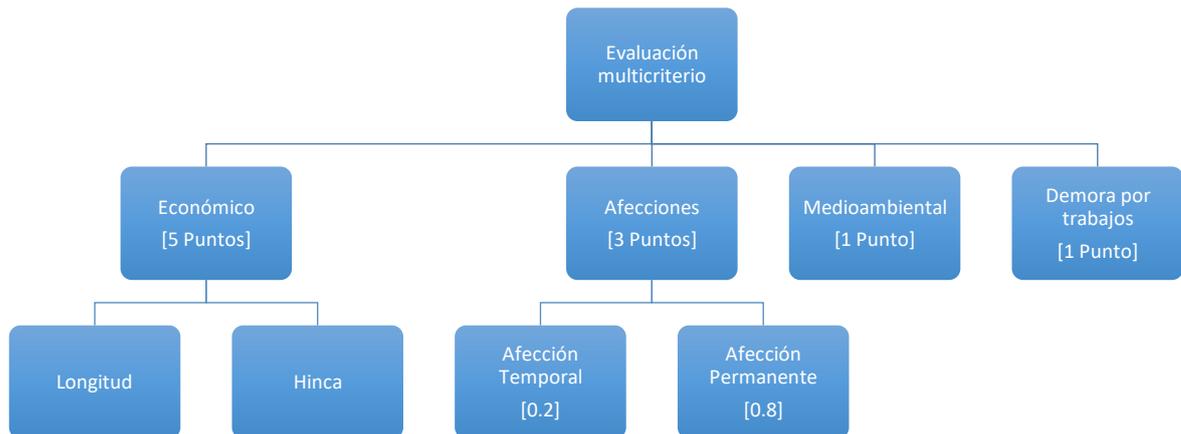
6.2.4 Criterio de demora por trabajos singulares (1 Punto)

Este criterio es un criterio cualitativo y se puntual con 1 Punto sobre 10 Puntos sobre la evaluación final, otorga la máxima puntuación a aquellos criterios convencionales que no provocan retrasos adicionales por ejecución de trabajos singulares. En el caso que se tenga que hincar, debido a la preparación y colocación se supondrá una demora significativa que valdrá 5 Puntos de 10 Puntos. En el caso de que se tuviera que colocar dos hincas esto llevaría a 0 Puntos de 10 Puntos. Las puntuaciones son:

| Demora por trabajos singulares CONVENCIONAL=10 ; SIGNIFICATIVA=5 ; GRAVE=0 | | | | | |
|---|---------------|----------|---------------|----------|----------|
| Opción | A | B | C | D | E |
| Nivel de afección | SIGNIFICATIVA | GRAVE | SIGNIFICATIVA | GRAVE | GRAVE |
| Puntuación sobre 10 | 5 | 0 | 5 | 0 | 0 |

6.2.5 Integración de criterios

A continuación, se ha elaborado un esquema que permitirá ver el sistema multicriterio para aclarar cómo se descomponen y con qué peso cada criterio y subcriterio:



Finalmente integran todos los criterios y ponderándolos con sus correspondientes pesos respecto a la máxima calificación posible obtenemos:

| Resumen de criterios | | | | | | |
|----------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Opción | PUNTUACIÓN | A | B | C | D | E |
| ECONÓMICO | 5 | 9 | 9 | 9 | 10 | 8 |
| AFECCIÓN | 3 | 10 | 8 | 2 | 8 | 8 |
| MEDIOAMBIENTAL | 1 | 10 | 5 | 10 | 5 | 5 |
| DEMORA | 1 | 5 | 0 | 5 | 0 | 0 |
| SUMA TOTAL | 10 | 8,95 | 7,34 | 6,41 | 7,90 | 6,99 |

Por lo que se decide que la opción A con una puntuación de 8,95 sobre 10 Puntos es la opción de trazado más ventajosa y la que por tanto se desarrollará.

6.3 Diseño hidráulico de la conducción

Para calcular el diseño hidráulico y con ello decidir el material y el diámetro que se usarán en las conducciones el primer paso es recopilar los caudales en los diferentes tramos, el cual será un caudal de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ y este caudal debe de ser transportado diariamente al depósito 3 y a la balsa venta Cabrera durante todo el año.

Por tanto, una vez fijado el caudal debemos de tener en cuenta el diámetro de las conducciones y que el material sea adecuado para que las pérdidas de carga sean inferiores.

