

Q99. Mejora y reingeniería de las presas existentes



Fernando Girón Caro
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Vocal titular del Comité Nacional Español de Grandes Presas



Ismael Reviriego Vasallo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Vocal colaborador del Comité Nacional Español de Grandes Presas

Resumen

En este artículo se presenta un resumen del desarrollo de la Q.99 del XXV Congreso Internacional de Grandes Presas de Stavanger sobre 'Mejora y reingeniería de las presas existentes', analizando la ponencia del relator general y las comunicaciones seleccionadas para su presentación oral, dedicando una especial atención a las comunicaciones presentadas por los ingenieros españoles.

Palabras clave

Mejora, reingeniería, auscultación, sedimentos, recrecimiento, explotación, rehabilitación, renovación

Abstract

This article presents a summarize of Q.99 from the XXV International Congress on Large Dams in Stavanger about "Improving and reengineering of existing dams", analyzing the general reporter speech and the papers selected for oral presentation, placing particular emphasis on those presented by Spanish engineers.

Keywords

Improvement, reengineering, monitoring, sediments, heightening, management, rehabilitation, upgrade

1. Introducción

La cuestión Q99, dedicada a la mejora y reingeniería de las presas existentes, fue uno de los cuatro temas seleccionados para el XXV Congreso Internacional de Grandes Presas celebrado en Stavanger en el mes de junio de 2015.

Se trata de un tema ampliamente tratado por el ICOLD en los últimos congresos celebrados. Cabe destacar que en los dos últimos congresos también apareció este tema en sendas cuestiones:

- Q95/2012 Tokio. Título: 'Envejecimiento y mejora' (*Aging and improvement*).
- Q90/2009 Brasilia. Título: 'Mejora de presas existentes' (*Improvement of existing dams*).

Además es un tema de especial relevancia en España, ya que más del 50 % de nuestras grandes presas tienen una antigüedad superior a los 50 años. A continuación, se adjunta un gráfico que muestra la evolución de la construcción de presas en España:

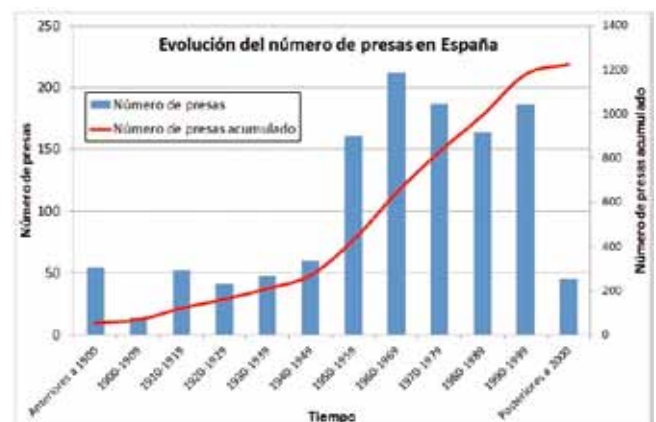


Fig. 1. Evolución del número de presas en España. Fuente: Magrama

2. Temarios de la cuestión e informes presentados

En total se presentaron 55 comunicaciones, de las cuales 19 fueron expuestas oralmente. La participación se extendió a los 5 continentes gracias a la aportación de 24 países. En el siguiente cuadro se muestra el número de comunicaciones aportadas por cada país:

País	Contribuciones
España y Francia	7
Noruega	6
Suiza	5
Irán, Italia, Japón y Suecia	3
Reino Unido, EE. UU. y República Checa	2
Austria, Burkina Faso, China, Guatemala, India, Marruecos, Pakistán, Polonia, Portugal, Rumanía, Rusia y Eslovaquia	1



Fig. 2. Distribución de ponencias a escala mundial

Cabe destacar que España fue la que más comunicaciones presentó junto con Francia.

Los temas seleccionados para esta cuestión fueron:

- Tema A. 'Aumento de la capacidad útil de embalse mediante recrecimiento de la presa o elevación de los niveles de operación' (ver Tabla 1).
- Tema B. 'Mantenimiento de la capacidad útil del embalse. Métodos para la limpieza de sedimentos (*flushing*, dragado, excavación, etc.)' (ver Tabla 2).
- Tema C. 'Mejora del sistema de auscultación y nueva instrumentación' (ver Tabla 3).
- Tema D. 'Renovación o puesta fuera de operación de presas para cumplir las nuevas condiciones de operación o medioambientales' (ver Tabla 4).

