

La auscultación de presas en España

Por JOSE MARIA GAZTAÑAGA

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Representante Español en el Comité de Auscultación
de la Comisión Internacional de Grandes Presas.

1. INTRODUCCION

El hombre ha desarrollado su civilización en torno del agua. Los usos cada vez más intensos que se hacen de ella, tanto para abastecimiento de la población, como para riegos, generación de energía, transporte y recreo ponen de relieve la necesidad de controlar y regular el curso de los ríos, a la vez que la proximidad de los asentamientos humanos a ellos hace preciso defenderse de las crecidas. Por ello es cada vez mayor el número de presas existentes al ser el medio más eficaz y económico de alcanzar tales objetivos.

La presa es una estructura que debe conservar sus formas y propiedades en el tiempo, pues su fallo acarrea consecuencias casi siempre catastróficas. Por ello la seguridad de las presas es un asunto de permanente actualidad y creciente interés. Lo primero que es necesario conocer para valorar la seguridad de una presa es precisamente en qué estado se encuentra, es decir, si conserva o no sus formas y propiedades en el tiempo.

Por otra parte, una presa es siempre un traje a la medida, que hay que adaptar a cada emplazamiento, por lo que interesa frecuentemente comprobar hasta qué punto la adecuación de un tipo estructural general a una cerrada con unas características determinadas es satisfactoria. No debe olvidarse, en fin, que la construcción y puesta en carga de cada presa es un ensayo a escala natural de un prototipo, lo que no es muy frecuente y proporciona, por lo tanto, una inmejorable ocasión para profundizar en el conocimiento de la técnica.

El interés de conocer la forma de comportamiento de la presa es, pues, múltiple y ello justifica la creciente atención que se presta en todo el mundo a la mejora de las técnicas de observación. La Comisión Internacional de Grandes Presas ha elaborado un estudio de

muy próxima publicación y que recoge y pone al día las últimas tendencias en este campo.

Parece oportuna la reflexión sobre la experiencia española en el tema, así como los criterios que actualmente se están siguiendo, pues en España hay una gran cantidad de presas de variados tipos, proyectadas, construidas y explotadas tanto por el Estado como por la iniciativa privada, por lo que constituyen un universo de amplio espectro en el cual se siguen criterios no siempre coincidentes, pero del que se pueden extraer conclusiones de interés general.

2. SEGURIDAD DE LAS PRESAS

La seguridad de una presa depende fundamentalmente de un buen proyecto, una correcta construcción y una adecuada explotación. La auscultación en sí misma no hace más segura la presa, simplemente proporciona información sobre ciertas magnitudes mensurables. Pero esta información puede ser trascendental para detectar la aparición de alguna anomalía y tratar de corregirla cuando sus consecuencias no sean todavía graves.

Para ello es preciso disponer de algún patrón de comparación entre los valores leídos y los valores esperados. Esto puede hacerse basándose en la experiencia, en el estudio de obras similares o por medio de modelos de previsión, que pueden ser del tipo determinista o del tipo estadístico. Del análisis de los datos se deduce la conveniencia de adoptar ciertas decisiones de intervención. En el caso de acontecimientos extraordinarios, que requieran la actuación urgente, es necesario que se haya definido la cadena de transmisión de la información y la asignación de las responsabilidades en la toma de decisiones. De aquí la importancia del vigilante de la presa, que es el primer esla-

bón de dicha cadena, capaz de poner en marcha todo el mecanismo de actuación con la rapidez necesaria.

Se considera, por todo lo antedicho, que es muy conveniente que exista una continuidad entre las fases de proyecto, construcción y explotación de la presa, que la información y las experiencias particulares de cada emplazamiento se transmitan a los equipos que se vayan haciendo cargo de la presa en cada momento. Lo óptimo sería que existiera un equipo especializado que diera continuidad al proceso, participando en todas las fases, que fuera elaborando el dossier completo y dispusiera del conocimiento histórico de la estructura. Esto no es siempre posible, lo que se traduce en importantes dificultades a la hora de adoptar decisiones de intervención, en caso necesario.

