

# Las presas en el siglo XXI

Joaquín Díez-Cascón Sagrado



**DESCRIPTORES**  
 PRESAS  
 HORMIGONES  
 CONSTRUCCIÓN DE PRESAS  
 EXPLOTACIÓN DE PRESAS  
 SEGURIDAD DE PRESAS

## Necesidad y beneficios generados por los embalses

La cantidad de agua dulce presente en el planeta se estima es de unos 37 millones de km<sup>3</sup>; 28,51 millones de km<sup>3</sup> (77,06%) están almacenados en los polos y glaciares, 8,47 millones de km<sup>3</sup> (22,9%) están presentes como aguas subterráneas y solo 15.000 km<sup>3</sup> (0,0004%) aparecen en algún momento en los ríos del planeta.

Los embalses generados por las presas almacenan en todo el mundo unos 5.500 km<sup>3</sup> de agua; de este volumen dos terceras partes están disponibles como volumen útil y el resto es volumen muerto. Esta capacidad útil de 3.660 km<sup>3</sup> incrementa en un 24,4% la parte estable de escorrentía media anual de los ríos (15.000 km<sup>3</sup>).

Se estima que en el mundo las aguas utilizadas en el año 1700 eran unos 100 km<sup>3</sup>, en el año 1975 unos 3.528<sup>1</sup> km<sup>3</sup> y en el año 2000 unos 4.640 km<sup>3</sup>, es decir, la cantidad de agua utilizada en los últimos tres siglos<sup>2</sup> se ha multiplicado por treinta y cinco, y el crecimiento de la demanda global de agua se estima será en los próximos decenios de un 2 a un 3% anual.

El sector agrícola es el mayor consumidor en la mayoría de los países y utiliza más del 80% del agua. En los últimos 50 años las tierras en regadío en el mundo se han multiplicado por tres, suponen en la actualidad unos 275 millones de hectáreas y generan un tercio de la producción mundial de alimentos. Por otra parte, en los países desarrollados se ha explotado alrededor del 80% del potencial hidroeléctrico, pero en la mayoría de los países en vías desarrollo solo se aprovecha entre un 5 y un 12%.

En España los embalses abastecen ciudades, riegan 3,3 millones de hectáreas, producen tres millones de toneladas equivalentes de petróleo y crean ambientes de alto valor ecológico, o lo que es lo mismo, generan unos beneficios anuales totales del orden de 30.000 millones de euros, es decir, entre el 7 y el 8% del PIB (Fig. 1).

El análisis de la situación particular y las perspectivas de futuro de las distintas áreas geográficas y países, necesitaría de datos y matizaciones que no se corresponden con el tema de fondo de este artículo, pero de forma general se puede decir que:

- En los países con elevado consumo, recursos abundantes y técnica desarrollada se puede frenar la demanda y disponer de recursos alternativos que no hagan necesaria la construcción de muchas nuevas presas, pero sí serán necesarios en el futuro importantes e intensos trabajos dirigidos al mantenimiento y rehabilitación de presas y embalses, al cambio de uso de los embalses y al recrecimiento de presas.
- En los países cuya mejora de nivel de vida depende de la disponibilidad de agua, será necesaria, además del mantenimiento de las presas existentes, la construcción de numerosas presas que incrementen los recursos hídricos aprovechables.

En España el Plan Hidrológico Nacional contempla la construcción de 84 nuevas presas, el recrecimiento de 10 y muy numerosas actuaciones de diversa índole en presas existentes.

## Estadística de presas en el mundo

Según el Registro de la ICOLD de 1998, en la hipótesis de solo considerar las presas chinas mayores de 60 metros,<sup>3</sup> el número total de grandes presas en el mundo es de 25.410, habiéndose construido alrededor de la mitad en los últimos 35 años. Según una encuesta realizada por el ICOLD en el año 2000, en ese mismo año se iba a poner en servicio en el mundo unas 290 presas, y en el año 2001 se encontrarían en construcción unas 750 presas; sobresalen como países constructores: 25 en España, 28 en Brasil, 29 en Rumania, 127 en Japón, 214 en China y 224 en Turquía.