Del total de 55 ponencias presentadas fueron seleccionadas 19 ponencias para su presentación oral en el congreso, que divididas por temas se recogen en las siguientes tablas junto con sus autores:

Autores	Título (traducido)
Adama Nombré. Burkina Faso	'Implementación de "fusibles" de hormigón en la presa de Gaskaye para aumentar la capacidad de embalse'
P. Droz. Suiza	'Recrecido de la presa de Vieux Emosson
A. Soriano. España	'Recrecido de la presa de Yesa incrementando la estabilidad del estribo derecho'

Tabla 1

Autores	Título (traducido)
C. Auel. Suiza/Japón	'Optimización de la sostenibilidad de los túneles by-pass de sedimentos para controlar los sedimentos en el embalse'
Yuji Numano. Japón	'Estudio experimental de las condiciones de uso del método de tubería de succión vertical múltiple'
T. Jacobsen. Noruega	'Instalación de una tubería encamisada de 1.200 mm bajo la presa de Bajna, en Albania, para dragado de alta capacidad por hidrosucción'
T. Yoshimura. Japón	'Retroalimentación y modificaciones en la operación en cascada de presas para facilitar el flujo de sedimentos en la cuenca del río Mimikawa'
C. Petreuil. Francia	'Gestión de sedimentos en la cuenca del Ródano. Conceptos y ejemplos prácticos'

Tabla 2

Autores	Título (traducido)
K. Radzicki. Polonia	‘Un sistema innovador en 3D para el control de filtraciones y procesos de erosión interna y un ejemplo de su uso para la renovación del sistema de auscultación de la presa de Kozłowa Góra en Polonia’
H. Stahl. Suiza	‘Renovación del sistema de auscultación de la presa de Emosson para la construcción y operación de una central de bombeo’
A. Hughes. Reino Unido	‘El uso de nuevas técnicas de detección para ayudar en la evaluación de seguridad de la presa y los trabajos de reparación.’
W. Lienhart. Austria	‘Nuevos conceptos para el control de movimiento de juntas en presas de hormigón de centrales de bombeo’
R. Boudon. Francia	‘Evoluciones recientes en la auscultación de presas’
B. Randall y M. Bennet. EE. UU.	‘Sistemas de auscultación de presas: gestión del riesgo a través de estrategias de planificación e implementación’

Tabla 3

Autores	Título (traducido)
M.G. de Membrillera. España	‘Vista general de las mejoras de seguridad y reingeniería de la presa de Contreras’
L. Spasic-Gril. Reino Unido	‘El riesgo de una presa inacabada: Rehabilitación de la presa de Marmarik en Armenia’
E.A. Vartdal. Noruega	‘Dos embalses se convierten en uno por la reposición de 5 viejas presas por dos nuevas presas de escollera’
J. Cunha. Portugal	‘Sustitución de una presa existente afectada por la reacción ARR. El caso de la presa de Alto Ceire’
P.Royer y M. Lino. Francia	‘Desmantelamiento de la presa de la Ayrette y restauración del emplazamiento’

Tabla 4

El documento y la presentación de estas ponencias y del resto no seleccionadas se puede descargar en la web del ICOLD (www.icold-cigb.net/).

3. Resumen de las contribuciones españolas

De las siete comunicaciones enviadas por el Comité Español en esta cuestión dos fueron seleccionadas para su presentación oral, y se resumen a continuación:

3.1. Vista general de las mejoras de seguridad y reingeniería de la presa de Contreras

Ponencia elaborada por José María Benlliure Moreno y Emilio Carrillero Aroca de la Confederación Hidrográfica del Júcar, junto con Manuel G. de Membrillera Ortuño, de la consultora Ofiteco. La presentación oral en el congreso corrió a cargo de este último.

A continuación se realiza un resumen de la ponencia realizada con lo que más destacó el ponente:

El embalse de Contreras tiene una capacidad de 852,4 hm³ a máximo nivel normal (669 m.s.n.m), pero tiene una limitación de llenado por razones de seguridad desde su puesta en carga en los años setenta, disponiendo de un embalse útil de 444,04 hm³ que corresponden a un máximo nivel normal de 661 m.s.n.m. La presa principal es de gravedad recta, de 118 metros de altura, mientras que la presa del collado es de gravedad curva y tiene 43,4 metros de altura. El uso principal del embalse es el abastecimiento de agua al área metropolitana de Valencia, aunque también sirve para aprovechamiento hidroeléctrico, laminación de avenidas, riego y usos recreativos.