El interés que tiene para la seguridad de la presa una correcta auscultación es muy grande, sobre todo si se tiene en cuenta que el coste de la misma es una fracción insignificante del importe de los daños que podrían presentarse en caso de accidente. La auscultación ayuda a prevenir, por lo que no puede discutirse su eficacia e importancia. Pero no se debe caer en el extremo contrario de suponer que por tener instalados unos equipos de observación, por completos que sean, la presa está segura. La seguridad de la presa depende de un conjunto de variables y debe ser contemplada desde una perspectiva global.

3. MAGNITUDES FISICAS QUE SE MIDEN

Una presa debe responder a las variaciones de su entorno, que significan cambios en las solicitaciones a que se ve sometida. Por lo tanto, para poder estudiar su comportamiento es necesario observar las causas y los efectos.

Entre las primeras, es decir, las condiciones ambientales que actúan sobre la presa, las principales son:

- El nivel del embalse.
- La temperatura del aire.
- La temperatura del agua del embalse.
- La presión atmosférica.
- La humedad relativa del aire.

- El viento.
- La precipitación.
- La agresividad de las aguas o del aire.
- El espesor del hielo, si lo hay.
- El espesor de sedimentos en el embalse.
- Los fenómenos sísmicos.
- Los caudales circulantes por aliviaderos y tomas.
- Los movimientos del terreno de cimentación.
- La filtración de agua a través del cimientto o del cuerpo de presa.
- la subpresión.

Los efectos, es decir, las respuestas de la estructura a la variación de las causas, son:

- Deformaciones.
- Tensiones.
- Desplazamientos.
- Giros.
- Asientos.
- Apertura o cierre de juntas.
- Caudal de drenaje.
- Fisuración.
- Distribución interna de temperatura.
- Variación de las características físico-químicas de los materiales.
- Sifonamientos, disoluciones, arrastres.

Estas causas y efectos varían continuamente, a lo largo de la vida de la presa, por lo que es preciso observarlas y medirlas repetidamente en condiciones de poder comparar distintas lecturas. Por ello es preciso disponer de equipos instalados permanentemente, destinados a las labores de auscultación, que cumplan con estos requisitos.

Al considerar las magnitudes observables, se puede distinguir entre ellas las que proporcionan información directamente relacionada con la estimación del nivel de seguridad de la presa de las que tienen una utilidad más académica, es decir, que permiten profundizar en el conocimiento de ciertos aspectos de la estructura con vistas a mejorar futuros proyectos.

Por ejemplo, el caudal de filtraciones a través de la presa y su cimientto es una magnitud de gran importancia a la hora de valorar la seguridad, mientras que la distribución tensional no es usual que ponga en peligro a la presa, si bien puede ser muy interesante para perfec-

cionar métodos de cálculo o incluso el propio diseño estructural.

Otras variables tienen un interés limitado en el tiempo, generalmente ligado a las fases de construcción y puesta en carga. Por ejemplo, la temperatura del hormigón y la apertura de juntas de una presa bóveda son fundamentales para la inyección que da el monolitismo, pero si ésta se realiza en las condiciones óptimas previstas en el proyecto, pierde gran parte del interés el seguir observándolas.

En cualquier caso, la observación visual directa de la estructura y su entorno por medio de inspecciones y recorridos periódicos de galerías y paramentos es la base de toda auscultación. Hay multitud de fenómenos, que sólo pueden detectarse por el ojo humano, que pueden tener una gran trascendencia, con la aparición de fisuras, humedades, fugas de agua, degradaciones locales, etc.

4. SISTEMAS DE MEDIDA

Los sistemas de medida se deben definir en la fase de proyecto. Es al proyectista a quien compete la determinación del nivel de seguridad y la fijación de los parámetros que describen el comportamiento de la presa. A partir de ello se seleccionan los aparatos que se van a instalar y se definen los emplazamientos de los mismos.

