

**(10-018) - EXECUTION OF SEDIMENT RELOCATION IN THE ALMANSA DAM  
(ALBACETE)**

Cabañero Fernandez, Javier <sup>1</sup>; Martín Utrillas, Manuel Guzmán <sup>1</sup>; Curiel Esparza, Jorge <sup>1</sup>; Cantó, Julián <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universitat Politècnica de València, <sup>2</sup> PERELLÓ

The Almansa dam, in the municipality of Almansa (Albacete), has a height of 21m and a capacity of 3 hm<sup>3</sup>. Built in the 16th century, it is probably the oldest in the world. It is sedimented 18m. The capacity of the reservoir is reduced by 1/3. To increase capacity again, the reservoir must be dredged. The least possible impact is sought in the removal of sediments. The solution consists of making dams within the reservoir to relocate the sediments and prevent their mobilization. The sediment extraction was carried out by draining the reservoir and using traditional mechanical means. The environmental impact of the area was minimized with the corresponding forest restoration.

Keywords: dam; sediments; dredging

**EJECUCIÓN DE REUBICACIÓN SEDIMENTOS EN LA PRESA DE ALMANSA  
(ALBACETE)**

La presa de Almansa, término municipal de Almansa (Albacete) tiene una altura de 21m y 3 hm<sup>3</sup> capacidad. Construida en el siglo XVI siendo probablemente la más antigua del mundo. Se encuentra sedimentada 18m. La capacidad del embalse queda reducida en 1/3. Para volver a aumentar o capacidad hay que dragar el embalse. Se busca el menor impacto posible en la retirada de sedimentos. La solución consiste en realizar presas dentro del embalse para la de reubicación de los sedimentos y evitar su movilización. La extracción del sedimento se realizó desecando el embalse y con medios mecánicos tradicionales. Se minimizó el impacto ambiental de la zona con la correspondiente restauración forestal.

Palabras clave: presa; sedimentos; dragado

Correspondencia: [jacafer@doctor.upv.es](mailto:jacafer@doctor.upv.es), Javier Cabañero Fernández



## 1.Introducción

La presa de Almansa, situada sobre la rambla de Alpera en Almansa (Albacete) es la tercera más antigua de España y la presa arco-gravedad más antigua del mundo. La presa primitiva se terminó sobre 1384 y tenía 14,59 m de altura. En 1586 se reparó la presa, debido al mal estado de los sillares de la coronación (que era también aliviadero) recreciendo la obra original con un muro poligonal a una altura de 23,44 m desde cimiento. Esta es la altura actual de la presa (SNCZI-IPE, 2022).

Con posterioridad se han producido numerosas adecuaciones, modificaciones y reparaciones, entre las que destacan la reparación de muros en 1736, la construcción de una torre 6 metros aguas arriba del paramento de la presa en 1911, diversos trabajos de extracción de sedimentos y trabajos de inyecciones en 1930 por el descubrimiento de filtraciones al vaciar el embalse

Entre 1911 y 1930 se desarrollaron importantes trabajos de construcción y limpieza. Se construyó la torre donde se ubica la cámara de maniobras de la válvula del desagüe de fondo, para lo cual se hizo necesario proceder al vaciado de una cantidad considerable de lodos en la zona de trabajo. con posterioridad a la construcción de esta torre no fue previsto un plan sistemático para la limpieza de la zona, por lo que en pocos años los lodos ocuparon de nuevo las proximidades de la torre, inutilizando las compuertas previstas en ésta. Ver figura 1.

**Figura 1 Estado original de la presa de Almansa antes del dragado**



Las consecuencias negativas derivadas de este proceso de aterramiento son varias. Por un lado, están las propias relacionadas con la disminución en la capacidad de embalse, que ha pasado desde los 2,80Hm<sup>3</sup> nominales hasta 1,00 Hm<sup>3</sup> actual. Esta reducción se traduce en

una disminución muy apreciable de los volúmenes regulados, lo que ha conducido al aumento considerable de las extracciones de recursos subterráneos que proporcionan la alternativa de servicio, y que ha desembocado en una disminución generalizada de los niveles piezométricos en la zona.

