

*III Jornadas de Ingeniería del Agua  
La protección contra los riesgos hídricos  
© Marcombo S.A., Barcelona, ISBN 978-84-267-2071-9*

## **SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO DE REGULACIÓN Y MODERNIZACIÓN DEL CANAL DE TERREU**

*Pedro Jesús Extremera Aceituno. – Sociedad General de Obras, SA*

*Alberto Santos Sánchez - Juan José Muñoz Pérez – Universidad de Cádiz*

*Ramón Lúquez Llorente – Eduardo Algora Esteban – Confederación Hidrográfica del Ebro*

*Carlos Ballarín Bello – Dragados*

*Antonio Sánchez Lallana – Control y Geología, SA*

*Francisco José Vallés Morán – Universidad Politécnica de Valencia*

### **1. Introducción**

El sistema de Riegos del Alto Aragón, con fuentes de suministro muy distantes de la zona regable, obliga a largas conducciones que dificultan el suministro de agua a las demandas reales de las zonas, tanto en lo referente al caudal como a la regulación del mismo.

El Canal de Terreu con una longitud total de 49,220 Km pertenece al Sistema de Riegos del Alto Aragón, tiene su origen en el Canal del Cinca del que deriva su caudal actual, dominando una superficie de 25.101 hectáreas de regadío con una dotación de 0,67 l/s/Ha.

En la gestión interna del Sistema de Riegos del Alto Aragón es común la regulación con embalses de los principales canales, tal y como sucede en la cola del canal del Cinca (Embalse de Valdabrá) o en el Canal del Flumen (Embalse del Torrollón)

### **2. Problemática Existente**

Con la situación previa al proyecto de modernización y regulación del Canal de Terreu la zona regable dependiente del mismo presentaba una serie de carencias que ponían en riesgo la sostenibilidad del mismo. Estas necesidades se fundamentaban principalmente en:

- No se podía abastecer las demandas reales de agua en la parte final del mismo
- El riego a través de acequias derivadas del Canal de Terreu implicaba que determinadas comunidades de regantes tuviesen que bombear agua, con el consiguiente encarecimiento de los costes de producción y el peligro para la viabilidad de las explotaciones agrícolas

- Esta infraestructura discurre por 49,220 Km, y en distintos puntos de su traza presentaba problemas de hundimientos y colapso del terreno que generaban fugas de agua con el riesgo que conllevaba respecto a garantía del servicio y afecciones a terceros

A estas premisas había que sumar la necesidad de mejorar el sistema en cuanto a modernización de los elementos de transporte, regulación y control implicados en la gestión del agua. Con el fin de evitar pérdidas de agua y garantizar el correcto suministro de las demandas.

### 3. Objeto y solución del proyecto

El deterioro del canal y las nuevas exigencias para el correcto aprovechamiento de los recursos hídricos, hacían necesario desarrollar una regulación del mismo. Con estas premisas se elabora el Proyecto Modificado Nº2 de Regulación Integral y Modernización del Canal de Terreu del Sistema de Riego del Alto Aragón – TT.MM. Castelflorite y otros. Con un Presupuesto Total Integro de 94.167.461,22 € que contempla una serie de actuaciones que permiten optimizar los recursos hídricos al tiempo que minimizan los gastos energéticos en la explotación de los mismos, confiriendo una mayor sostenibilidad y eficiencia del sistema hídrico.

En la búsqueda de la solución a la problemática existente, se definen una serie de actuaciones que pueden dividirse en tres grandes grupos:

**Canal:** son actuaciones consistentes en la modernización y aumento de la capacidad de transporte a lo largo de los 49,2 Kms del mismo, consiguiendo llevar un caudal en origen de 20 m<sup>3</sup>/s. Esto se logra mediante el recrecimiento de su tramo inicial en unos 10,9 kilómetros. Punto en el que se deriva este mayor caudal a través de una tubería en presión hasta la presa de Las Fitas. Demolición y nueva ejecución de tramos en mal estado, impermeabilización y solución de problemas de cimentación. Así como mejora de las tomas del canal mediante la instalación de compuertas automáticas con módulos de máscara, modernización de compuertas transversales en el canal, ampliación de los desagües, aliviaderos, etc.

