

EJEMPLO: CONDUCCIÓN REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

“PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE ORDENACIÓN Y TERMINACIÓN DE LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE PINEDO (VALENCIA). ESTACIÓN DE IMPULSIÓN Y TRAMO I y II DE LA CONDUCCIÓN DE CATARROJA A BENIFAYÓ (P.K. 0+000 A P.K. 15+363).”

Introducción:

El agua de calidad para satisfacer las necesidades humanas es un recurso cada vez más escaso, y su posesión constituye un factor esencial para el desarrollo.

La problemática actual de sequía que acontece a la cuenca Mediterránea, ha originado que la gestión de las aguas residuales sea considerada como una fuente adicional de recurso de agua.

Las aguas residuales correctamente depuradas pueden ser utilizadas para numerosas aplicaciones dependiendo del tipo de residuos que contenga y del tratamiento pueden tener tantos usos como las aguas limpias de un río o de un manantial.

Sistemas integrados tradicionales permiten el aprovechamiento de las aguas residuales para la producción de forraje y la cría de peces. Los lodos, debidamente compostados, se utilizan como abono y el agua ya depurada permite el riego de los cultivos. Todo un mundo de riquezas a partir de los residuos.

Para que la reutilización sea eficaz y segura debemos conocer tanto las características del agua residual como los usos a que se destinará. La presencia de determinadas sustancias tóxicas, como metales pesados, de productos que limitan ciertos usos, como las sales, y las características sanitarias determinan la posible reutilización.

Riego agrícola: El riego es uno de los principales usos potenciales de las aguas residuales. Las propias parcelas regadas, según el cultivo que se realice, pueden actuar de filtro biológico, finalizando el proceso de depuración. A su vez, esta utilización permite reducir el consumo de aguas subterráneas o superficiales limpias, aminorando otros problemas como la salinización de los acuíferos o la escasez de agua para consumo humano.

Existen directrices que relacionan la calidad microbiológica de las aguas residuales y su uso para riego. Así, en el extremo más exigente se sitúan los cultivos de hortalizas, los campos deportivos y los parques públicos. En el extremo opuesto están los cultivos industriales y maderables y en situación intermedia los frutales, forrajes y pastos

Existe un real decreto 1620/2007, de 7 diciembre, por el que se establece el régimen jurídico para la reutilización de aguas depuradas.

“El Gobierno establecerá las condiciones básicas para la reutilización de las aguas, precisando la calidad exigible a las aguas depuradas según los usos previstos. El titular de la concesión o autorización deberá sufragar los costes necesarios para adecuar la reutilización de las aguas a las exigencias de calidad vigentes en cada momento”.

Factores que promueven la reutilización:

- Sequía
- El aumento de densidad de población
- Legislación y normas de calidad
- El cambio climático
- Gestión ambiental de aguas continentales

- Urbanización en la costa
- Aumento de la demanda de agua para industria
- Demanda de riego
- Sobreexplotación acuíferos e intrusión salina
- Costes del agua y energía



Debido a la problemática de la gestión y la escasez de agua, las administraciones que tienen que ver con el agua están desarrollando un plan de reutilización para aumentar sus recursos hidráulicos, por lo que en este momento hay un aumento considerable de este tipo de obras.

Sistemas de Reutilización de aguas residuales: Coagulación (floculación, sedimentación), filtración, filtración superficial, filtración medio granular, separación por membranas, microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, osmosis inversa, biorreactores de membrana, desinfección (luz ultravioleta, cloración y cloraminación) y otros tratamientos específicos.

Una vez efectuado el proceso de regeneración del agua residual, esta agua debe ser transportada a las zonas donde se va a hacer uso de este recurso. Este transporte se hace normalmente mediante tuberías. Como sabéis hay multitud de tipos de tuberías y la elección de un tipo de tubería u otra está determinada por el caudal que determina el tamaño de la tubería, el terreno donde discurre la conducción, la calidad del material de la conducción, la durabilidad y el coste económico.

En este artículo se va a exponer las características y propiedades de la tubería de hormigón con camisa de chapa, particularizada en una de las conducciones de reutilización en la zona geográfica de la Albufera (Valencia), dentro de las dos que Prefabricados Delta ha desarrollado para reutilización de agua residual en esta zona.

Zona afectada: “Albufera en Valencia”

L’Albufera de Valencia de incalculable valor ambiental, Parque Natural y sitio RAMSAR, es el fruto de la interacción durante siglos entre el hombre y la naturaleza. El desarrollo del regadío, con aportación de aguas dulces del Júcar, y el control artificial de su desagüe, convirtió en una laguna lo que había devenido en una

albufera salobre por la dinámica meramente geomorfológica. A lo largo de los años ha sufrido una severa degradación producto de la presión del desarrollo urbano e industrial del área metropolitana de Valencia.