La reducción de volumen también se traduce en un problema de inseguridad frente a las avenidas, dado que el embalse ha visto muy disminuida su capacidad potencial de laminación (agravado por la reducida capacidad del aliviadero). Esta situación, en un área que suele ser frecuentemente alcanzada por los episodios pluviométricos de "gota fría" mediterránea, adquiere mayor relevancia. Así puede constatarse con la revisión de los antecedentes históricos más cercanos, que ilustran sobre diferentes episodios en que las aguas han sobrepasado la propia coronación de la presa.

El embalse se encontraba colmatado por fangos. Este trabajo desarrolla la ejecución del dragado del embalse con el fin de conseguir la máxima restitución del volumen de embalse de la Presa de Almansa.

## 2. Objetivos

Se persigue el dragado del embalse de Almansa (Albacete), rehabilitando así la capacidad de embalse, y recuperando las condiciones de explotación de este manteniendo el espejo de agua. En efecto, se pretendía recuperar la capacidad de embalse (de 1,0 a 2,0 hm<sup>3</sup>), reformar el desagüe de fondo (construyendo doble conducto y doble válvula por conducto), limpiar la toma de riego y realizar una restauración ambiental del entorno.

## 3. Caso de estudio

La presa de Almansa original (construida en 1384) es de tipo arco-gravedad, con radio de 26 m y de unos 15 m de altura, construido en mampostería con mortero de cal. El recrecimiento de 1586 supuso aumentar la altura de la presa en unos 5 m mediante la construcción de un muro de planta poligonal, adosado al paramento de aguas arriba de la presa, de mampostería y revestido de sillería. Aguas arriba, está configurado por dos lados de 52 y 36 m y aguas abajo por tres lados de 36, 34 y 19 m. La anchura es constante de 3,5 m, hasta llegar a la ladera izquierda, donde se ensancha linealmente hasta alcanzar los 10,00 m. El aliviadero y la torre de maniobras de la válvula de compuerta del desagüe de fondo son posteriores.

La presa no dispone de galerías de inspección ni de sistema de auscultación o control

Se pretendía la construcción de diques-ataguías que, cimentados directamente sobre los fangos del embalse, permitan la formación de recintos estancos en el propio embalse, lo que facilita la extracción de los fangos, mediante desecación y excavación mecánica de los mismos. El trabajo se complementa con el necesario bombeo o achique en los sucesivos recintos para mantener un nivel freático suficientemente bajo en el recinto que permita el movimiento de maquinaria sobre los propios fangos.

El proyecto primitivo consideraba la formación de tres recintos de dragado mediante la construcción de tres diques provisionales en el embalse de Almansa, cimentados directamente sobre los fangos. Estos recintos se describen a continuación:

- El primero en la zona de más aguas arriba y de mayor superficie, donde se ubica la llegada del canal de Alpera, canal que llena el embalse. Para dejar en seco este recinto era preciso construir un dique provisional de menos de dos metros de altura, en la cola del embalse, y un

segundo dique, de mayor altura en una zona donde se estrecha el vaso. Este recinto supone un 72 % del área a dragar.

- El segundo comprende la zona más próxima a la cerrada de la presa de Almansa. Para dejarlo en seco está previsto construir el tercer dique provisional aguas arriba del estribo izquierdo de la presa.

Conjuntamente al dragado, se reformará el desagüe de fondo de la presa, para restituir su funcionalidad de modo adecuado. Este recinto supone un 12,5 % del área a dragar.

- El tercer recinto se ubica entre los dos anteriores, limitado por los diques provisionales segundo y tercero. Este recinto supone un 15,5 % del área a dragar.

Una vez puesta en marcha la ejecución se desestiman varias consideraciones del proyecto original desde el punto de vista constructivo. Dadas las circunstancias actuales de situación del embalse, y una vez comprobado el nivel freático de los lodos en el mismo, se reconsidera el método constructivo en la extracción de fangos del proyecto vigente, el cual consistía fundamentalmente en el achique del agua superficial mediante la creación de unos recintos estancos, explicados anteriormente, y posterior extracción de los lodos, por otro más adecuado a la realidad, consistente en la construcción de una red de drenaje formada por una zanja longitudinal a modo de eje central a la que vierten una serie de zanjas transversales con pendiente dirigida hacia la presa, evacuando posteriormente mediante equipos de bombeo las aguas, en un punto próximo al desagüe de fondo de la presa y procediendo seguidamente a la excavación de lodos mediante procedimientos mecánicos, priorizando la extracción de lodos en la zona próxima al desagüe de fondo al objeto de utilizar el mismo como desagüe del drenaje, disminuyendo con ello el tiempo de funcionamiento de las bombas. Además, este sistema de drenaje hacia el cuerpo de la presa podrá ser conservado tras la finalización de las obras como sistema de recogida y direccionamiento de la escorrentía, a fin de conducir las aguas fluyentes del Canal de Alpera hacia la presa y generar con mayor facilidad y rapidez un espejo de agua creciente.