**Tubería en Presión:** Con objeto de aumentar la capacidad de transporte y dotar de presión natural se ha ejecutado una tubería en presión de unos 23,5 kilómetros de longitud. Esta tubería se inicia en la cámara de carga, que se deriva del propio canal en el PK 10+900, comenzando con un diámetro de 2000 mm. para finalizar en la Presa con 1200 mm. El material de esta tubería es poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) en la mayor parte su recorrido, salvo en tramos de especial dificultad geológica en los que hubo que pilotar o estructuras aéreas, empleándose en ambos casos acero helicosoldado con capacidad autoportante. A lo largo del recorrido de la misma se disponen una serie de tomas que permiten derivar agua en presión a distintas comunidades de regantes (de ahí que vayan disminuyendo telescópicamente los diámetros), con el consiguiente ahorro energético al evitar anteriores bombeos de agua.

**Embalse de Las Fitas:** Con objeto de disponer de caudales regulados en la zona regable se proyecta un embalse de unos  $8,5 \text{ Hm}^3$  de capacidad, que recibe los caudales desde la tubería en presión y que puede revertir los caudales hasta el Canal de Terreu en el momento en que sea demandado. La tipología de esta estructura es una presa de materiales sueltos, heterogénea, con núcleo de arcilla y en cuya cimentación se ha dispuesto una pantalla de bentonita-cemento a fin de evitar filtraciones

### 3.1 Canal de Terreu

Para conseguir los objetivos pretendidos, las actuaciones más destacables en el Canal de Terreu han sido:

#### Obra de Toma en el Canal

Debido a la necesidad de disponer de un sistema que permita garantizar los caudales en todo momento, independientemente de los niveles aguas arriba como aguas abajo. Se previó la instalación de dos compuertas de nivel constante asociadas a una serie de almenaras modulables.

Esta disposición permitía garantizar el servicio del caudal en función de las compuertas abiertas, fraccionándolo en múltiplos de 1000 l/s ó 100 l/s hasta un caudal de  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  que es el máximo previsto de acuerdo con la demanda



*Figura 1. Obra de toma del Canal de Terreu.*

#### Recrecido del Canal

Para cumplir con las nuevas demandas de agua era preciso aumentar la capacidad de transporte del canal, pasando de  $17 \text{ m}^3/\text{s}$  a  $20 \text{ m}^3/\text{s}$  en su tramo inicial, reduciéndose los caudales de modo progresivo a medida que se suceden las tomas para riego y se detraen los caudales demandados en las mencionadas tomas.

Así se planteó un recrecimiento en hormigón de la sección tipo del canal que aportase una altura suplementaria en los cajeros entre los PK 0+000 y el PK 10+900. Punto a partir del

cual, por detracciones de caudales de las tomas aguas arriba del PK 10+900 y derivación a través de la toma de la tubería, era suficiente con la primitiva sección del canal.

### **Reparaciones del canal**

A lo largo de los casi 50 Km del Canal de Terreu, había zonas con distinto grado de conservación, lo que requería diferentes tratamientos. Así, en algunas era suficiente con la limpieza de cajeros y solera, mientras que otras requerían demolición, mejora de la cimentación y nueva ejecución en hormigón armado.

### **Camino de Servicio y Banqueta**

El camino de servicio preexistente, sensiblemente paralelo al canal, presentaba una serie de patologías discontinuas a lo largo de sus casi 50 Km de longitud. De ahí la necesidad de hacer un estudio pormenorizado del mismo que permitiera tramificar las actuaciones. Abarcando estas desde zonas de saneo profundo y reposición con nueva capa de mezcla bituminosa en caliente S-12, a otras que presentaban una mejor conservación y era suficiente con la aplicación de una lechada bituminosa para mejorar las condiciones de rodadura del mismo.

Se ejecutó también una nueva banqueteta de 4,5 m. de anchura en la margen derecha del canal, con trazado paralelo al mismo y cuya finalidad es permitir el acceso para el mantenimiento.



*Figura 2. Detalle de Canal, Camino de Servicio y Banqueta.*

### **Tomas Automáticas modulares**

A lo largo del canal se ha dispuesto una serie de tomas automáticas modulares con el fin de dar servicio a las distintas Comunidades de Regantes integradas en la zona regable del Canal de Terreu.