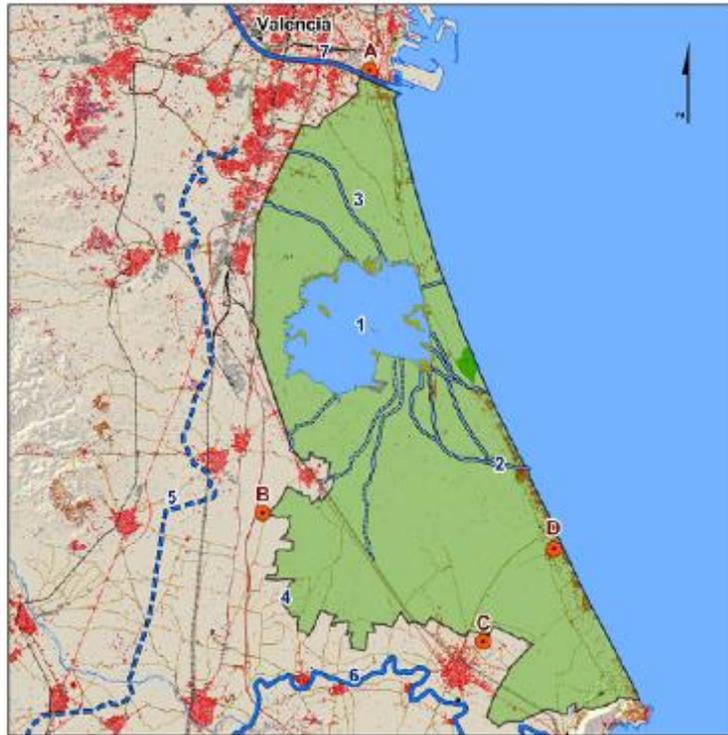


Figura 1. Esquema de L'Albufera de Valencia: [1] lago de L'Albufera, [2] Estany de la Plana y Gola (canal de salida) de El Perelló, [3] barranco del Poyo, [4] límites del Parque Natural, [5] acequia Real del Júcar, [6] río Júcar, [7] río Turia, [A] EDAR de Pinedo, [B] EDAR de Albufera Sur, [C] EDAR de Sueca, [D] EDAR de El Mareny

De la redacción del Estudio para el Desarrollo Sostenible de L'Albufera, promovido por el Ministerio de Medio Ambiente y dirigido por la Confederación Hidrográfica del Júcar, y tras un proceso de participación, enfocado desde el punto de vista científico, con la colaboración de un amplio panel de expertos de carácter multidisciplinar, se derivó una propuesta ambiciosa y amplia de medidas tanto estructurales como no estructurales con el objeto de regenerar las condiciones ambientales de un paraje de indudable valor ecológico y social. Esta actuación está dentro del programa A.G.U.A., habiéndose encomendado parte de su ejecución a la sociedad estatal ACUAMED.