A continuación, se muestra una foto del sistema y la sección tipo de ambas presas:



Fig. 3. Vista general del emplazamiento

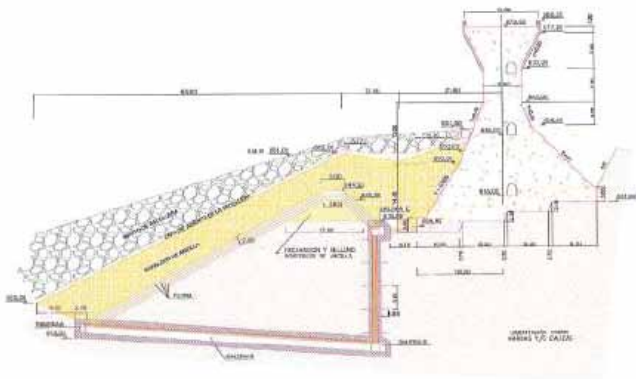


Fig. 4. Sección transversal de la presa de collado

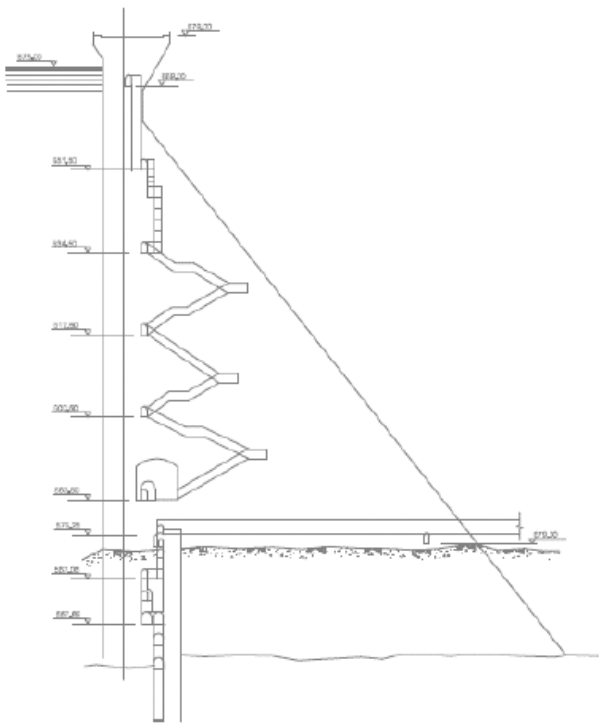


Fig. 5. Sección transversal de la presa principal

Cuando comenzó la explotación del embalse en 1974, inmediatamente apareció una filtración de 0,5 m³/s en el estribo izquierdo de la presa principal que provenía de la cimentación kárstica, a unos 100 m de profundidad. Además aparecieron varios manantiales hasta 10 km aguas abajo de la presa. Con

el embalse a la cota 651 m.s.n.m., la filtración era de entre 4 y 5 m³/s y además, en la presa del collado aparecieron filtraciones con arrastre de arcillas provenientes del manto de protección colocado sobre las margas del cemento.

Durante los 8 años siguientes, se realizaron inyecciones en la presa principal y sus estribos y se selló con hormigón la galería de control del manto de arcillas de la presa del collado. Desde entonces quedó la restricción de máximo nivel en los 651 m.s.n.m.

Se consideró que una capacidad de embalse de 400 hm³ era suficiente para cubrir las demandas asociadas al embalse de Contreras. Este volumen se consigue con el embalse situado a la cota 648,5 m.s.n.m, dejando un margen de seguridad hasta los 651 m.s.n.m. En 1996 se llevó a cabo un proyecto para mejorar la explotación del embalse y evitar que se superara la cota 651 m.s.n.m. durante los episodios de avenidas, dotando a la presa principal de un aliviadero intermedio con el umbral a la cota 630 m.s.n.m., que complementara y supiera al aliviadero de superficie de la presa principal. Este nuevo aliviadero conecta con el túnel del 'morning glory' existente, y tiene una capacidad de 400 m³/s. A continuación, se muestra un esquema de este aliviadero intermedio, operativo en la actualidad:

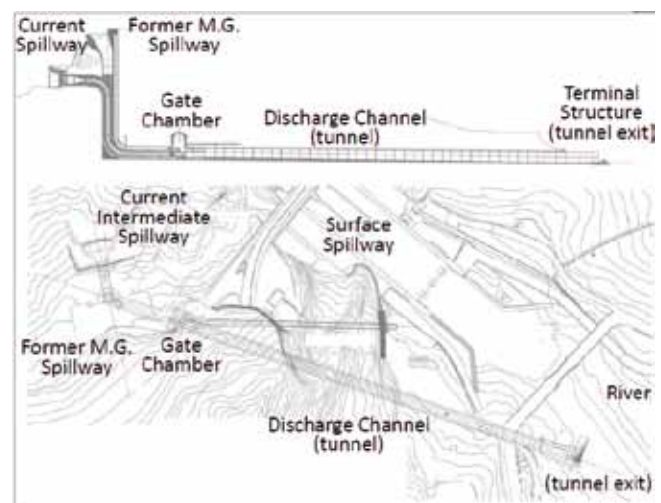


Fig. 6. Planta y sección transversal del nuevo aliviadero

En el año 2010 el embalse alcanzó de nuevo la cota 651 m.s.n.m., y la carga hidráulica aguas abajo de la presa del collado aumentó y todos los pozos artesianos existentes en el camping de aguas abajo aumentaron su caudal significa-

tivamente. Se adjunta un corte geológico realizado desde la presa del collado hacia aguas abajo.