Fig. 1. Embalse del Ebro, primer gran hiperembalse construido en España, proyectado en las primeras décadas del siglo xx y terminado en 1945. (Fuente: vid. referencia 6).

Un simple análisis estadístico sobre las edades de las presas registradas establece que el porcentaje de presas en el mundo que han superado la juventud (más de 20 años) es el 67,5%, el de presas que han alcanzado la edad madura (más de 40 años) el 27,3% y el de las que se encuentran en el inicio de su senectud (más de 60 años) el 13,8%.

En España están registradas 1.187 presas, de las cuales 194 tienen más de 60 años (16,3%), 418 tienen más de 40 años (35,2%) y 824 tienen más de 20 años (69,4%) (Fig. 2).

Una vez superadas las incidencias del primer llenado y los años iniciales de explotación, la presa pasa por un período de entre 20 y 40 años en los que los incidentes son prácticamente inexistentes; transcurrido este período le sigue una fase que podríamos denominar de deterioro progresivo, que exige actuaciones periódicas que pueden llegar a ser de envergadura. Por otra parte, se debe tener presente que una presa de los años cincuenta se construyó y proyectó con una técnica que en estos momentos se puede calificar, en muchos casos, de anticuada.

Según los datos mostrados, y de forma simple, se puede decir que alrededor de un 50% de las presas existentes han alcanzado una edad en la que necesitan de una especial vigilancia y un permanente chequeo, control y, en su caso, intervención preventiva.

Esta situación, con independencia del número de presas nuevas que se construyan, pone de manifiesto la importancia de los esfuerzos y trabajos que se deben desarrollar en el futuro para el mantenimiento de las presas en las condiciones de seguridad exigidas por la sociedad en cada momento.

### La seguridad de las presas y su entorno

Una presa se proyecta y se construye para ser explotada cumpliendo los requisitos de conservación, mantenimiento, inspección y todos los demás aspectos que se quieran considerar. Las presas tienen una vida útil durante la cual se espera cumplan satisfactoriamente las funciones para las que fueron proyectadas. Transcurrido ese período, o incluso antes, se puede encontrar en las presas deficiencias funcionales que deben ser



Fig. 2. Paramento de aguas arriba de la presa de Proserpina. (Fuente: Confederación Hidrográfica del Guadiana).

resueltas y que obligan a realizar una revisión de los criterios adoptados en el proyecto original y un estudio de medidas estructurales y no estructurales que tenga en cuenta aspectos ambientales, funcionales y de seguridad.

La construcción de una presa es un acto de alteración de la naturaleza para dominarla, y ésta tenderá inexorablemente a eliminarla. La técnica y experiencia adquirida en las áreas del proyecto, construcción y explotación de las presas permiten aminorar el riesgo de fallo, que sin embargo en reducidas ocasiones se evidencia como riesgo efectivo, como resultado de los accidentes ocurridos en las presas.

El riesgo deriva de la incertidumbre asociada a diversos factores que condicionan la supuesta seguridad. Las incertidumbres están presentes a la hora de estimar las acciones naturales, las acciones actuantes, la evolución temporal de las características de los materiales y cimientos, la respuesta de la estructura, etc. El problema es cómo llegar de una casuística incierta a conclusiones concretas.

Los avances en lo que se refiere al conocimiento de los extremos, de los mecanismos de deterioro de materiales, de la patología de las estructuras y sus tratamientos y en el desarrollo de técnicas y criterios de establecimiento de niveles de



deterioro para conocer el estado de las presas y cimientos y sus riesgos potenciales, permiten situar el riesgo efectivo de las presas en niveles aceptables.

En general, en los países más desarrollados, la densidad de presas en relación al número de habitantes y a la superficie del territorio es alta y, además, el hecho de que una parte importante de la población se encuentre asentada en las proximidades de los cauces fluviales, hace que el número de personas que habitan aguas abajo de las presas suponga un porcentaje importante de su población. Habitualmente se trata de un riesgo no aceptado voluntariamente y, además, de forma general los ciudadanos sometidos al riesgo son distintos de los que obtienen el beneficio de la existencia de la presa y el embalse.