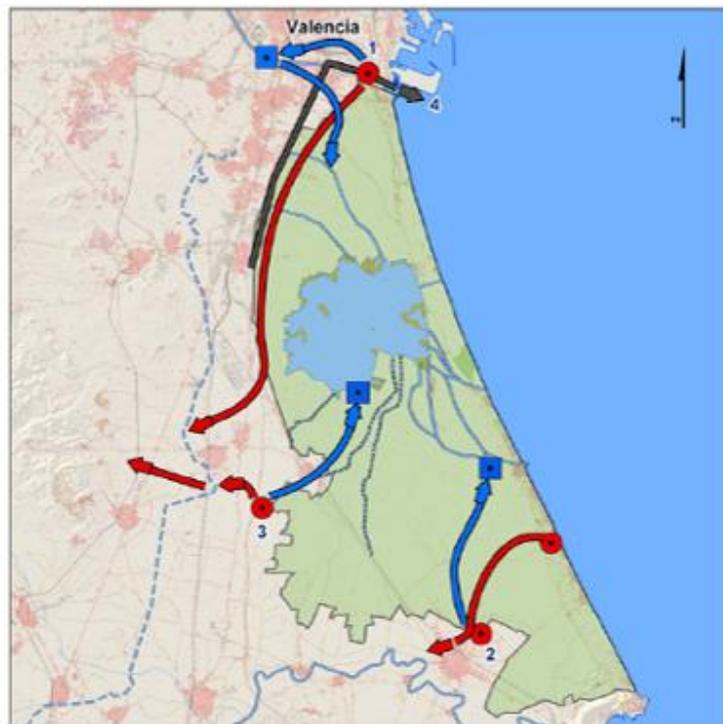


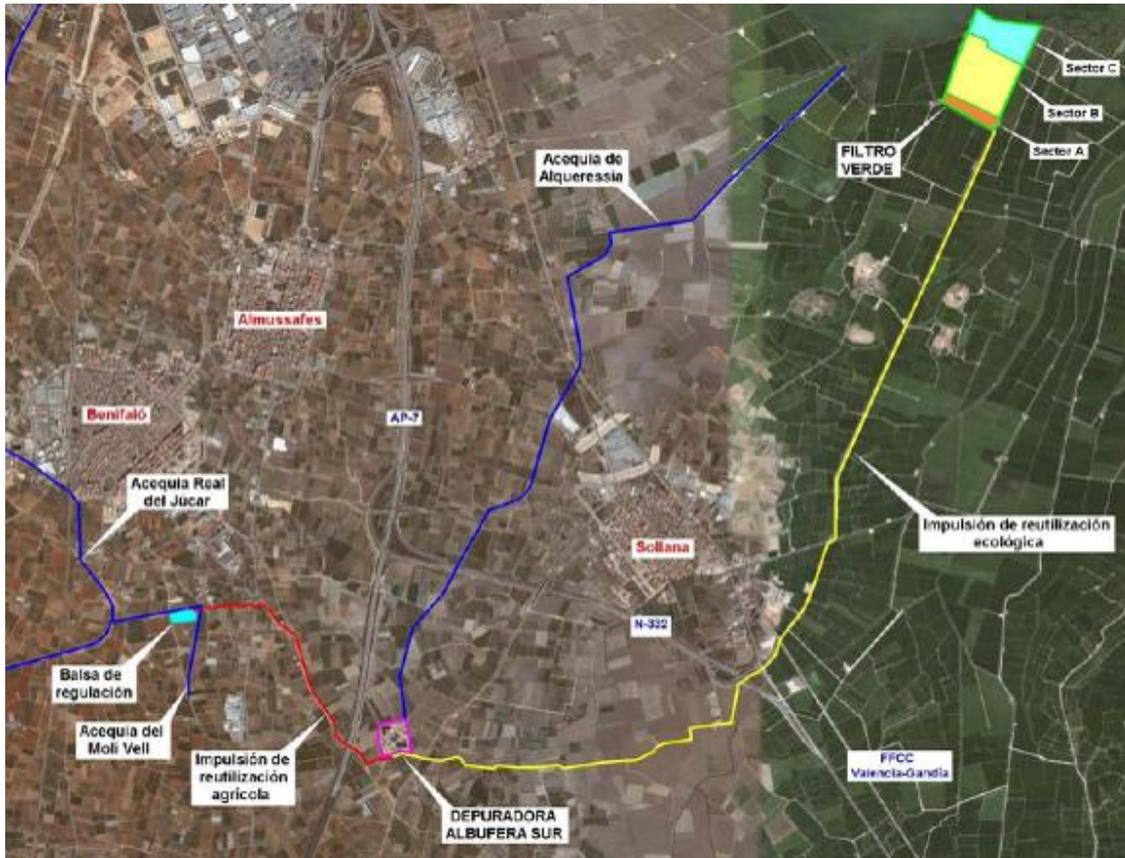
Figura 3. Esquema conceptual de las actuaciones de ACUAMED. En rojo, las infraestructuras para reutilización agrícola; en azul las infraestructuras de reutilización ecológica; en gris oscuro el sistema de depósitos de retención a lo largo del colector Oeste. [1] Ordenación y terminación de la reutilización de aguas residuales de la planta de Pinedo, [2] Reutilización de aguas residuales de la E.D.A.R. de Sueca y ampliación de la capacidad de depuración de agua en Sueca, [3] Reutilización de las aguas residuales depuradas de Albufera Sur, [4] Reordenación de la infraestructura hidráulica de la huerta y red de saneamiento del área metropolitana de Valencia: Nuevo Colector Oeste y obras complementarias. En azul se representan las aguas aptas para su incorporación al lago; en rojo las aguas con tratamiento terciario pero no incorporables, y en negro las aguas residuales no tratadas y primeras pluviales tratadas

La actuación nº 3 “Reutilización de las aguas residuales depuradas de la Albufera Sur” es una de las actuaciones en donde ha participado Prefabricados Delta que esquemáticamente cuenta con:

- Tratamiento terciario en la depuradora de Albufera Sur

- Impulsiones de reutilización:

1. Estación de bombeo
2. Impulsión de reutilización agrícola
3. Impulsión de reutilización ecológica: Esta conducción parte del depósito de acumulación de la depuradora de Albufera Sur y finaliza en el filtro verde situado en el Tancat De Milia. Tiene una longitud de 7.369 m y es de poliéster centrifugado de diámetro 600 mm.
4. Filtro Verde: La actuación contempla la instauración de un filtro verde (tratamiento terciario de alto rendimiento) para el tratamiento del agua, con posterioridad al tratamiento terciario de la depuradora de Albufera Sur, en la desembocadura de la acequia dels Campets en el sector oriental del Tancat de L’Illa, ocupando una superficie aproximada de 40 ha.
5. Balsa de regulación: La actuación contempla la construcción de una balsa para la regulación de los caudales reutilizados para el riego en las proximidades de la cabecera de la zona regable, junto a la Fesa Benifaio de la Acequia Real del Júcar (Acequia del Moli Vell).



La actuación nº 1 “ORDENACIÓN Y TERMINACIÓN DE LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE PINEDO (VALENCIA)”: es la que vamos a utilizar para desarrollar este artículo.

La planta depuradora de aguas residuales de Pinedo trata en la actualidad la mayor parte de las aguas residuales del municipio de Valencia y de los municipios de: Albal, Alcàsser, Alfafar, Catarroja, Lugar Nuevo de la Corona, Massanassa, Mislata, Picassent, Sedaví, Silla, Benetússer, Beniparrell, Burjassot, Xirivella, Paiporta, Paterna y Picanya. Su capacidad de depuración es de 350.000 m³/día, lo que supone un caudal continuo de 4 m³/seg, y dispone de un sistema de tratamiento terciario con capacidad suficiente para todo el caudal tratado en la planta. La mayor parte de su efluente se vierte al mar mediante un emisario submarino.

La reutilización tiene sentido si existe una demanda en este caso para:

- Suministro de agua para riego complementando con ello a otras fuentes de recursos y garantizando el recurso.
- Aporte de agua a la Albufera previa reducción de las cantidades de nutrientes y fósforo para contribuir mediante dilución a reducir los niveles de estos productos que actualmente contiene el agua de la misma.



El lago de la Albufera de Valencia, como consecuencia de las excesivas entradas de materia orgánica alóctona y nutrientes inorgánicos, constituye un sistema hipertrofico, siendo el zooplancton muy reducido en comparación con el fitoplancton y perdiéndose la vegetación sumergida, elemento clave para el buen funcionamiento del sistema.

Es por ello que se puede considerar como posible demanda para el agua procedente de la planta de Pinedo la utilización de la misma como aporte adicional al que actualmente llega a esta laguna, de manera que pueda acercarse al que históricamente le llegaba desde el río Júcar pero que hoy en día no se produce como consecuencia del aumento de las demandas.