Los aparatos más comúnmente empleados en España en auscultación son:

a) Presas de fábrica.

- Desplazamientos: péndulos, colimación, geodesia, nivelación.
- Giros: clinómetros.
- Deformaciones: extensómetros.
- Tensiones: dilatómetros, medidores de junta.
- Filtración: aforadores.
- Subpresión: piezómetros.
- Temperatura: termómetros.

b) Presas de materiales sueltos.

- Asientos: nivelación topográfica o hidrostática.

- Presiones intersticiales: células de presión.
- Movimientos horizontales: inclinómetros, colimación, péndulos.
- Deformaciones: extensómetros.
- Filtraciones: aforadores.

La tecnología particular de medición es muy variada. En los comienzos de la auscultación, hace unos treinta años aproximadamente, se emplearon en España captosres de resistencia eléctrica variable y péndulos directos. Poco a poco se han ido utilizando captosres de cuerda vibrante, de inducción electromagnética y de otros tipos y péndulos invertidos. Igualmente los piezómetros son hidráulicos, neumáticos o eléctricos.

Lo más importante a la hora de seleccionar un instrumento es tener en cuenta las condiciones del medio en el que se va a instalar, frecuentemente muy duras, por lo que es preferible la sencillez a la sofisticación y la robustez a la sensibilidad. No debe ser muy difícil de manejar y de leer, pues los equipos humanos que se ocuparán de ello generalmente no tienen una formación técnica avanzada. El mantenimiento debe ser mínimo y la fiabilidad máxima, pues lo normal es que una vez instalado no se pueda acceder a él para repararlo en caso del mal funcionamiento. Si es posible se debe prever, para los parámetros más importantes, instrumentación redundante, por ejemplo, péndulos y clinómetros o colimación para observar los movimientos de un mismo bloque.

Se debe estudiar cuidadosamente el número de aparatos, para no dejar sin observar puntos interesantes de la presa, pero sin exagerar, pues un volumen excesivo de puntos de lectura resulta poco práctico, al no poderse analizar con comodidad, corriéndose el riesgo de perder la perspectiva de las observaciones realmente importantes. Por ejemplo, en una presa de gravedad es aconsejable equipar algún bloque con mayor profusión, reservando a los otros unas pocas observaciones paralelas que permitan trasladar las conclusiones obtenidas en aquél a los demás.

Generalmente se prefieren los aparatos que proporcionan la información en el acto, a lo su-

mo por medio de una sencilla conversión. Por ello las observaciones geodésicas y en general los métodos topográficos complicados se utilizan en España cada vez menos, recurriéndose a ellos en casos muy especiales. Sin embargo, la introducción de procesos informáticos puede cambiar esta tendencia en sentido contrario.

La instalación de los aparatos debe hacerse por personal especializado y experto, siendo importante el registro de su emplazamiento exacto y su orientación así como de las circunstancias particulares que puedan afectar a su funcionamiento. Esta información debe quedar incluida en el Archivo Técnico de la Presa, que es preceptivo según la Norma Española de Presas, pues es fundamental para la interpretación posterior de los resultados.

La lectura de los instrumentos debe poderse hacer con facilidad, incluyendo el calibrado de los sensores. Cada vez se prefieren más los instrumentos que permiten una lectura de «manos libres» y que no exige el transporte por las galerías de voluminosos y pesados equipos. Con ello se favorece la centralización de las observaciones, siempre que ello no signifique el abandono de los recorridos de las diversas partes de la estructura y su observación directa.

5. VIGILANCIA SISMICA

En los últimos años se han empezado a instalar equipos de observación sísmica en algunas presas españolas, situadas en la zona donde el riesgo sísmico es mayor.

Los equipos instalados han sido sismógrafos, en la cimentación o en los estribos y acelerógrafos en varios puntos de la estructura. Con ello se pretende observar la respuesta real de la presa frente a una sollicitación dinámica.