Los elementos generales de estas tomas serán: compuerta plana de guarda en el canal, compuerta de regulación de nivel (bien de nivel constante aguas arriba o nivel constante aguas abajo) y almenaras modulares a partir de las que se afora el caudal demandado

### 3.2 Conducción en Presión

A fin de conseguir los objetivos establecidos en cuanto a caudales y presiones en cada una de las 6 tomas dispuestas a lo largo de la traza de la tubería y, finalmente, en la obra de entrega de la Presa de Las Fitas y restitución al canal, se disponen los siguientes elementos:

#### Obra de Toma de la Tubería – Cámara de Carga

La obra de toma de la tubería se desarrolla mediante la cámara de carga situada en la margen derecha del Canal de Terreu en el PK 10+900. La cámara proyectada tiene una longitud total de 35 m de los cuales los primeros 14 m corresponden con la conexión con el canal, para posteriormente continuar con una transición metálica que conecta con la tubería de PRFV de 2.000 mm de diámetro.

Como elemento de control se instala una compuerta tipo Wagon de dimensiones 2,00x2,00 m precedida de una reja de desbaste y un limpiarrejas.

#### Tubería Principal

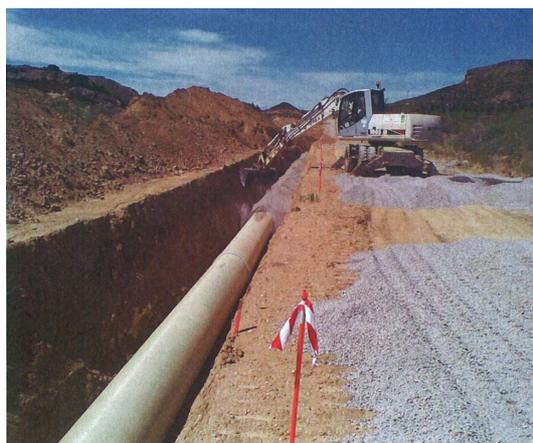
La tubería se ha ejecutado en Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) y acero helicoidado tipo S-275-JR en aquellos puntos más conflictivos como paso de barrancos o donde las características del terreno exigían un refuerzo en la cimentación del tubo por problemas geológicos. En ambos casos se dispuso una estructura que garantizase su cimentación, disponiéndose pilotes en aquellas zonas que requería cimentación profunda.



*Figura 3. Montaje de Tubería en Estructura Aérea*

El trazado de la tubería se presenta en la mayor parte del recorrido enterrado en zanja con taludes de excavación 1H/5V hasta el fondo de la zanja donde la anchura de la misma varía entre 2,20 y 3,00 m. en función del diámetro del tubo. Bajo la Tubería se dispone una cama de material granular de 30 cm de espesor y a lo largo del trazado de la tubería se disponen

anclajes de hormigón en masa en los codos a fin de arriostrar la conducción y minimizar o contrarrestar los empujes.



**Figura 4.** Trazado de la Tubería en Zanja.

A lo largo del recorrido de la misma se disponen una serie de tomas que permiten derivar agua en presión a distintas comunidades de regantes, esta es una de las ventajas de proyecto. Además de garantizar los caudales demandados en función de las dotaciones establecidas de 67 l/s/Ha, esta agua se entrega desde una tubería en presión, con el consiguiente ahorro energético que esto supone para la explotación del sistema.

Para garantizar el correcto funcionamiento de la tubería se disponen una serie de válvulas, ventosas, purgadores y desagües que permiten el correcto funcionamiento del sistema.

#### **Conexión de la Conducción Principal con la Presa de Las Fitas**

La conexión con la Presa de Las Fitas se sitúa en el punto final de la tubería principal y se compone principalmente de los elementos mecánicos necesarios para el seccionamiento y maniobra. Y otros de seguridad como es el caso de una válvula de sobrevelocidad y caudalímetros que garantizan que, en caso de fallo del sistema, se secciona impidiendo la descarga del sistema.

### **3.3 Presa de Las Fitas**

La Presa de Las Fitas se sitúa al Sureste de la provincia de Huesca, a unos 9 Km de Sariñena y 4 de Castelflorite. La cerrada se dispone con dirección NE-SO y el vaso del embalse se prolonga hacia el Noroeste, a lo largo del Valle de Las Fitas y vaguadas adyacentes.

El entorno geológico del enclave de la Presa de Las Fitas, presa de materiales sueltos con núcleo de arcilla, presenta unas características peculiares que requieren definir el tratamiento para minimizar las filtraciones de agua a través del cimiento de la presa.