Se construyó dren en espina de pez de profundidad entre 4- 5 metros para la eliminación del nivel freático en el embalse. Se utilizó una bomba de altura manométrica 5m y caudal de 1.200 m<sup>3</sup>/h. Ver figura 2.

**Figura 2 Plano en planta y zanja drenante de 0,80 km de longitud con el fin de abatir el nivel freático.**

**(a) Plano drenaje longitudinal**



**(b) Imagen del drenaje ejecutado**



Se construyeron una serie de caminos en el interior del pantano como pistas para los vehículos de movimiento de tierra con el fin de permitir el paso de vehículos pesados cargados por la cubierta superior del pantano, sirviendo además para optimizar rendimientos y aumentar la seguridad de los camiones ante la aparición de blandones al circular sobre arcillas de elevada plasticidad. Se comenzó a extraer lodos en la zona del desagüe de fondo ya que urgía la liberación de la compuerta de fondo del pantano. Aunque se demostraba lo complicado de utilización de maquinaria de movimiento de tierras. Ver figura 3. Se comenzó a extraer lodos en la zona del desagüe de fondo ya que urgía la liberación de la compuerta de fondo del pantano.

**Figura 3 Inestabilidad de la retroexcavadora giratoria sobre los lodos al efectuar la excavación.**



Al ser inviable comenzar por la zona de la torre del desagüe de fondo, ver inestabilidad de retroexcavadora en figura 3, se comenzó a excavar buscando el terreno rocoso del fondo del embalse por margen derecha del mismo. El procedimiento de avance consistía en realizar un preexcavación a una distancia de uno tres metros del pie del talud forzando que dicho talud ocupase el hueco recién hecho, de esta manera se conseguía una movilización del terreno hacia una posición estable la cual permitía poder aproximar las máquinas a una zona en la que no existirían corrimientos. Esto era posible ya que la naturaleza del terreno era arcilloso con elevada cohesión presentando un límite plástico elevado. Desde el punto de vista de la seguridad se evaluó detenidamente y se determinó que no podía haber ninguna persona a pie en ese tajo y que las máquinas que entrasen fuesen con cabinas reforzadas y en ningún caso se la permitía al conductor llevar la ventanilla abierta. Se procedía de manera sistemática a tumbar taludes desde la coronación para mejorar la estabilidad de los mismos. El rendimiento pico diario fue de 17.000 m<sup>3</sup>/día, con jornadas de 20 h. Se utilizaron 4 retroexcavadoras (KOM-PC600, KOM PC-450, Liebherr 964, Liebherr 934), 17 camiones autovolquetes 6x6 (centauros), 4 extraviales articulados (Lagartos) Volvo A40. Ver figura 4.

Los lodos se reubicaban dentro del embalse, en la zona de cola de la vertiente más pequeña del embalse de Almansa debido a restricciones de vertido por legislación que obligaban a trasladar el sedimento a vertederos legalizados, para ello se había previsto la ejecución de sendos diques permeables, que permiten el drenaje de los lodos; cada material es filtro del situado aguas arriba de él. La capa de filtro de arena situada entre las dos capas de gravas garantiza la estabilidad interna del espaldón de gravas de aguas arriba y hace que la línea de saturación dentro del cuerpo del dique caiga aguas abajo de él, impidiendo así que las gravas y escolleras se saturen totalmente.

La altura máxima del dique N° 1 (el más cercano a la presa) es de 19,7 m y su cota de coronación la 750. El dique N° 2 (situado en la vaguada más alejada) tiene una altura máxima de 14,14 m y su cota de coronación es la 761.