6.3.1 Pruebas de pérdidas de carga y elección de material

A partir de la ecuación de Bernoulli sabemos que la energía potencial en el punto A es igual a la energía potencia en el punto B más las pérdidas de carga originadas por el flujo:

$$z_a + \frac{P_a}{\gamma} + \frac{V_a}{2g} = z_b + \frac{P_b}{\gamma} + \frac{V_b}{2g} + \Delta h_x$$

Si los términos energía y presión son los mismos en ambos lados podemos simplificar la ecuación de forma que despejando se queda como:

$$\Delta h_x = (z_a - z_b)$$

Las pérdidas de carga se obtienen por fricción de la ecuación de Darcy-Weisbach, que se expresan como la fórmula:

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

De la forma en como obtenemos f es mediante la fórmula de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log \left(\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3,71} + \frac{2,51}{Re * \sqrt{f}} \right)$$

A continuación, se realiza una primera prueba para decidir cuál será el material más conveniente con un par de diámetros para determinar el material que más satisfaga las necesidades de la impulsión. Para ello se tomará como ejemplo un caudal de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ que será el caudal que usemos en la impulsión de forma constante. En este caso deberíamos de tener pérdidas de carga inferiores a la diferencia entre cotas de inicio y final de la impulsión

$$\Delta h_x \leq (z_a - z_b)$$

| Nombre | Cota Inicio | Cota Final | Perdida de carga asumible |
|-------------------------|-------------|------------|---------------------------|
| Depósito 2 – Depósito 3 | 68 | 136 | 68 |
| Depósito 3 – Balsa V.C. | 133 | 200 | 67 |

Con los datos para los conductos:

- Con un trazado 2579 m, un caudal de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ para un diámetro de 700 mm y con cota de inicio 133 y cota final 200 m.
- Con un trazado 6501 m, un caudal de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ para un diámetro de 700 mm y con cota de inicio 68 y cota final 136 m.

| Material | Diámetro [mm] | Área [m^2] | Velocidad [m/s] | Re | ε [mm] | f | PN [m] |
|----------|---------------|-----------------------|-----------------------------------|----------|--------------------|-------|--------|
| PRFV | 700 | 0,3848 | 1,3 | 9,09E+05 | 0,01 | 0,013 | 25,8 |
| | 700 | 0,3848 | 1,3 | 9,09E+05 | 0,01 | 0,013 | 25,8 |

Como se ha podido observar en la tabla, este material, cumple las condiciones debido a su baja rugosidad y que es capaz de transportar el agua con una pérdida de carga aceptable.

Para el tramo de 700 mm la presión que puede soportar el conducto es de 32 bares, por tanto, la máxima presión nominal que depende del golpe de ariete es de 26,01 bares, por tanto, se puede emplear este material con este diámetro.

Para el tramo de 700 mm la presión que puede soportar el conducto es de 32 bares, por tanto, la máxima presión nominal que depende del golpe de ariete es de 25,81 bares, por tanto, se puede emplear este material con este diámetro.

tras esta comprobación queda determinado que el material que utilizaremos en la conducción será PRFV.

6.3.2 Elección de diámetros

Ahora vamos a proceder a la elección de los diámetros más adecuados para la impulsión. Para ello se van a elegir una serie de diámetros que puedan encajar este criterio. Por ello, las mejores elecciones de diámetro se encuentran entre los 300 mm y los 800 mm de diámetro.

Se van a definir dos tramos:

- C-A3.1 que va desde el deposito 2 hasta el deposito 3
- C-A3.2 que va desde el deposito 3 hasta La Balsa Venta Cabrera

Las características se resumen en la tabla siguiente:

| Tramo | Caudal [m ³ /s] | Longitud [m] | Diámetro [mm] | Espesor [mm] | PN [bares] | Velocidad [m/s] | Carga Δh [m] |
|--------|----------------------------|--------------|---------------|--------------|------------|-----------------|--------------|
| C-A3.1 | 0,5 | 6501 | 650 | 12 | 32 | 2 | 80 |
| C-A3.2 | 0,5 | 2222 | 650 | 12 | 32 | 2 | 72 |

6.3.3 Elección de diámetros normalizados

Los diámetros nominales dados por el fabricante son exteriores, no interiores por lo que hay que respetar lo máximo posible que el diámetro interior sea el más parecido o superior para no tener mayores pérdidas de carga.

Para el caso de los fabricantes, con el material PRFV tenemos diámetros de:

250-400-450-500-600-700-800

Por tanto, para los diámetros anteriores usaremos los normalizados quedando la nueva tabla como:

| Tramo | Caudal [m ³ /s] | Longitud [m] | Diámetro [mm] | Espesor [mm] | PN [bares] | Velocidad [m/s] | Carga Δh [m] |
|--------|----------------------------|--------------|---------------|--------------|------------|-----------------|--------------|
| C-A3.1 | 0,5 | 6501 | 700 | 12 | 32 | 1,3 | 78,66 |
| C-A3.2 | 0,5 | 2222 | 700 | 12 | 32 | 1,3 | 70,70 |



6.3.4 Tiempo de cierres de válvulas

Los tiempos de cierre están calculados en el anejo de cálculos hidráulicos. En la siguiente tabla se muestran los tiempos de cierre necesarios para cada conducto de la impulsión para que no sufran ni cavitaciones ni sobrepresiones en el sistema. Otro método sería cebar en todo momento con una boya que tuviera un sistema automatizado que anulara las bombas cuando el calado del depósito se encuentre por debajo de un umbral establecido.

| Tramo desde | Tramo hasta | Tiempo de cierre (s) |
|-------------|---------------------|----------------------|
| Deposito 2 | Deposito 3 | 11,95 |
| Deposito 3 | Balsa Venta Cabrera | 5,16 |

En los dos conductos los tiempos de cierre son tiempos de cierre rápidos.