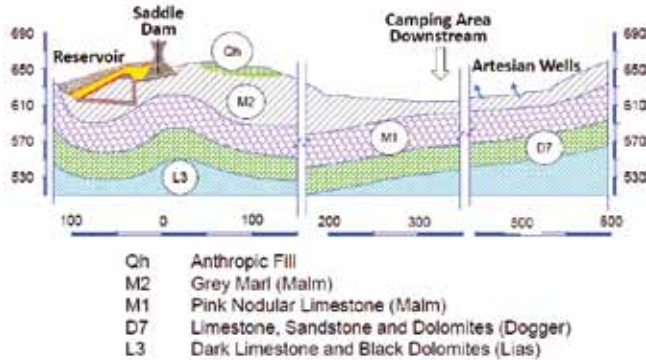


Fig. 7. Corte geológico en la presa de collado

Como consecuencia de ello, la Confederación Hidrográfica del Júcar realizó los estudios pertinentes y elaboró un proyecto de ampliación del sistema de auscultación de ambas presas.

La Confederación Hidrográfica del Júcar sigue de cerca la evolución de estas presas y continúa realizando estudios, investigaciones y trabajos que aseguren que se cumplen los más altos estándares de seguridad. Es necesario revisar la capacidad de alivio de la presa a la luz de los datos recabados durante estas últimas décadas, para poder limitar el nivel máximo del embalse en período de avenidas, siendo una de las opciones para aumentar el resguardo, el rebaje de la cota del labio del aliviadero de superficie.

3.2. Recrecido de la presa de Yesa. Mejora de la estabilidad del estribo derecho

La ponencia la redactaron René Gómez, Fernando Estéban y Marcelo Merino, de la Confederación Hidrográfica del Ebro y Antonio Soriano de la Universidad Politécnica de Madrid; y fue presentada por este último.

A continuación se hace un resumen de la presentación con lo más destacado por el ponente:

La antigua presa de Yesa está situada en un valle profundo del río Aragón, tributario del Ebro desde los Pirineos. El primer diseño de la presa data de 1912, aunque la construcción no comenzó hasta 1928 (parada entre 1933 y 1946) y finalizó en 1959.

Geológicamente nos encontramos con estratos de margas y limonitas que, cerca de la superficie, aparecen intercalados con estratos alterados (*flysch* de Yesa). Existe una falla de cabalgamiento a lo largo del río. En la siguiente figura se muestra la estructura geológica con la presa antigua:

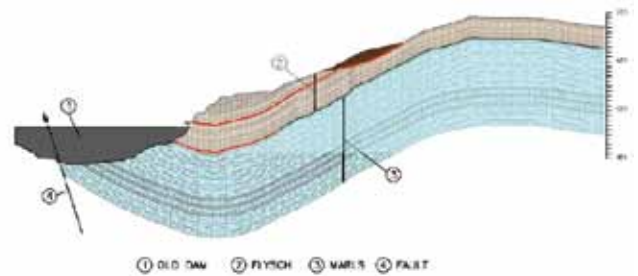


Fig. 8. Corte geológico de la margen derecha

Durante la construcción de la presa se detectó la inestabilidad del estribo derecho y se colocaron muros de contención para permitir las excavaciones del cimientó. El único signo de inestabilidad ocurrió tras un año de operación, cuando el embalse estaba bajo, y fue un pequeño deslizamiento en la ladera de la margen derecha aguas arriba de la coronación, sin consecuencias importantes.

Las nuevas necesidades de agua para riegos y para el abastecimiento a la ciudad de Zaragoza hicieron necesario un aumento de la capacidad de embalse de los 400 Hm³ actuales a más de 1.000 Hm³, recreciendo la antigua presa en 36 metros. Para este recrecimiento se valoraron varias opciones, como el recrecimiento de la presa existente en hormigón, la construcción de una nueva presa aguas arriba o aguas abajo de cualquier tipología y por último la seleccionada, que fue una presa de materiales sueltos con pantalla de hormigón. A continuación se muestra la sección tipo:

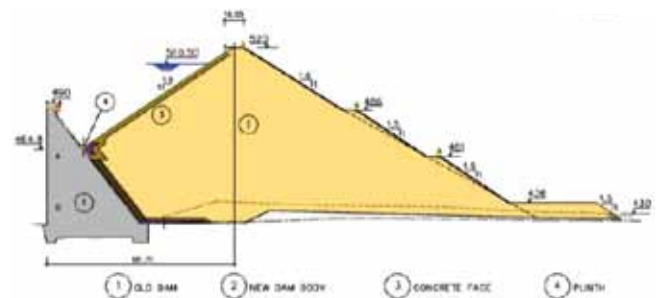


Fig. 9. Sección tipo de la nueva presa

Las obras comenzaron en 2002 con la construcción de una nueva carretera que sustituyera a la antigua que recorría el valle por la margen derecha y ya en 2003 se iniciaron las obras de preparación de la cimentación de la nueva presa. Conviene reseñar que en la ladera de margen derecha se construyeron varias urbanizaciones, cerca de la presa. A continuación se muestra una fotografía en la que se puede ver la carretera, las viviendas y el estado de las obras en mayo de 2007:



Fig. 10. Vista general de la presa y la ladera de margen derecha

Hasta el verano de 2012 no aparecieron signos claros del movimiento de la ladera, cuando los inclinómetros instalados detectaron un deslizamiento. En ese momento no existía ningún signo de deformación en superficie (ver fig. 11).

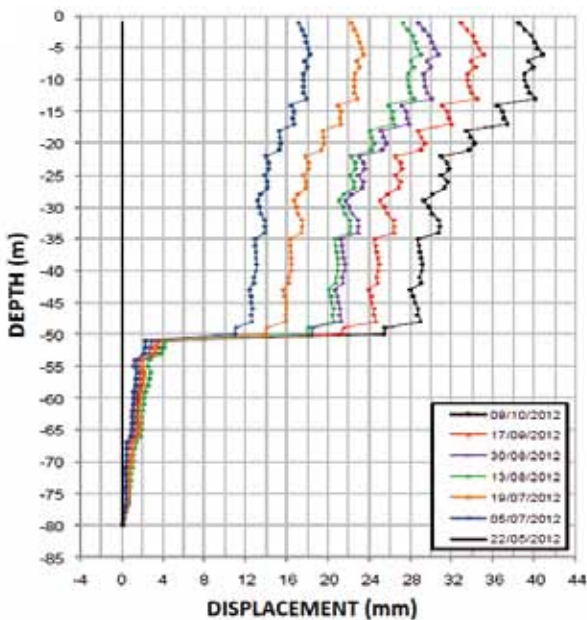


Fig. 11. Evolución del inclinómetro SCI-03 (mayo-octubre 2012)

También se registraron signos de movimiento con el sistema de auscultación de la antigua presa, detectándose que las juntas entre bloques cercanos al estribo derecho no se abrían en invierno e incluso que algunos bloques estaban levantándose (más de 1 cm en 10 años) (ver fig. 12).

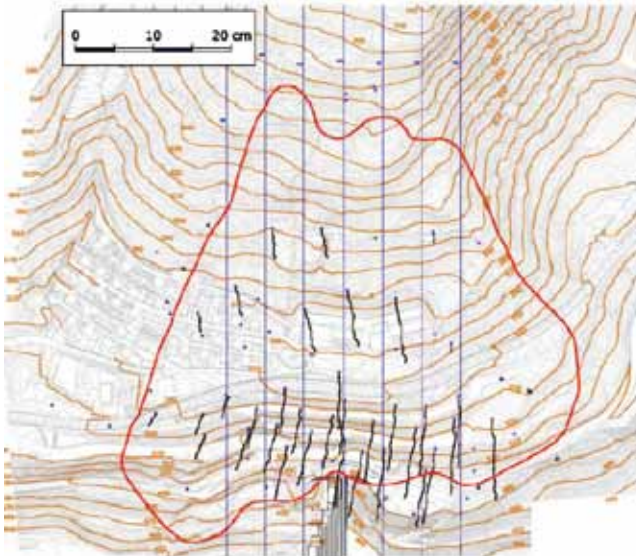


Fig. 12. Desplazamiento vertical del bloque del estribo derecho

La pronta detección del movimiento permitió llevar a cabo dos acciones inmediatas, parar los trabajos de excavación y poner “peso” por encima del estribo derecho de la presa. Además se colocaron elementos de auscultación para caracterizar con más detalle el movimiento.

En octubre de 2012 aparecieron varias grietas en la nueva carretera, por encima del eje de la presa. Se detectó un incremento en la velocidad de los movimientos en la ladera, por lo que se realizó un seguimiento exhaustivo, generando mapas de movimientos cada semana. Además se estableció un umbral para una posible evacuación de las viviendas dentro del área afectada por el deslizamiento. Si la velocidad era superior a 2,5 cm/semana se evacuarían las viviendas y comenzaría a excavarse la zona superior de la zona de deslizamiento.