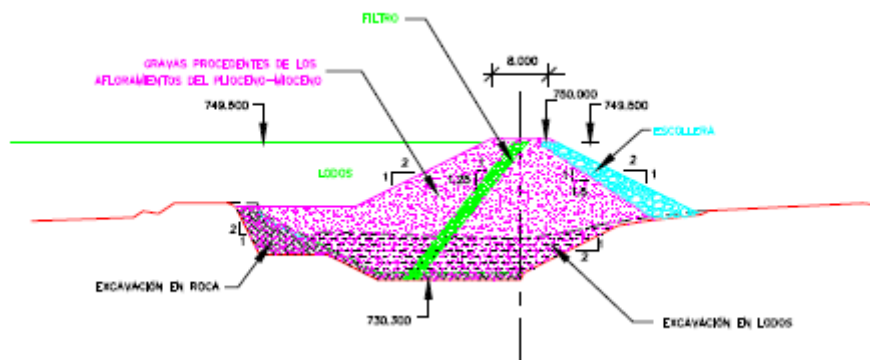
**Figura 4 Maquinaria pesada en el dragado del embalse de Almansa.**



El dique contaba con la complicación adicional de filtro de arena lavada inclinado hacia aguas abajo, con geotextil en la capa de aguas arriba. El proceso era el siguiente, se ejecutaba el paño de aguas abajo, se colocaba la arena lavada la zona más próxima a la ubicación del filtro, se introducía la arena lavada con motoniveladora envolviendo posteriormente la zona de aguas arriba con el geotextil. Acto se seguido se ejecutaba el paño de aguas arriba. Las tongadas eran de 50 cm (SPANCOLD, 2005).

Para la ejecución del dique se empleó material extraído de préstamo autorizado del interior de la obra, al no permitirse las voladuras el material se arrancó con bulldozer (FEMA, 2005), comenzándose el proceso con un KOM D- 275 (equivalente a un D9) por dureza del material y por rendimientos de los equipos se optó por un KOM D475 (D11). 860 cv y 103 toneladas.

Figura 5 Sección del dique nº1.



El desagüe de fondo primitivo no ha sido operado desde 1961; la compuerta no puede examinarse a embalse lleno, a excepción de sus mecanismos externos que presentan un grado de deterioro lo suficientemente grave como para necesitar una revisión a fondo. No han sido pintados, ni engrasados en mucho tiempo, lo que justifica el estado de oxidación en que se encuentran, por lo que no parece que existan garantías de un correcto funcionamiento.

La reforma proyectada en el desagüe prevé:

- La demolición de la obra de fábrica precisa para desmontar los mecanismos de la válvula de compuerta existente.
- Desmontaje de los elementos metálicos y de la compuerta, y mecanismos de control y accionamiento.
- Montaje de los nuevos conductos y de las dos compuertas BUREAU de 0,60 x 0,40 m por conducto.
- Ejecución del hormigonado secundario, que constituye el recubrimiento de los conductos y compuertas y la nueva solera hasta enlazar con la galería de desagüe que atraviesa la presa.
- Habilitación de la cámara de maniobras, para manejo de las válvulas BUREAU.
- Instalación de una escalera metálica helicoidal en la torre troncocónica para acceso seguro a la cámara de maniobras desde la caseta.
- Rehabilitación general del fuste de la torre. Reparación completa de todas aquellas partes de la estructura que se encuentren deterioradas, tales como coqueas, grietas, elementos de debilidad estructural, filtraciones, etc.

El desagüe de fondo, ver figura 6, proyectado consta de los siguientes elementos:

Doble conducción en carga, blindada y regulada por un doble sistema de válvulas BUREAU (dos por conducto) de 3,75 m de longitud, y que coincide sensiblemente en planta, con la proyección de la torre de toma de la presa. Los dos conductos son horizontales con el eje a la cota 719,72 m. Los ejes de ambos conductos discurren paralelos separados 0,80 m.

Canal de descarga; en donde el agua funciona en régimen de lámina libre, de unos 5,50 m de longitud, hasta que atraviesa la presa, por la galería existente (SUAREZ,1982).

El tramo de conducción blindado comienza con dos embocaduras abocinadas (una por conducto) desde sección rectangular de 1,30 x 0,80 m, a sección rectangular de 0,40 x 0,60 m en una longitud aproximada de 1 m.

Tras las embocaduras, cada uno de los conductos está formado por un tramo recto y horizontal de 0,30 m de longitud y sección rectangular de 0,40 x 0,60 m, hasta la válvula de seguridad, constituida por una compuerta BUREAU para conducto rectangular de las dimensiones indicadas. A continuación, se sitúa la válvula de regulación, del mismo tipo y dimensiones que la de seguridad. La separación entre ejes de ambas válvulas de un mismo conducto es de 0,80 m.(Reglamento Técnico Presas, 1996).