7. ESTACIONES DE BOMBEO

En nuestro proyecto debemos de tener en cuenta que tenemos una estación de Bombeo en el deposito 2 que es la estación de bombeo B2.1 y también en el deposito 3 otra estación de bombeo B2.2

La estación de bombeo B2.1 se sitúa en Picassent, junto al canal Júcar-Turia. Toma el agua del depósito DP2 y las impulsa a través del conducto C-A3.1 al depósito de rotura de carga DP3. Debe de ser capaz de impulsar un caudal de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. La altura geométrica es de 68 m. y para este caudal la altura manométrica es de 85,41 m. Estimando un rendimiento global de $\eta = 0,8$, la potencia necesaria es de 524 Kw. Esto puede lograrse mediante 3 bombas más una de reserva.

La estación de bombeo B2.2 se sitúa igualmente en término de Picassent, junto al barranco de Niñerola. Debe tomar el agua desde el depósito de rotura de carga DP3 hasta la balsa de Venta Cabrera, a través del conducto C-A3.2.

Al igual que el bombeo B2.1, su caudal de diseño es de $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ y la altura geométrica es de 67 m. Para el caudal citado, la altura manométrica es de 85,64 m. Estimando un rendimiento $\eta = 0,8$, global, la potencia necesaria es de 524 Kw.

Las estaciones de bombeo B2.1 y B2.2 pueden agruparse. En tal caso, no sería preciso el depósito de rotura de carga intermedio DP-3. La impulsión necesaria precisaría una altura geométrica de 132 m. y una altura manométrica de 146,8 m. A priori, resulta un bombeo de una entidad tal que parece una solución menos favorable que la propuesta. Sin embargo, debería de ser analizada como una alternativa a tener en cuenta.

Para poder reducir el coste de explotación en cuanto a términos de energía se refiere por $\text{cts}\text{€}/\text{m}^3$, deberemos de calcular una red fotovoltaica para que se reduzcan los costes por metro cubico, en este aspecto tendremos en cuenta la amortización de esas células fotovoltaicas y cuanta reducción del coste energético nos proporcionaría y propondríamos un payback fijo de aproximadamente 5 o 6 años. En todo este cálculo también determinaremos las expropiaciones debidas al posicionamiento de las células fotovoltaicas sobre el terreno.



8. ANALISIS ECONÓMICO

Como podemos ver en el anejo de análisis económico teniendo en cuenta los costes de obra civil, equipos electromecánicos, de personal de mantenimiento y coste de la energía, el precio de excavación de la zanja, el relleno de la zanja, la excavación del depósito, la creación del talud del depósito, tubería de polietileno de 560 mm y de 630 mm, las arquetas, los desagües, las purgas y las estaciones de bombeo, tanto la 2.1 y la 2.2.

9. CONCLUSIONES FINALES

En este estudio hemos podido observar la complejidad que supone realizar este estudio de soluciones, ya tanto a los conductos de impulsión como a los depósitos, y esto es debido a la cantidad de variables que debemos de tener en cuenta. Para empezar este trabajo se ha empezado con unas bases mínimas de información y con la base de esa información el trabajo se ha ido moldeando al estudio de soluciones, solventando todas las incógnitas que podrían haber en un principio y elaborando otras incógnitas que se han ido resolviendo debido a que este estudio no ha tenido en cuenta una sucesión de obra, si no que ha sido una obra nueva, si no hubiera sido así no se hubiera podido tener tanta libertad para elaborar las soluciones y hubiera sido más limitado.

Finalmente, la soluciones que se han planteado han sido dos conducciones lo más rectas posibles y dos depósitos, todo para llevar la impulsión hasta La Balsa Venta Cabrera, los depósitos aparte nos sirven como regulación de la balsa, o para solventar los fallos que pudieran haber en el sistema de bombeo, esto crea una capacidad de regulación y aparte una mayor versatilidad y capacidad de regulación haciendo que sea de forma más dinámica y adaptable a las circunstancias que pueden producirse en la zona.



Proyecto básico de conducción para la reutilización de aguas regeneradas a la
Foia de Bunyol. Tramo en impulsión Canal Júcar - Turia a balsa de Venta
Cabrera. T.M. de Picasent y Monserrat (Valencia)



El presente PROYECTO BÁSICO DE CONDUCCIÓN PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS
REGENERADAS A LA FOIA DE BUNYOL. TRAMO EN IMPULSIÓN CANAL JÚCAR - TURIA A
BALSA DE VENTA CABRERA. T.M. DE PICASENT Y MONSERRAT (VALENCIA) ha sido realizado
por:

Javier Muñoz Alcañiz

Valencia, Septiembre 2018