Para poder utilizar el agua generada por la planta de Pinedo, es preciso realizar previamente a su vertido a la Albufera un tratamiento del efluente con el fin de reducir la carga de nutrientes, especialmente el fósforo, del mismo hasta alcanzar una concentración máxima de fósforo de 0,01 mgP/l, valor recomendado para este parámetro por el “Estudio para el desarrollo sostenible de la Albufera de Valencia” de la Confederación Hidrográfica del Júcar de 2004”. La Generalitat Valenciana ha implantado recientemente el tratamiento terciario del efluente, incorporando, además, dispositivos físico-químicos para la reducción de nutrientes para parte del caudal.

La actuación consiste en el diseño de:

- Una infraestructura que permita la reutilización agrícola de las aguas procedentes del tratamiento terciario de la planta depuradora de Pinedo, y
- Un filtro verde cuyo fin es la disminución de nutrientes y la renaturalización de las aguas que no pueden ser utilizadas en el riego hasta hacerlas aptas para su reutilización como aporte hídrico a la Albufera con la infraestructura de conducción asociada.



La actuación proyectada por ACUAMED consiste en:

- 1.- Las infraestructuras necesarias para aprovechar hasta 1 m³/s de los efluentes de Pinedo para usos ecológicos, previa reducción de nutrientes y renaturalización en un filtro verde (18 ha.) a implantar en el nuevo cauce del Turia, permitiendo, a su vez, la conexión biológica entre los ecosistemas del río Turia y el propio lago, favoreciendo el mantenimiento de la biodiversidad, objetivo no alcanzable mediante la aportación directa. Tras una estación de control de calidad a la salida del citado filtro, se proyecta la conducción de estas aguas, en caso de aptitud, a la rambla del Poyo, afluente al lago de la Albufera, para su incorporación a éste.
- 2.- Para el resto de caudales (hasta 3 m³/s) se prevé su reutilización en las zonas regables de la Acequia Real del Júcar y del Canal Júcar-Turia, preferentemente en cítricos y excluyendo los arrozales. A este fin se proyectan las conducciones denominadas Catarroja-Benifaió (15 km) y CJT-tomas (7,5 km) así como dos estaciones de impulsión (Catarroja, ARJ).

Obras:

Las obras contempladas se diseñan para un caudal entorno de 2-3 m³/s de agua depurada. Este caudal viene condicionado por la producción diaria de la planta de Pinedo y por el diseño de la infraestructura hidráulica de transporte incluida en el Proyecto de Construcción de Reutilización de aguas depuradas de la E.D.A.R. de Pinedo, conducción a la Albufera, tramo acequia Ravisanxo-Port de Catarroja (Valencia); Generalitat Valenciana, Conselleria d'Infraestructures i Transport de julio de 2006. Dicho proyecto contempla la ejecución de un canal para conducir el caudal procedente de la EDAR de Pinedo hasta el Puerto de Catarroja.

En concreto la conducción de tubería desarrollada en este artículo parte del punto final de entrega del canal al Puerto de Catarroja, desde donde impulsa las aguas mediante una estación de bombeo hasta el P.K. 15+363 de la conducción de impulsión que transporta las aguas a la Acequia Real del Júcar.

La actuación contempla optimizar el uso del agua tratada en la planta de Pinedo con destino al regadío, procedente de toda el área metropolitana, consiguiendo aumentar la calidad del agua de riego en las zonas regables anexas, en especial las que tienen potencial destino en el lago de la Albufera, preservando ésta en lo posible de la entrada de nutrientes.

La empresa constructora FCC del Tramo I (estación de impulsión y conducción P.K. 0 – 3+900) y la UTE OHL-OCIDE del Tramo II (conducción P.K. 3+900- 15+363) fueron adjudicatarias del concurso convocado por ACUAMED para la ejecución de las obras mencionadas.

Se analizó que combinación: coste de construcción más costes anuales de explotación, hacían mínima la función de costes. Para poder analizar la alternativa más eficiente se procedió a valorar el coste de las obras por una parte, incluyendo los costes de construcción y los asociados a la adquisición de los terrenos necesarios. Por otra parte, se valoraron los costes anuales de explotación, incluyendo los relativos al mantenimiento y conservación, así como los asociados al consumo de energía eléctrica.

La solución elegida fijada un caudal en torno a 2 m³/s fue un bombeo en 24 h y tubería de DN 1.200 mm. La posibilidad de regular los caudales con regulación diaria para aprovechar los mejores costes de la energía en las horas de menor consumo no mejora los costes del sistema. Pese a que se alcanzan los mínimos costes energéticos, los costes de inversión y los de mantenimiento y operación se incrementan superando con creces la ventaja económica que se obtiene en el capítulo de energía.

Para la elección del trazado se busco la optimización buscando:

- Minimización de la afección ambiental: afecciones a espacios protegidos y hábitats prioritarios.
- Mejor balance económico: Minimización de longitud de traza, de afección a suelos con capacidad agrológica “muy elevada” y de servicios afectados.
- Minimización de la afección social: Trazado casi íntegramente bajo caminos y carreteras sin afecciones relevantes a edificaciones o servicios.

El tipo de material de la tubería es hormigón armado con camisa de chapa.

Respecto al tipo de junta se considera más conveniente emplear junta elástica que se adaptará mejor a los previsibles movimientos del terreno.

Las obras comprenden la ejecución de una conducción de impulsión de 15.363 metros de hormigón armado con camisa de chapa, así como una serie de elementos accesorios de valvulería. Los cálculos del régimen transitorio de la impulsión determinaron la instalación de una chimenea de equilibrio en el pk 13+640.