En febrero de 2013 se alcanzó el umbral y se ejecutaron las medidas previstas, consiguiendo reducir casi a cero tanto la velocidad del deslizamiento como la elevación del estribo derecho de la antigua presa. A continuación se muestra un plano de planta y una gráfica con las velocidades del deslizamiento:



Movements: Month of February 2013

Fig. 13. Movimientos en la ladera en febrero 2013

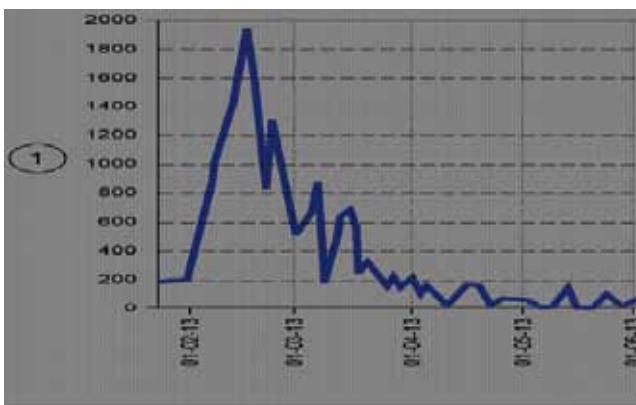


Fig. 8
Maximum velocity of ground horizontal displacements
Vitesse maximale du déplacement horizontal du terrain

1. Velocity (mm/year)	1. Vitesse (mm/an)
2. Date	2. Date

Fig. 14. Velocidad máxima de desplazamiento horizontal

A continuación, se muestra una foto con la situación de las obras en junio de 2015 y la ladera estabilizada:



Fig. 15. Vista general de la estabilización (junio 2015)

Las principales conclusiones expuestas por el ponente fueron las siguientes:

- Deslizamientos en grandes masas de roca con separaciones profundas entre superficies pueden no generar daños visibles en superficie que permitan su detección temprana, incluso con movimientos de 20 cm.
- Los problemas de estabilidad se pueden detectar antes de que aparezcan signos en superficie si se dispone de un sistema auscultación adecuado.
- Problemas de estabilidad como el de este caso de Yesa se pueden analizar y resolver antes de que se produzcan daños a la población existente en la zona de deslizamiento.
- La velocidad de deslizamiento puede ser atenuada, e incluso llegar a pararse totalmente, con la excavación de la parte alta de la zona deslizada y la colocación de ese material cerca de la base de la misma.
- Para conseguir el nivel de seguridad exigido ante deslizamiento en casos como este, cuando la colocación de materiales en el pie interfiere con la operación del embalse, se necesitan anclajes de alta capacidad.

4. Resumen del informe del ponente general

El relator general de esta cuestión fue el Prof. Laurent Mouvet de Suiza. A continuación se recoge un resumen de la ponencia con los principales puntos tratados.

La vida útil de una presa se resume en el siguiente gráfico, que muestra cómo tras el proyecto y la construcción comienza una etapa cíclica de mejora continua y reingeniería que permite adaptar la infraestructura al nuevo entorno social, económico y/o medioambiental, realizando una renovación, una rehabilitación o incluso un desmantelamiento de la presa cuando ya no es útil para la sociedad.

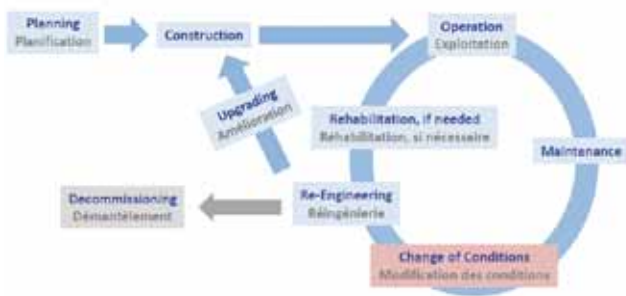


Fig. 16. Fases de la vida útil de una presa

4.1. ¿Por qué renovar y optimizar las presas existentes?

El proceso de toma de decisiones para el diseño previo y la construcción de una presa es largo y complejo. Deben tenerse en cuenta todas las ventajas e inconvenientes, y a veces los intereses son contrapuestos. Finalmente, la decisión de construir una presa se toma en un determinado momento y con las mejores herramientas y datos disponibles.

Las principales incertidumbres que pueden condicionar la eficacia del diseño inicial son las siguientes:

- **Incertidumbre hidrológica:** durante el diseño de una presa se realizan análisis predictivos de los caudales entrantes con métodos diversos y utilizando los datos disponibles. Una vez construida la presa y tras varios años de operación se dispone de datos reales que permiten comprobar la bondad de la estimación previa y revisar el diseño de la misma si fuera necesario. Además, el cambio climático ha modificado la situación en muchas regiones alterando significativamente el régimen de las aportaciones, principalmente en los fenómenos extremos de sequía y episodios de avenidas. Por último, la normativa y los estándares cambian. Todo esto puede hacer necesaria una reevaluación o rediseño de una presa o de sus parámetros de explotación.

- **Pérdida de volumen útil de embalse por sedimentación:** en algunos casos este proceso puede ser irreversible o requerir

un gran despliegue de medidas. Por tanto, el desarrollo de nuevas técnicas ya sean preventivas, como una política agraria que luche contra la erosión, o medidas que permitan el paso de los sedimentos a través del embalse constituyen un área de trabajo a desarrollar.