La seguridad absoluta, o riesgo nulo, es un objetivo imposible de alcanzar y el criterio a utilizar en la gestión de la seguridad debe ser el del riesgo socialmente aceptable. La definición cuantitativa del riesgo socialmente aceptable es una decisión política y conlleva establecer los recursos económicos que la sociedad está dispuesta a invertir en la mejora de las condiciones de seguridad. Los recursos asignados dependen, entre otras variables, del nivel de desarrollo económico y de las prioridades establecidas.

La técnica debe establecer la relación entre los recursos asignados a la seguridad y la reducción de riesgo conseguida y gestionar los recursos asignados de forma que se obtenga un óptimo de reducción del riesgo.

En relación con los criterios básicos de seguridad es necesario señalar que ciudadanos situados aguas abajo de una presa tienen el derecho a no estar sometidos a un riesgo individual excesivo y que cada una de las presas no puede tener asociado un riesgo excesivo para el conjunto de la sociedad.

### Las presas en el siglo XXI

Los fundamentos de todo avance en el proyecto, construcción y explotación de presas se encuentran, en primer lugar, en la profundización en el conocimiento de las acciones actuantes en las presas y embalses y de las respuestas que tiene el sistema, y en segundo lugar, en el desarrollo de nuevas técnicas y tecnologías aplicables a la ingeniería de presas.

En lo que se refiere al avance en el conocimiento de las acciones actuantes y respuesta del sistema, la ingeniería de presas abordará, entre otras, durante el siglo XXI, las siguientes áreas:

- El desarrollo de nuevos medios y formas de medida y control, con la utilización de las nuevas tecnologías de comunicación, y, como consecuencia, el de modelos de comportamiento<sup>4</sup> que permitan definir criterios de actuación en lo que se refiere al establecimiento de niveles de seguridad.
- La profundización del conocimiento de los mecanismos de deterioro y/o envejecimiento de hormigones, con especial incidencia en los hormigones con altos contenidos de puzolanas –cenizas volantes–.

En la construcción de presas se deben emplear materiales cuyas propiedades intrínsecas, su puesta en obra y la evolución de sus características sean susceptibles de control. El hor-

migón endurecido es un medio poroso rígido, cohesivo y dinámico en función del medio ambiente. El carácter poroso del hormigón y la fase acuosa contenida en los poros, entre otros parámetros, juegan un papel fundamental en la evolución del hormigón y, por lo tanto, de sus características intrínsecas.

Los poros y la fase acuosa que éstos contienen constituyen un sistema termodinámicamente abierto en continua interacción, cuyos equilibrios fluctúan en función del medio ambiente exterior, humedad relativa, penetración de agentes, etc. La composición química de la fase acuosa contenida en los poros es la que regula los mecanismos de reacción.

La estructura de los poros<sup>5</sup> y la configuración de las fisuras, así como el contenido de agua en las mismas, son factores que determinan la “permeabilidad” del hormigón, que, a su vez, controla, en gran medida, su relación con el medio ambiente que lo rodea.

De lo anteriormente expuesto se colige la importancia de avanzar en el conocimiento de cómo en un determinado medio ambiente influye la estructura porosa del hormigón<sup>6</sup> en la evolución de sus características intrínsecas (Figs. 3 y 4) y lo importante que es desvelar cómo las distintas labores de puesta en obra, en especial el curado del hormigón, influyen en el resultado final de la estructura porosa del hormigón.

Por otra parte, las patologías expansivas en hormigones de presas son variadas en lo que se refiere a su origen y numerosas en lo que se refiere a presas afectadas, existiendo regiones endémicas, por la combinación de mineralogías específicas con condiciones climatológicas adversas. Se producen patologías debidas a la hidratación de la cal libre o a la formación de sales de ettringita, o incluso a la presencia de arcillas expansivas en el árido del hormigón, pero las más conocidas actualmente y a las que en el futuro la ingeniería de presas deberá prestar más atención son las denominadas genéricamente reacciones álcali-árido o RAA (AAR, *alkali-aggregate reactions*), es decir, a aquellas reacciones que tienen lugar entre los diferentes posibles reactivos contenidos en los áridos empleados y los componentes alcalinos del cemento, óxido de sodio Na<sub>2</sub>O y óxido de potasio K<sub>2</sub>O y, en algunos casos, con los álcalis liberados por los áridos.