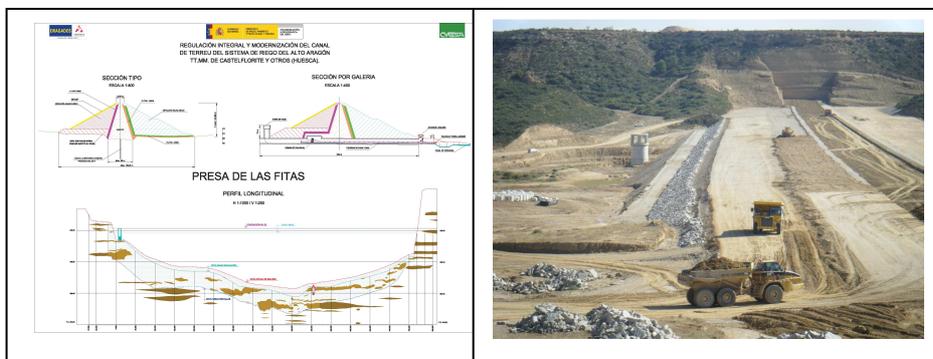
El principal problema que presentaba este terreno eran las filtraciones bajo el cimiento de la presa que pudieran repercutir en erosiones internas del cimiento. Erosión esta que se vería favorecida por gradientes hidráulicos.

Así, tras una exhaustiva campaña geológica y geotécnica que aportó datos sobre los materiales del cimiento en cuanto a su deformabilidad, dispersibilidad, composición química... se optó por la ejecución de una pantalla de bentonita-cemento que disminuyera el gradiente hidráulico entre aguas arriba y aguas debajo de la misma. Con ello se reducía la permeabilidad del mismo, lo que mejoraba dos aspectos fundamentales:

- La seguridad de la presa ante el riesgo de erosión interna de la cimentación
- Las pérdidas económicas derivadas de las fugas del embalse provocadas por la permeabilidad de la cimentación

Una vez resuelto el problema de cimentación se procedió al terraplenado y ejecución del cuerpo de presa en correspondencia con las secciones previamente definidas:

- Planta recta de 756 m. de longitud
- Espaldón aguas arriba constituido por gravas extraídas de la terraza
- Filtro-dren que actúa de material de transición entre el núcleo el espaldón
- Núcleo inclinado constituido por arcillas con un coeficiente de permeabilidad menor de  $10^{-7}$  cm/sg
- Filtro-Dren compuesto por material granular que evita la fuga de finos del núcleo cumpliendo  $D_5$  (filtro)  $\geq$  tamiz nº 200 y  $5 D_{15}$  (suelo)  $\leq D_{15}$  (filtro)  $\leq 5 D_{85}$  (suelo).
- Espaldón de aguas abajo, de material similar al espaldón de agua arriba
- Rip-rap de protección aguas arriba de 1,00 m. de espesor
- Protección de aguas abajo compuesta por una hidrosiembra sobre tierra vegetal



**Figura 5.** Sección Tipo Presa de Las Fitas.

### **3.4 Sistema de Telecontrol**

Esta modernización se completa con un sistema de control centralizado en el Edificio de Administración que se dispone en el estribo derecho de la Presa de las Fitas. Con este sistema de Telecontrol es posible tener datos en tiempo real para canal, tubería y presa gestionando y procesando la información descriptiva del estado hidráulico e hidrológico del Canal de Terreu y la Presa de las Fitas. El sistema será capaz, además, de interactuar a través de la instrumentación dispuesta a lo largo de la conducción.

Estos datos de niveles, presiones, caudales y elementos de auscultación, se integrarán en el Sistema General de la Red SAIH del Ebro, ayudando al mantenimiento de la red avisando de posibles fugas y roturas, así como un control de las redes de distribución.

## **4. Conclusiones**

Una vez terminada y entregada la obra y, ya en explotación, se puede comprobar el correcto funcionamiento del sistema y las mejoras en él introducidas. Obteniéndose resultados aún más favorables que los teóricos esperados, a la vez que se ha mejorado la operatividad del mismo.

Al mismo tiempo se cumple con las premisas de la entrega de las dotaciones de agua demandadas y con presión, con el consiguiente ahorro energético que ello conlleva al permitir la supresión de determinados bombeos.

Años como el actual 2013, ha sido posible almacenar agua en la presa de Las Fitas de la que se podrá disponer cuando las demandas superen las reservas hídricas disponibles.

## **Referencias**

Ramón Lúquez Llorente (2010), Modificación Nº 2 Regulación Integral y Modernización del Canal de Terreu del Sistema de Riego del Alto Aragón – TTMM Castelflorite y Otros (Huesca)

Miguel Sanz et al., Tratamiento de la Cimentación en la Presa de Las Fitas. Comité Nacional Español de Grandes Presas. D.L.M.-26849-2010. ISBN 978-84-92626-68-7