Las infraestructuras lineales de mayor relevancia (líneas de ferrocarril, autovías y carreteras) se cruzaban mediante la ejecución de 5 hincas, de las cuales 2 se realizaban con escudo cerrado y 3 con escudo abierto.

Para el control de la instalación se previó la instalación de válvulas motorizadas de seccionamiento que se alimentan mediante módulos fotovoltaicos y cuya gestión se realiza a través de un cable de fibra óptica de 8 pares.

Solución adoptada:

Los principales criterios de diseño seguidos relativos a la conducción son los que a continuación se indican:

1. TUBERÍAS:

- TRAZADO EN PLANTA:

- a) Minimizar las afecciones buscando la proximidad de caminos existentes para facilitar el acceso a la zona de ejecución de las obras.
- b) Seguir un trazado consensuado con los afectados y con las distintas partes implicadas (administraciones competentes, empresas explotadoras de servicios afectados, empresa contratista), conjugando sus preferencias con los aspectos técnicos y constructivos.
- c) Considerar para el trazado las previsiones de desarrollo futuro de la zona.
- d) El trazado en planta de las tuberías ha intentado minimizar el número de codos, por ello, se ha considerado un radio de giro mínimo de 660 m.
- e) Se han previsto anclajes de hormigón en todos los cambios de alineación que lo han requerido en función del giro, la presión y el terreno.
- f) Siempre que se ha instalado tuberías en cruces de cauces (barranco de Beniparell) se han adoptado secciones tipo especiales y medidas de protección consensuadas con la Administración competente (Confederación Hidrográfica del Júcar).
- g) Se han procurado evitar paralelismos con líneas eléctricas de media y alta tensión.

- TRAZADO EN ALZADO:

- a) Pendiente mínima del dos por mil en tramos ascendentes y del cuatro por mil en tramos descendentes, en el sentido del flujo del agua.
- b) Recubrimiento mínimo de 1,00 metro por encima de la clave de la tubería y profundidad máxima de 5,00 m.
- c) Se ha reducido todo lo posible el número de puntos altos y bajos.
- d) Se han previsto anclajes de hormigón en todos los cambios de pendiente que lo han requerido en función del cambio en esta, la presión y el terreno.
- e) En tramos de fuerte pendiente, también se ha anclado la conducción con hormigón para evitar su tendencia al deslizamiento.
- f) Se han tenido en cuenta los servicios que cruzan las conducciones, modificando la rasante para procurar la mínima afección posible.
- g) Los viales se cruzan mediante zanja y se reponen en caso de no estar asfaltados, y la conducción va por el interior de tuberías hincadas de mayor diámetro en el caso de ser cruce con carreteras, autopistas y líneas de ferrocarril.

- MATERIALES DE LAS TUBERÍAS:

- a) En el presente proyecto, se han adoptado tuberías de hormigón postesado con camisa de chapa, de diámetro 1.200 mm y 1.600 mm. El tramo de tubería de mayor diámetro se ha utilizado para conectar el tramo de conducción que va de la conducción a la Albufera (tramo Acequia de Ravisanxo- Puerto de Catarroja) al puerto de Catarroja con la obra de captación y el aliviadero.
- b) La tubería de menor diámetro se ha utilizado para el tramo que va del aliviadero a la estación de bombeo (dos unidades) y posteriormente para el tramo de impulsión.



- c) Los extremos de los tubos se han previsto con junta elástica ya que permiten cierta holgura en su instalación, y evitan los problemas asociados a las soldaduras en ambientes de trabajo complicados con presencia de nivel freático.
- d) El espesor adoptado es de 10,5 cm para DN 1.200 mm y de 13 cm para DN1.600 mm.
- e) El dimensionamiento mecánico de la tubería se ha efectuado siguiendo el procedimiento desarrollado en la Instrucción del Instituto Eduardo Torroja para tubos de hormigón armado o pretensado de Septiembre de 2007, junto con las Normas UNE 639, UNE 641 y UNE 642.

- SECCIONES EN ZANJA:

- a) Se han adoptado anchos de zanja en el fondo de la excavación del diámetro de la misma más 0,50 m de sobreecho a cada lado.
- b) Existen diferentes tipos de secciones que adjuntamos como anexo a este artículo, según el terreno que se encontraron. Estaba previsto la utilización de tablestacas, pero una vez comenzaron las obras, se confirmó que su utilización se efectuó en casos excepcionales, porque el terreno era más benévolo de lo esperado. Si por estar tan cercanos a la Albufera el nivel freático era una constante durante el montaje, para ello se dispusieron las medidas oportunas como bombas de achique de agua para facilitar el trabajo en zanja, estabilizar la solera de la zanja con pedraplén y se envolverá la cama de asiento con una banda de geotextil de 160 gr.
- c) CAMA DE ASIENTO: situada bajo el tubo, tendrá un espesor de 20 centímetros extendida a lo ancho de toda la zanja, y está compuesta por material granular procedente de préstamo. Posteriormente se rellenará hasta la altura necesaria para formar un apoyo de 90° en la tubería.
- d) RELLENO PRIMARIO DE LA ZANJA: en general se rellenará hasta una altura de 30 cm por encima de la generatriz superior de las tuberías con material granular procedente de préstamo para no dañar a las tuberías y se compactará hasta el 75 % de su índice de densidad.
- e) RELLENO SECUNDARIO DE LA ZANJA: finalmente se rellenará el resto de la zanja con material procedente de la excavación, con un tamaño máximo de 15 cm y compactado al 95% del P.M. en tongadas de 30 cm.
- f) Por último, en los tramos en los que la zanja discorra por campos de cultivos se recubrirá el relleno con tierra vegetal, reponiendo en el resto de los casos con el mismo paquete de firme al existente.
- g) La banda total de ocupación para la instalación de las tuberías es de 25 m de anchura, adecuándose a la existencia de caminos acequias y a las sinuosidades de estos elementos. En esa banda de

ocupación se incluye una zona para ejecución de la zanja, otra para acopio del material extraído de la zanja y para acopio de las tuberías así como una franja destinada al tránsito de maquinaria.