Las reacciones de los álcalis se pueden dar con la sílice, con los silicatos presentes en las rocas y con los carbonatos, pero lo que es determinante es conocer bajo qué condiciones es posible que se desencadenen dichas reacciones. La relación del hormigón con el medio ambiente está condicionada por la forma y tamaño de los poros y fisuras<sup>7</sup> –permeabilidad– y, por ello, es determinante en el establecimiento de las condiciones para posibilitar el desencadenamiento y manifestación de la reacción RAA, que en lo que se refiere a desencadenamiento depende de alcanzar un determinado grado de humedad<sup>8</sup>, de alcalinidad y cantidad de materia reactiva y, en lo que se refiere a su manifestación, de que no se supere un determinado estado de tensión.

De lo anteriormente expuesto se deduce la necesidad de profundizar en el conocimiento de los procesos de reacción RAA y, lo que es igual o más importante, la necesidad de establecer programas que nos permitan conocer el alcance de las

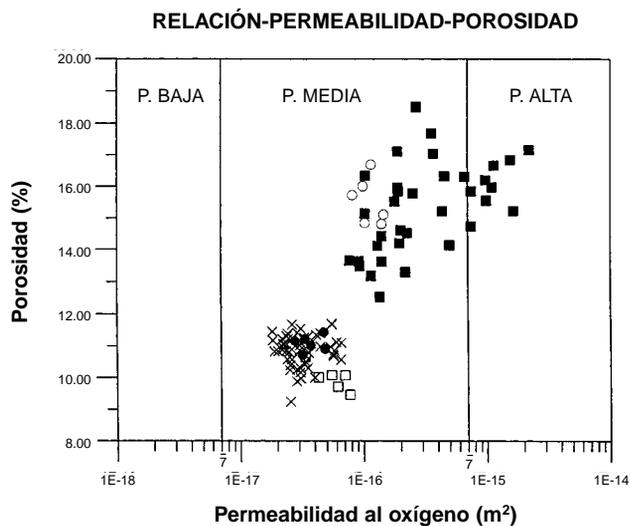


Fig. 3. Relación entre la permeabilidad al oxígeno y la porosidad de hormigones. Los hormigones deteriorados tienen los símbolos O y ■. (Fuente: vid. referencia 8).

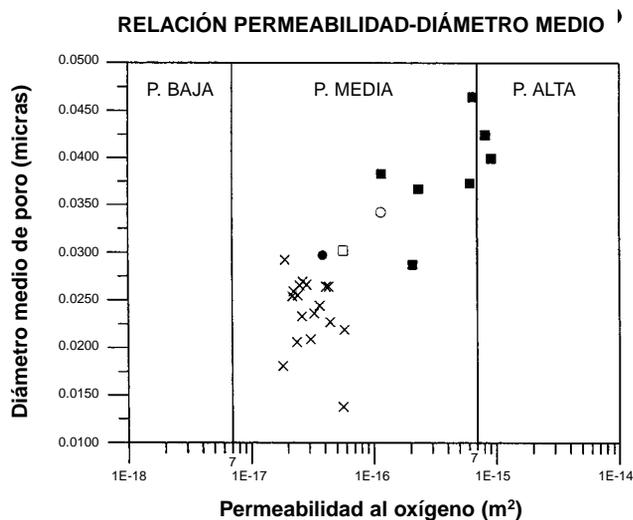


Fig. 4. Relación entre la permeabilidad al oxígeno y el diámetro medio de poro de hormigones. Los hormigones deteriorados tienen los símbolos O y ■. (Fuente: vid. referencia 8).

patologías existentes y desarrollar o mejorar la técnica y tecnología necesaria para devolver a las presas a un estado en el que sus niveles de seguridad y funcionalidad sean los demandados.

El avance en el conocimiento de las acciones actuantes y de las respuestas de los sistemas, permitirá avanzar en el desarrollo de nuevas soluciones tipológicas que mejoren los niveles de seguridad durante la construcción y la explotación. Así mismo, y en la forma que anteriormente se ha señalado, los avances en la auscultación de las presas y los embalses permitirán el desarrollo de nuevos modelos de comportamiento, o la mejora de los conocidos, mediante su contraste con la realidad.