- **Cambios en la demanda:** la mayoría de las presas antiguas fueron construidas con un único objetivo basado en una previsión de demanda y necesidades a medio y largo plazo. Sin embargo, a menudo estas previsiones han acabado siendo infraestimadas o erróneas, y la demanda las ha superado o han aparecido nuevos usos. En el caso del riego la población ha aumentado, el mercado agrícola ha cambiado mucho con la globalización y los cambios de cultivo y las nuevas técnicas han modificado la naturaleza estacional de esta demanda. En el caso del suministro de agua potable la emigración a las ciudades y la demanda social de una mejor salud pública han convertido este tema en esencial. Y, por último, en el campo de los aprovechamientos hidroeléctricos, el desarrollo de nuevas energías renovables ha modificado significativamente la estructura del mercado de la venta de energía. Las centrales hidroeléctricas son el complemento ideal para estas nuevas fuentes de energía por la capacidad de almacenamiento de la misma y para mantener la estabilidad de la red de distribución. Además la energía hidroeléctrica no afecta a la salud pública ni a la contaminación del aire.

- **Cambios en las necesidades de protección:** el cambio climático ha remarcado la importancia de los fenómenos extremos de sequía e inundaciones. Las presas pueden jugar un papel relevante si disponen de volumen suficiente y si se explotan correctamente. Cada vez más a menudo el efecto laminador de avenidas asociado a las grandes presas se ha puesto de manifiesto evitando inundaciones, manteniendo un nivel de embalse bajo en los períodos de avenidas.

- **Cambios regulatorios:** Los cambios legales en diferentes países resultan, en algunos casos, en modificaciones significativas que deben llevarse a cabo en la presa o en su operación. Algunos ejemplos son la revisión del sistema y de los procedimientos de auscultación, el régimen de caudales ecológicos o la instalación de sistemas de aviso a población.

4.2. Recrecido de presa o elevación de los niveles de explotación

Este tema fue ya tratado en el congreso de ICOLD de 2009 celebrado en Brasilia. Si es factible llevarlo a cabo es sin duda alguna una opción que consigue mejorar las prestaciones de

una presa existente o adaptarla a un nuevo entorno. Debe tenerse en cuenta que no se puede realizar en todos los casos y está sujeto a condiciones muy particulares:

- **Geología:** una presa está formada por una pared o terraplén, la cimentación y los estribos izquierdo y derecho. Estos cuatro elementos deben ser tenidos en cuenta con la misma atención durante el diseño y la construcción. Para entender el comportamiento global debe recurrirse a un modelo geológico adecuadamente definido por un geólogo y debe comprobarse durante la construcción y la fase de puesta en carga de la presa. Si se consigue conocer correctamente la respuesta del cimientado será más fácil saber si la presa puede soportar cambios como la elevación de la coronación o de los niveles de explotación, o la velocidad de llenado o vaciado. Cuando se realicen modificaciones de este tipo es importante tener en cuenta la estabilidad de las laderas contiguas al embalse.
- **Conocimiento del comportamiento de la presa:** el comportamiento de la presa se conoce a través de la auscultación y permite evaluar las hipótesis asumidas en la fase de diseño, reduciendo en algunos casos los márgenes utilizados en la simulación de cargas o en el comportamiento de los materiales.
- **Mejora de los modelos de cálculo:** las presas antiguas se diseñaron por métodos empíricos de cálculo o modelos analíticos, utilizando factores de seguridad globales. Hoy en día se dispone de herramientas que permiten ser más precisos a la hora de aplicar factores de seguridad, que en algunos casos pueden permitir un aumento de carga en la estructura, como puede ser la subida del nivel máximo de operación o el recrecido de la presa.

El recrecido de una presa se puede justificar por varias razones:

- Compensar el asentamiento de la presa cuando es mayor que el estimado, o dotar a la presa de más resguardo.
- Permitir un almacenamiento temporal durante avenidas poco frecuentes.
- Aumentar la capacidad de embalse para cualquier uso.
- Aumentar la altura manométrica para conseguir más salto bruto en una central hidroeléctrica.
- Compensar la pérdida de capacidad de embalse por sedimentación.

4.3. Métodos para la limpieza de sedimentos

La gestión de sedimentos también fue tratada en el congreso de ICOLD de Brasilia celebrado en 2009, concretamente en la cuestión Q89. En el informe general se puede encontrar un análisis detallado de todos los medios disponibles a día de hoy para gestionar los sedimentos. Aquí se trató más a fondo el tema de presas existentes y como optimizar la gestión de sedimentos.