- h) Se ha previsto en la zanja la colocación de canalizaciones de telemando.



- RUGOSIDAD DE CÁLCULO Y PÉRDIDAS LOCALIZADAS

- a) Se ha adoptado como rugosidad de cálculo en las tuberías, una rugosidad absoluta de 0,3 mm.
- b) Como pérdidas localizadas se considera un incremento del 7.5 % respecto a las pérdidas continuas obtenidas con la rugosidad anterior.

- VALVULERÍA Y ACCESORIOS

- a) Se han dispuesto ventosas trifuncionales, de doble cuerpo y con purgador, en los puntos más adecuados para cumplir las funciones de admisión de aire durante el vaciado, la expulsión de aire durante el llenado y la purga de aire durante el funcionamiento habitual, situándolas siempre en puntos altos, no dejando nunca tramos de más de 500 metros de longitud sin ventosas.
- b) Las ventosas son de 200 mm y llevan una válvula de compuerta de igual diámetro para poder ser aisladas de la conducción sin tener que interrumpir el servicio.
- c) Se han dispuesto desagües para permitir el eventual vaciado de la conducción en todos los puntos bajos. Son de tubería de 300 mm y dispondrán de una válvula de compuerta de 300 mm de diámetro, para seguridad, y un carrete de desmontaje.
- d) Los desagües diseñados son de doble cámara, una de ellas seca que es donde se ubican las válvulas, y la otra es húmeda que es donde desagua la tubería.

- MACIZOS DE ANCLAJE

Concretamente, en este proyecto se han diseñado anclajes para los siguientes casos:

- a) Codos horizontales
- b) Codos verticales cóncavos
- c) Codos verticales convexos
- d) Arquetas con ventosa

Para el diseño de los anclajes en codos horizontales, se ha considerado solo el rozamiento entre el anclaje y el terreno, mientras que no se ha considerado la ayuda del empuje pasivo del terreno.

Para el diseño de los anclajes en los codos verticales cóncavos, se ha tenido en cuenta que no se colapse el terreno por la tensión que ejerce sobre él el anclaje.

Para el diseño de los anclajes en los codos verticales convexos, se ha comprobado que el anclaje no se levanta y que no desliza.

De toda la normativa y guías técnicas vigentes que se han utilizado para la realización del proyecto, y de uso habitual en la redacción de proyectos, se ha de destacar por su extensiva utilización para la conducción (principal elemento proyectado) la siguiente:

- Ø Guía Técnica sobre Tuberías para el Transporte de Agua a Presión (editada por el CEDEX en 2.002).
- Ø Instrucción del Instituto Eduardo Torroja para tubos de hormigón armado o pretensado de Junio de 1980, junto con las Normas UNE 639, UNE 641 y UNE 642.

Descripción tuberías y piezas especiales:

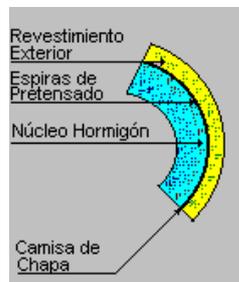
La conducción está constituida por una tubería de longitud 15.363 m., mediante una conducción en tubería de hormigón postesado de diámetro 1200 mm. y un pequeño tramo en 1600 mm, que es un tubo de 6 m. de longitud útil, constituido por un núcleo de hormigón con una camisa de chapa que le confiere estanqueidad y una armadura activa arrollada helicoidalmente alrededor del núcleo, que zuncha este núcleo de hormigón. A este conjunto, denominado primario (elemento resistente), se le reviste en último lugar de una capa exterior de hormigón cuya misión es proteger la armadura activa.

La junta elástica de este tubo se realiza mediante unos cabezales metálicos. El cabezal macho consta de una acanaladura en la que se alojará durante el proceso de montaje un anillo elastomérico de diámetro 20 mm. que consiste en una goma tórica. El cabezal hembra tiene una forma acampanada. Ambos son perfiles del espesor suficiente según la presión situados en los extremos del tubo. Ésta es una junta fácil de montar y, debido a las estrictas tolerancias de fabricación, una junta estanca de gran garantía.

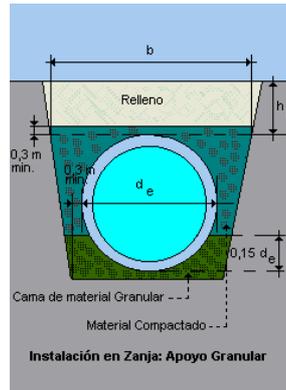
La unidad de tubo (hormigón y acero) pesa aproximadamente DN1200 - 6.650 Kg, DN1600 – 10.800 Kg.

Los tubos están calculados según las siguientes hipótesis:

- Ø Tipo de tubo: Hormigón postesado con camisa de acero



- Ø Cálculo mecánico: Instrucción del Inst. Eduardo Torroja para tubos de hormigón armado y pretensado (Septiembre 2007).
- Ø Diámetro interior: 1.200 y 1.600 mm.
- Ø Tipo de colocación: Zanja.