Internet ha entrado las casas y en breve entrará de forma decidida y plena en las presas; muy pronto será difícil distinguir entre la conversación por teléfono, Internet, las redes locales para ordenadores y la propia televisión. No obstante, considerando los diferentes medios todavía separados, se puede imaginar un futuro inmediato con algunas mejoras para las herramientas de auscultación.

El ordenador de la presa se convertirá en un servidor de páginas web en cuanto las líneas ADSL u otro medio de suficiente ancho de banda lleguen a la presa. Varios usuarios, con diferentes niveles de permiso de acceso, consultarán los datos de auscultación en tiempo real e incluso podrán hacer pruebas de carga cuando las circunstancias de llenado lo permitan, sin acceder a la obra. Se dispondrá de una "webcam" en algunos lugares de la presa para contemplar la situación de determinados aforos de filtraciones o drenes importantes. El operador de la presa podrá dialogar con otro operador, o responsable, externo usando micrófono y altavoces. Se podrá contemplar un gran vertido por los aliviaderos, si hay luz para ello, o la salida de los desagües de fondo y su efecto en el cuenco.

El mismo ordenador será un servidor de ftp que proporcione a los usuarios con permiso acceso a los archivos de datos históricos para su consulta, revisión, validación, etc.

El ordenador dispondrá de, o tendrá integrado, un móvil que se utilizará para emitir mensajes SMS hacia los operarios o responsables cuando determinados parámetros se salgan de los límites establecidos. También responderá a órdenes emitidas por mensajes SMS, como arranque de una campaña especial de toma de datos o petición de envío de datos de algunos equipos, también vía SMS. De esta forma, un operador en el campo o itinerante puede establecer consultas y hacer una visita a la presa distante, probablemente carente de una presencia continuada de personal, en función del resultado de las consultas.

De todas formas, los más modernos métodos de comunicación solo ayudarán al personal responsable en su tarea de interpretar el comportamiento de la presa y dictaminar sobre sus condiciones de seguridad. En este punto básico seguirá estando el hombre.

En lo que se refiere al desarrollo de tecnología aplicable al proyecto, construcción y explotación de presas, la ingeniería de presas se encaminará, entre otras, durante el siglo XXI hacia la consecución de avances en:

- Presas de hormigón compactado con rodillo (HCR) o (RCC).
- Vertido por coronación en presas de materiales sueltos.
- Modificación de usos o mejora de la funcionalidad de las presas de embalse.
- Técnica y tecnología aplicable a la rehabilitación de presas. Nuevos materiales.
- Análisis de riesgos de las presas de embalse.

Una visión moderna de las presas construidas con hormigón HCR o RCC pasa por aceptar que no existen diferencias sustanciales de composición entre los hormigones HCR y los convencionales, salvo las derivadas de utilizar, en algunos casos, conglomerantes con más presencia de puzolanas. Las diferencias en la estructura de la materia se deben a su puesta en obra, extensión en tongadas de poco espesor y consolidación por presión y vibración superficial, la cual genera una anisotropía general y, en particular, forma lo que se puede denominar fase de transición entre tongadas. Por ello, los avances en el conocimiento de la estructura de la materia y de su evolución deben tener en cuenta estas consideraciones.





Fig. 5. Presa de Campofrío. Recrecido de hormigón sobre la presa inicial de mampostería y sillería. (Fuente: vid. referencia 6).

Y aunque obvio, dado lo visto en el desarrollo de otras tipologías de presas, conviene señalar que el progreso de la técnica del hormigón HCR se ha producido y se producirá con fundamento en la mejora de la conformidad entre los métodos de construcción y las características del hormigón HCR en estado fresco y endurecido.

Probablemente, casi con seguridad, se verán en este siglo numerosas actuaciones con hormigón HCR en la rehabilitación de las estructuras de las presas y de sus aliviaderos, también, en la construcción de la obra receptora de los órganos de desagüe en presas de materiales sueltos.

Las presas de materiales sueltos, en la concepción actual, tienen la imposibilidad de disponer los aliviaderos y órganos de desagüe sobre y a su través, y el problema de que una de las causas más habituales de rotura de presas es el desbordamiento por coronación –*overtopping*–.