Las prácticas más aceptadas a día de hoy para ríos con alta carga de sedimentos deben adaptarse a cada caso particular. Algunas de ellas se resumen a continuación:

- Limitar la erosión en el valle potenciando la agricultura y seleccionando adecuadamente los cultivos.
- Evitar que los sedimentos lleguen al embalse. Una opción es hacer una toma en el río principal que lleve el agua a un embalse situado en un tributario, permitiendo que los sedimentos sigan circulando por el río principal. Otra opción es construir un canal o túnel de desvío que traslade los sedimentos desde la cabecera del embalse hasta aguas abajo de la presa. Por último están las trampas de sedimentos en cabecera de embalse, que requieren una limpieza periódica.
- Si se dispone de tomas bajas o intermedias con gran capacidad, se puede bajar el nivel de embalse y permitir que en la época de avenidas circulen río abajo o incluso hacer limpiezas de los sedimentos acumulados en el resto del año.
- Por último está el dragado, que aunque costoso puede ser una buena solución en embalses donde la acumulación de sedimento se produce tras largos períodos de tiempo.

En presas existentes el tema es más complicado, sobre todo si no disponen de compuertas o si están tan aterradas que no funcionan. En estos casos la solución se basa en la combinación de varias medidas cuidadosamente planificadas.

4.4. Desmantelamiento de presas

La puesta fuera de servicio de una presa se justifica cuando las desventajas son mayores que las ventajas.

De este tema se remitieron pocas ponencias, pero a continuación se resumen tres ejemplos:

- Una presa tan afectada por la reacción álcali-árido que el coste de reparación era mayor que el de construcción de

una nueva presa, por lo que se desmanteló la antigua y se construyó una nueva.

- Otro caso es el de una presa construida hace más de 50 años y que siempre estuvo limitada por el riesgo de desprendimientos de ladera, por lo que nunca se llenó. Después de realizar muchos estudios se decidió demoler la presa hasta un determinado nivel para garantizar la seguridad a largo plazo.

- Por último una presa diseñada hace 50 años para abastecimiento de agua potable y que ya no era necesaria, por lo que para evitar los altos costes de mantenimiento y modernización fue demolida.

4.5. Mejora del sistema de auscultación

La mejora del sistema de auscultación de una presa preserva la capacidad de controlar el comportamiento de la presa, y por tanto asegurar la seguridad y funcionalidad a largo plazo. Las razones que llevan a plantearse esta mejora pueden ser el envejecimiento de los equipos, adaptar equipos a las necesidades de auscultación o cambios de normativa la automatización.

El principal problema para que estos proyectos salgan adelante es que son costosos y no generan beneficio directo en la operación de la presa o del recurso.

La seguridad de presas se basa en tres pilares fundamentales, como explica el boletín 138 del ICOLD:

- a) Diseño estructural de la presa, realizado acorde a las normas y métodos de inspección vigentes.
- b) Chequeo permanente y regular de la presa, para comprobar que la estructura se comporta como estaba planificado y para identificar anomalías.
- c) Gestión del riesgo residual, a través de la implantación de un plan de emergencia y un sistema de aviso a población

No hay un número determinado de instrumentos de auscultación, ya que depende del tipo de presa, de sus dimensiones, la manera en la que se construyó, su edad y las condiciones específicas del emplazamiento, en especial la cimentación.

4.6. Trabajos de Rehabilitación para cumplir con estándares o aumentar la seguridad

Las Autoridades deben fijar las reglas que rijan la seguridad y la auscultación de las presas. ICOLD representa un soporte

importante para los profesionales dedicados a la gestión de presas de cara a homogeneizar criterios y compartir experiencias internacionales en la materia.

En algunos casos, los sistemas de auscultación o incluso elementos de la presa deben ser modificados por requerimientos de nuevas normativas.

5. Conclusiones

De todas las presentaciones y del informe general se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- La mejora de las presas existentes es un tema de interés en todos los países desarrollados, donde la mayoría de las presas tienen muchos años de vida y el uso para el que fueron concebidas puede haber sufrido modificaciones relevantes. Esta mejora es necesaria para que sigan siendo útiles para la sociedad.
- El cambio climático está alterando los regímenes de los ríos en todo el mundo, por lo que la filosofía de explotación de las presas va a cambiar en los próximos años y las medidas de protección frente a situaciones extraordinarias deben ser reevaluadas.
- La gestión de sedimentos es un problema muy relevante en otras partes del mundo, y en algunos casos como Asia o Latinoamérica condicionan el diseño de la presa.
- La innovación tecnológica ha hecho que aparezcan nuevas técnicas de auscultación automáticas con muchas posibilidades y mejores sistemas de predicción de precipitaciones que permiten anticiparse a los eventos extremos minimizando los posibles daños ocasionados.
- La optimización de los embalses es también un tema relevante tratado en este congreso, buscando el máximo rendimiento de la infraestructura pero garantizando un adecuado nivel de seguridad. Sobre todo en países donde la construcción de nuevos embalses es residual. **ROP**