- Ø Tipo de cama de sientto: Granular a 90°
- Ø Relleno: Compactado.
- Ø Altura del relleno: 3 m. sobre generatriz superior del tubo, algún tramo HT= 5 m.
- Ø Sobrecarga de tráfico: Eje de 13 tn.
- Ø DP(presión diseño)/MDP(máxima de diseño)/STP(prueba en obra): 5/6/7 atm.

El hormigón utilizado en el núcleo del tubo es de 45 N/mm² de resistencia con cemento CEM I 42,5 R, con la particularidad de que a los siete días de curado debe alcanzar una resistencia de 40 N/mm² para poder realizar el zunchado del núcleo del tubo. Para el revestido de hormigón, cuya única misión es la de proteger la armadura activa, se utilizó un hormigón de 35 N/mm² de resistencia con cemento resistente a los sulfatos tipo CEM I 42,5 R/SR. En la ejecución de ambos hormigones se utilizaron tanto áridos silíceos como calizos.

Para la armadura activa se utilizaron unos alambres de pretensado del tipo UNE 36094-97 Y 1770 C 5,0.



Los cruces para pasar las obras lineales de carretera y ferrocarril se están ejecutando hincando un tubo de mayor diámetro, para posteriormente introducir un tubo de junta soldada.

En lo referente a las piezas especiales como tes para desagües y ventosas, codos y válvulas de seccionamiento se están ejecutando en chapa de acero. Las piezas especiales tenían como características fundamentales las que se presentan a continuación:

- Ø Calidad del acero: S 275 JR.
- Ø Tratamiento interior: Chorreo de arena grado Sa 2 ½ y posterior pintado con resina epoxi alimentaría espesor mínimo 200 micras.
- Ø Espesor de chapa: Conducción Principal y Derivación 10 mm
- Ø Codos: según AWWA C208-83
- Ø Bridas según norma DIN 2576-PN-10
- Ø Tornillería galvanizada según definición DIN
- Ø Junta plana de goma para bridas
- Ø Ensayos con líquidos penetrantes realizados en fase de fabricación y obra (100% de las soldaduras)



Instalación de la tubería:

Para la explicación de este proceso se pueden distinguir los tres capítulos siguientes:

- Ø Excavación y preparación de la zanja.
- Ø Montaje de la tubería.
- Ø Pruebas hidráulicas.

- Excavación y preparación de la zanja:

En primer lugar se hizo el replanteo de la traza, señalando los puntos singulares de la misma, tales como ventosas, desagües, válvulas de corte, pasos de caminos y cruces de carretera.

Para la excavación de la zanja se procedió en primer lugar a hacer el desbroce de la tierra vegetal teniendo en cuenta el ancho de la zanja y además del acondicionamiento del camino de acceso para el montaje de la tubería.



Después se procedió a realizar la excavación de la zanja de alojamiento, el terreno que se encontró era muy variable y en ocasiones sobre todo los primeros kilómetros afectado por el nivel freático debido a la proximidad de la Albufera. Las secciones tipo de zanja las adjunto como anexo a este artículo, pero destacar que en las zonas en las que el suelo no resultaba estable o bien presentaba un nivel freático alto, se emplearon bombas de achique de agua para facilitar el trabajo en zanja, estabilizar la solera de la zanja con pedraplén y se empleó como refuerzo un geotextil no tejido con fibra de polipropileno, de 160 g/m². Con ello se evitó, por un lado, las migraciones de suelo del relleno al fondo de la zanja o a las paredes de la misma, lo que originaría pérdidas de apoyo del tubo y tensiones en su estructura. Por otro lado, con la utilización del geotextil, se reforzó el fondo de la zanja aumentando la rigidez del terreno y la estabilidad del conjunto zanja-terreno-tubo.



En las zonas donde existía riesgo de desprendimiento de zanja se procedió a utilizar tablestacas.

Es importante hacer hincapié a la seguridad de las excavaciones que se realizaron, ya que no se produjo durante toda la obra ningún desprendimiento que ocasionará daños materiales o físicos.