Las válvulas de seguridad disponen cada una de ellas de un conducto de by - pass, para equilibrar las presiones en ambos paramentos de las mismas, antes de proceder a operar la válvula de regulación (SPANCOLD,1997)

Además, se ha previsto un sistema de aducción de aire por ventosa de 170 mm en las mismas, por si fuera necesario que actuaran como elementos de regulación. Por su parte, las válvulas de regulación disponen de aducción de aire mediante conductos de 140 mm de diámetro, que aumentan hasta 250 mm, y salen por la caseta de la torre de toma.

Aguas abajo de las válvulas de regulación, existe un tramo recto de conducto, horizontal y blindado, de 1,30 m de longitud, hasta el canal de descarga de la conducción, que está constituido por una galería de sección rectangular de dimensiones variables.

En alzado, la solera de dicha galería presenta dos acuerdos circulares hasta tomar la cota a la que dicha galería atraviesa la presa (719,747 m aproximadamente), mientras que la cota del techo de la galería varía linealmente desde la 720,42 m hasta la 721,20 m aproximadamente.

En planta, la anchura de la solera del canal varía linealmente desde 1,338 m, hasta 1,700 m en el punto en que encuentra a la presa. La capacidad teórica del desagüe de fondo actual es de 20,5 m<sup>3</sup>/s, frente a los 7,1 m<sup>3</sup>/s tras la reforma. Esto es debido principalmente a la disminución de sección, necesaria para dotar al desagüe de doble conducto y de doble válvula por conducto como recomienda la Instrucción.

Una vez llegado a la cota del desagüe de fondo se procedió a realizar una demolición con robot teledirigido, con el fin de evitar trabajadores trabajando a destroza en una infraestructura tan antigua. Una vez asegurada la zona de trabajo se instalaron las 4 compuertas Bureau con su correspondiente blindaje. Ver figura 6.

**Figura 6 Demolición con robot y colocación de blindaje del desagüe de fondo**

(a) Robot de demolición (b) Conductos colocados para hormigonado posterior





Esta intervención era necesaria para adaptar el desagüe de fondo a normativa existente ya que la compuerta primitiva se colocó en 1911. LA normativa exige que se dispongan dos conductos en paralelo con dos compuertas, por cada conducto, en serie, con el fin de aumentar la probabilidad de funcionamiento del desagüe de fondo. Se dotó de energía eléctrica las compuertas de fondo de la presa y la casa de administración.

Se creó una capa superficial sobre los depósitos de lodos de los diques 1 y 2 con material seleccionado procedente de la excavación del vaso con objeto de conseguir una capa susceptible de una mayor compactación que dificulte e incluso impida la entrada de aguas pluviales al conjunto de los lodos depositados, incrementando así la seguridad en el comportamiento de los diques al disminuir sensiblemente la saturación de las tierras.

Finalmente se procedió a la restauración ambiental. En la zona de préstamos y en los diques, se propone una restauración mediante plantación de especies propias de la vegetación potencial de la zona y especies de la vegetación actual. Se replantarán tanto especies de matorral como especies arbóreas. De estas últimas, se ha elegido la encina (*Quercus ilex rotundifolia*) como representante de la vegetación potencial de la zona y el pino carrasco (*Pinus halepensis*) como cultivo protector, pues la zona presenta una etapa de degradación debido a los usos agrícolas y ganaderos.

En los taludes de los desmontes y terraplenes de los caminos, la replantación se realizará mediante hidrosiembra (FEMA,2005). Se utilizarán dos especies: una perteneciente a la familia de las gramíneas, que son las responsables de formar en la superficie una cubierta herbácea, y otra perteneciente a la familia de las leguminosas, que se encargan de mantener un equilibrio en la cubierta herbácea anterior y de fijar el nitrógeno atmosférico utilizable por las especies vegetales, y que al mismo tiempo actúa como starter (herbácea de establecimiento rápido).

La plantación se realizó a inicios de primavera, una vez finalizado el riesgo de fuertes heladas, y según los condicionantes de proyectos como son los riegos diversos y preparación del terreno, buen estado de las plantas previo a realizar la plantación.