Arthur Holmes, en su libro *Principles of Physical Geology* (1965), decía, de forma simplificada, que el caudal líquido de un curso de agua es proporcional a la primera potencia de la velocidad, que el caudal sólido transportado es proporcional a la tercera o cuarta potencia y que el tamaño de piedra que puede ser removido es proporcional a la sexta potencia. Con estos simples datos es sencillo imaginar la dificultad que presenta el empeño de diseñar los dispositivos y elementos que permitan a las presas de materiales sueltos convertirse en presas vertedero.

En España, la atagüía de Aldeadávila, de escollera colocada, 30 metros de altura y protección con losa de hormigón, soportó en el año 1958 una avenida del río Duero con un hidrograma de avenida de volumen total de 909 hm<sup>3</sup> y caudal punta de 1.835 m<sup>3</sup>/s, que generó una lámina máxima de vertido de 6,67 metros; en el año 1959 con volumen



Fig. 6. Construcción de la presa de Puentes IV inmediatamente aguas arriba de la de Puentes III. (Fuente: Ministerio de Medio Ambiente).

total de 3.393 hm<sup>3</sup>, caudal punta de 2.525 m<sup>3</sup>/s y lámina máxima de vertido de 9,50 metros; en el año 1960 con volumen total de 10.730 hm<sup>3</sup>, caudal punta de 2.915 m<sup>3</sup>/s y lámina máxima de vertido de 11,00 metros; en el año 1961 con volumen total de 1.861 hm<sup>3</sup>, caudal punta de 1.740 m<sup>3</sup>/s y lámina máxima de vertido de 6,40 metros.

Existen numerosas experiencias que se basan en evitar las concentraciones de vertido, proteger la superficie de vertido y cauce aguas abajo frente a la erosión y estabilizar el relieve de aguas abajo en el caso de filtración o sumersión, siendo en todos los casos necesario proteger el talud aguas abajo mediante losas de hormigón.

Como ejemplo de las posibilidades que ofrece esta solución tipológica se señala la presa tierras de Llodio, de 21 metros de altura, aliviadero en el centro de la presa, protección de 30



Fig. 7. Presa de Barrueco de Abajo. Rehabilitación del antiguo molino de pie de presa como museo antropológico. (Fuente: vid. referencia 6).

centímetros de hormigón ligeramente armado, vertido por trampolín y caudal específico de  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ , lo que corresponde a una altura de vertido de dos metros de calado, y características hidrológicas de la cuenca y del embalse que hacen que casi de forma continua vierta el aliviadero salvo en estiaje acusado.

Estos ejemplos, y otros posibles datos que se pueden señalar, hacen verosímil la posibilidad cierta, ya desarrollada en algunos aspectos, de establecer una metodología que haga viable diseñar la protección necesaria que permita el vertido de los aliviaderos permanentes o de emergencia.

Las presas tienen dos condicionantes que marcan su devenir de forma determinante: la importante y constante influencia del medio natural y la cambiante sociedad a la que sirven durante su vida útil. Estos condicionantes pueden obligar a realizar en la presa distintas reformas o actualizaciones en el sentido de mejorar sus niveles de seguridad o de funcionalidad.

Lo anteriormente comentado hace fácil imaginar que en el futuro las actuaciones, y el necesario desarrollo técnico y tecnológico, relativas a la recuperación y mejora de la capacidad de los embalses,<sup>9</sup> a la mejora de la funcionalidad de la presa y de sus órganos de desagüe y a la mejora y conservación del entorno de las presas y embalses, serán abundantes y a ellas se destinarán importantes recursos, cambiando en los países desarrollados la inversión en construcción por inversión en mantenimiento (Figs. 5 y 6).

En lo que se refiere a las técnicas y tecnologías aplicables a la rehabilitación de presas, los materiales a utilizar condicionan en muchos casos su evolución. Se ha comentado anteriormente el hormigón HCR, pero de mayor significado y calado en este aspecto pueden considerarse los materiales asfálticos, las resinas sintéticas, las geomembranas, los polímeros, etc.