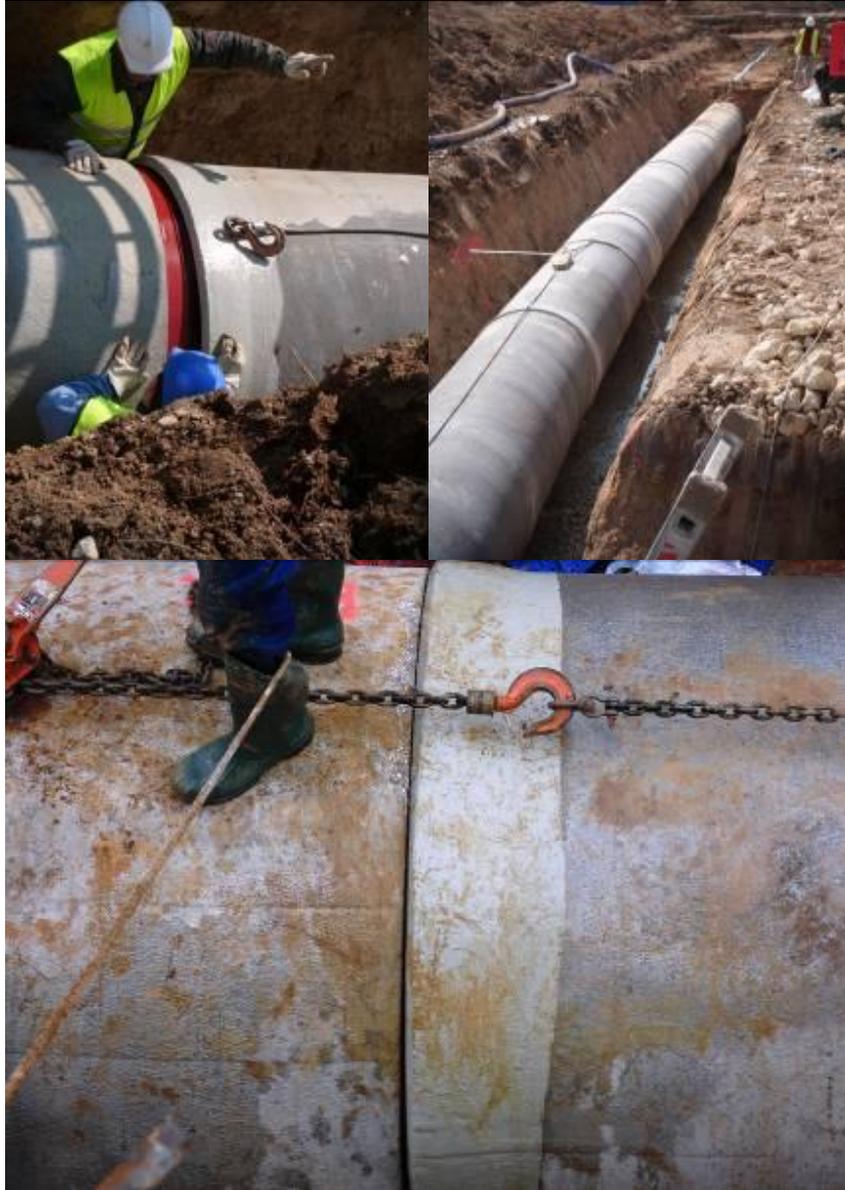


- Montaje de la tubería:

El montaje de la tubería se hizo directamente desde el camión trailer que transportaba los tubos a la zanja con el siguiente equipo de montaje: un oficial montador, dos peones y una grúa de 60 toneladas que permitiera montar 4 tubos en una posición.

Tras ser realizado un buen rasante de la zanja y con un buen apoyo granular que arriñone al tubo, el montaje de éste es relativamente sencillo: se limpian los cabezales perfectamente; se monta la junta elástica en su alojamiento en el cabezal macho repartiendo la tensión a toda la goma para evitar arrollamientos; se impregna con jabón neutro toda la junta, y se hace penetrar el tubo que tiene suspendido la grúa en la hembra del tubo anterior ayudado por un tráctel, hasta que el cabezal hembra quede enfrentada con el borde exterior del hormigón del cabezal macho.





Los rendimientos de montaje han sido en las zonas donde no había dificultades en un 60% de la obra de 20-22 tubos/día y en las zonas de mayor dificultad 8-10 tubos/día.

Para el relleno de la zanja se utilizó el material procedente de la excavación, vertiéndolo de manera uniforme a ambos lados del tubo y compactándolo.

Para las piezas especiales de chapa se pensó en montarlas mediante junta soldada con una entrada de hombre de 600 mm. que permitiera a los soldadores entrar en las piezas para ejecutar la soldadura por su cara interior. La pieza consistía en dos partes: la que se enchufaba al cabezal hembra del tubo y una virola telescópica de cierre que unía la pieza metálica con el cabezal macho del tubo siguiente. Por tanto había que ejecutar tres cordones de soldadura en obra para montar la pieza.



- Pruebas hidráulicas:

Una vez finalizado el montaje de toda la conducción esta prevista probar la tubería por tramos.

Todos los elementos de la red deben cumplir las pruebas de tubería en zanja, para ello, piezas especiales deben estar instaladas antes de su ejecución, con sus correspondientes anclajes y en perfecto estado de funcionamiento.

Para la realización de la prueba se cerraron los extremos con los tapones de prueba unidos a los tubos mediante junta elástica, para evitar que la tubería sufriese esfuerzos longitudinales. Éstos se anclaron con monolitos de hormigón.

Se realizaran en esta obra la prueba de tubería instalada como marca la norma UNE-EN 805:2000 a unas presiones de $STP = MDP + 1 \text{ atm}$.

Una vez mantenida la tubería durante aproximadamente 48-72 horas en carga, punto muy importante en este tipo de tubería, a más de la mitad de la presión de prueba para que el hormigón interior se saturara bien de agua, se procedía a realizar la Prueba de Presión.

Hasta ahora se ha realizado una prueba con resultado satisfactorio, esta previsto que antes de fin de año este probada toda la tubería.

Conclusión:

Reflejar una obra concreta de reutilización de aguas residuales destacando su importancia donde una vez depurada, el agua procedente de las aglomeraciones urbanas se reconduce para usos de regadío de explotaciones agrarias y actuación medioambiental de recarga de marismas como es la albufera y bolsas de agua freática.

Estas actuaciones de reutilización son interesantes ya que logramos aliviar la presión sobre los recursos hidrológicos disponibles para el abastecimiento de agua potable, optimización de costes y rendimiento del recurso.

Mostrar a la tubería postesada con camisa de chapa y junta elástica, como una solución técnicamente idónea para cualquier actuación de tubería con presión y diámetros superiores a 800 mm. Como ejemplo, se ha descrito la utilización de este tipo de tubo en una red principal, en una de las obras que están ejecutándose en la actualidad de reutilización de aguas residuales.

Para estas redes principales es muy importante la elección del material a instalar porque se necesitan las siguientes características, que en este caso se confirman:

- Durabilidad.
- Resistencia a las cargas exteriores e interiores.
- Funcionalidad.
- Simplicidad en la instalación.
- Solución competitiva.