#### 4. Resultados

Se realizaron satisfactoriamente las siguientes actuaciones:

- Recuperar la capacidad de embalse de  $1\text{hm}^3$  a  $2\text{hm}^3$ .

- Excavar el vaso del embalse y reubicación en las vaguadas previstas.
- Ejecución de sendas presas de materiales sueltos con núcleo filtrante para reubicación de lodos.
- Reformar el desagüe de fondo.
- Dotar de energía eléctrica al desagüe de fondo.
- Llevar a cabo la restauración ambiental del entorno.

## 5. Conclusiones

El objetivo de la actuación es la recuperación de la capacidad de almacenamiento de agua del embalse de Almansa (Albacete) mediante la reubicación de los lodos que la aterraban. Estos lodos se reubicaron dentro del embalse confinándose mediante la construcción de sendas presas de materiales sueltos con núcleo filtrante.

La falta de consistencia de los lodos hacía inviable la ejecución de recintos estancos que estaba previsto para el dragado. Se reconsidera el método constructivo en la extracción de fangos previsto, el cual consistía fundamentalmente en el achique del agua superficial mediante la creación de unos recintos estancos y posterior extracción de los lodos, por otro más adecuado a la realidad, consistente en la construcción de una red de drenaje formada por una zanja longitudinal a modo de eje central a la que vierten una serie de zanjas transversales con pendiente dirigida hacia la presa, evacuando posteriormente mediante equipos de bombeo las aguas, en un punto próximo al desagüe de fondo de la presa y procediendo seguidamente a la excavación de lodos mediante procedimientos mecánicos. Por lo que se optó por abatir el nivel freático y realizar una limpieza desde aguas abajo hacia la presa sobre el estrato rocoso existente. Este procedimiento permitió cumplir con los objetivos del previstos del proyecto.

Al permitir el tránsito de vehículos, mediante la eliminación del nivel freático somero, se pudo conseguir grandes rendimientos y volúmenes diarios de extracción de lodos con maquinaria pesada. El procedimiento teórico de excavación mediante diques estancos se mostró inviable debido a la plasticidad del lodo y a la incapacidad de poder sacar el mismo con maquinaria convencional de movimientos de tierras.

La revegetación de la parte superior de los depósitos de lodos reubicados con el dragado del embalse fue el punto final de la actuación. Las plantaciones aumentan la integración ambiental y paisajística de la zona. Así mismo, la revegetación favorece la retención del suelo por lo cual decelera los procesos erosivos.

Debido a que los embalses españoles se encuentran cada vez más sedimentados se prevé que este tipo de obras se realice con asiduidad. Por lo que la difusión del caso de éxito es enriquecedora para ayudar a retirar los sedimentos del resto de embalses que tengan esta patología.

**Figura 7. Imagen del embalse de Almansa dragado. En contraposición con Figura 1.**



## 6. Referencias

- CHJ. Confederación Hidrográfica del Júcar. (2007). Proyecto Modificado nº2 del Proyecto de Acondicionamiento de la Presa de Almansa. T.M. de Almansa (Albacete)
- ESPAÑA. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. SNCZI-Inventario de Presas y Embalses, 2022. Disponible en: <https://sig.mapama.gob.es/snczi/index.html?herramienta=DPHZI>
- Orden de 12 de marzo de 1996 por la que se aprueba el Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses. Boletín Oficial del Estado, núm. 78, 30 de marzo de 1996, páginas 12244 a 12254.
- FEMA. Federal Emergency Agency. (2005). Technical Manual for Dam Owners. Impacts of Plants on Earthen Dams.
- FEMA. Federal Emergency Agency. (2005). Technical Manual Conduits through Embankment Dams. Best Practices for Design, Construction, Problem Identification and Evaluation, Inspection, Maintenance, Renovation, and Repair
- Suárez, L.M. (1982). Ingeniería de Presas. Obras de toma, descarga y desviación.
- SPANCOLD. Comité Español de Grandes Presas (2005). Guía Técnica de Seguridad de Presas Nº 2. CRITERIOS PARA PROYECTOS DE PRESAS Y SUS OBRAS ANEJAS (Tomo II) Presas de Materiales Suelos
- SPANCOLD. Comité Español de Grandes Presas (1997). Guía Técnica nº5. Aliviaderos y desagües.

**Comunicación alineada con los  
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