## Comentario final

De todo lo expuesto parece colegirse que en nuestro país se inicia una nueva época en la que los afanes constructores de nuevas presas se trastocarán necesariamente por un decidido interés por el mantenimiento y rehabilitación de presas y embalses, por el cambio de uso de los embalses, por el recrecimiento de presas y por la integración de las presas y los embalses en su entorno natural y socioeconómico (Fig. 7). □

Joaquín Díez-Cascón Sagrado  
 Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
 E.T.S de I.C.C.P. de Santander  
 Universidad de Cantabria

## Notas

1.  $2.100 \text{ km}^3$  de uso consuntivo y  $1.400 \text{ km}^3$  con retorno.
2. En los últimos tres siglos la población mundial se ha multiplicado por ocho, la población actual se estima es de 5.600 millones y su tasa anual de crecimiento se estima será de alrededor de 90 millones en los próximos años.
3. Según la encuesta elaborada por el ICOLD, en el año 2000 el número de grandes presas en explotación en China era de 24.130.
4. Estos avances pueden aplicarse, entre otros fines, a la profundización en el conocimiento del comportamiento –acciones actuantes y respuesta– de:
  - La cimentación de presas de hormigón.
  - Los núcleos de presas de materiales sueltos.
  - Los plintos o zócalos de las presas de escollera con pantalla.
  - Los embalses –sedimentación y estabilidad de laderas–.
  - Los hormigones convencionales y HCR.
5. La porosidad de hormigón depende de su porosidad inicial, es decir, la inmediatamente obtenida después de su puesta en obra, que depende de la conformidad entre el tipo y forma de puesta en obra y el comportamiento del hormigón en estado fresco, y de la porosidad cementicia, que depende del tipo del conglomerante utilizado, de su dosificación y de su historia.
 

Los procesos de cristalización y formación de geles van acompañados de modificaciones de la porosidad por el doble mecanismo de formación de cristales en la periferia de las partículas y de su corrosión por hidratación y la consecuente formación de geles y productos cristalinos estables.
6. Los hormigones con altos contenidos de cenizas volantes deben ser objeto de especial atención, y dentro de ellos los denominados hormigones HCR.
7. En los hormigones impermeables con áridos potencialmente reactivos es difícil que se den las condiciones necesarias para el desarrollo de las RAA.
8. Los ciclos de humedad-secado aceleran la reacción.
9. Actuaciones de aumento de capacidad por extracción de sedimentos del embalse y de recrecimiento de las presas.

## Referencias

1. ICOLD, *World Register of Dams*, 1998.
2. Zaragoza Gomis, G. y Rubín de Célix Caballero, M., "Risk and safety", *Proceedings of International Symposium on New Trends and Guidelines on Dam Safety*, Barcelona, Spain, 1998.
3. Penas Mazaira, J., Rubín de Célix Caballero, M., de Andrés Rodríguez-Trelles, M. e Iglesias González-Nicolás, J., "Problemática de la implantación de los planes de emergencia de presas y su integración en las normas de explotación", *Jornadas Nacionales. Comité Nacional Español de Grandes Presas*, Zaragoza, 2002.
4. Jiménez Sánchez, E., de Andrés Rodríguez-Trelles, M., Rubín de Célix Caballero, M. y Penas Mazaira, J., "Aspectos principales a considerar en la gestión de la seguridad de presas en el ámbito español", *Jornadas Nacionales. Comité Nacional Español de Grandes Presas*, Zaragoza, 2002.
5. Granell Vicent, J., "Ponencia General del Tema 2: Mejora de la capacidad de embalse y del funcionamiento de los órganos de desagüe", *Proceedings of International Congress on Conservation and Rehabilitation of Dams*, Madrid, Spain, 2002.
6. Díez-Cascón Sagrado, J. y Bueno Hernández, F., *Las presas y los embalses en España. Historia de una necesidad (hasta 1900)*, Editorial Ministerio Medio Ambiente (en edición).
7. Díez-Cascón Sagrado, J. y Bueno Hernández, F., *Ingeniería de presas. Presas de fábrica*, Editorial Universidad de Cantabria, 2002.
8. Díez-Cascón Sagrado, J., "Comments on concrete durability (Porous structure versus durability)", *Volumen de Actas Congreso Ibérico de Geoquímica*, Zaragoza, España, 2001.