Los resultados, dado el tiempo relativamente corto transcurrido desde que se comenzó este tipo de observaciones, no son aún muy numerosos, pero ya se ha registrado al menos un acelerograma en una de las presas, que puede ser el comienzo de un mayor y mejor conocimiento de las condiciones sísmicas prevalentes en nuestro país.

6. FRECUENCIA DE LECTURAS

La frecuencia con que se deben realizar las observaciones varía según la fase de la vida de la presa que se considere.

Debe establecerse un programa de lecturas para la fase de construcción que atienda a aquellas observaciones de interés para el control del proceso constructivo y para la comprobación de que las hipótesis del proyecto se cumplen en la obra, en especial, en los últimos meses, en lo referente al comportamiento de la presa, a embalse vacío.

Distintos programas de lectura habrán de elaborarse para el primer llenado y, en general, primeros años de la explotación. Las observaciones deben centrarse en apreciar cómo la presa va asumiendo la carga hidrostática, los movimientos que se producen para acomodarse a un nuevo estado de equilibrio y la forma en que la cimentación reacciona al aumento de la presión del agua.

Una vez alcanzada la fase de explotación normal y la deseable estabilización y reversibilidad de las lecturas, su intensidad y frecuencia pueden bajar a un nivel más moderado, que permita la comprobación de que la situación permanece controlada. No obstante se debe prever la aparición de fenómenos extraordinarios, por ejemplo, una avenida o un sismo o alguna manifestación de comportamiento anormal de la presa o de su cimiento, que haga necesario aumentar la frecuencia de observaciones, o incluso concentrarse exclusivamente en algún parámetro, durante un tiempo limitado.

7. AUTOMATIZACION

En los últimos años se han producido avances significativos en las técnicas de toma de datos de forma automática y de transmisión y registro de los mismos.

Existe una gran polémica a nivel mundial a propósito de este asunto. En algunos países se afirma que la automatización de los sistemas de lectura es poco menos que obligatoria, dadas las ventajas que supone en ahorro de gastos de personal, aumento de la frecuencia de lec-

turas — ciertas magnitudes se pueden leer casi continuamente—, eliminación de errores de transcripción y disponibilidad permanente en presas de difícil acceso, por ejemplo, en alta montaña durante el invierno.

Otras opiniones, sin embargo, subrayan el peligro inherente a confiar en un sistema automático sin intervención humana y señalan que es imposible observar por medio de instrumentos todos los fenómenos que se producen en una presa, y que son precisamente aquéllos cuya aparición no se espera los que no se detectan, al no estar prevista la instalación de un captor.

En España hay algunas presas en las que se ha automatizado, al menos parcialmente, la toma de datos, pero no se puede decir que sea una práctica generalizada. En los casos en que se ha realizado, no se puede hablar de ahorro de personal, pues está claro que la observación directa no se ha sustituido. En realidad la automatización tiene interés no tanto para la toma de datos, sino para su transmisión a distancia hasta el centro de control. Por otra parte el coste de automatizar un sistema de lecturas es importante y no es fácil justificar la inversión cuando el aumento de las frecuencias de lectura no tiene especial interés. Los fenómenos que se producen en las presas no suelen evolucionar a una velocidad tal que requiera varias lecturas por día o por hora, y no digamos en tiempo real.

Puede ser interesante descargar a los vigilantes de la presa de la tarea de tomar una serie de lecturas para que se concentren en otro tipo de observaciones, donde no pueden ser sustituidos, pero esto es a veces un arma de dos filos, pues el hecho de tener un programa de lecturas, que obligue a acceder a determinados puntos, motiva a los vigilantes en su trabajo.

En cualquier caso está claro que la automatización debe detenerse en el nivel de responsabilidad. No se puede imaginar un sistema que desencadene de forma automática señales de alerta por razones de seguridad, sin la intercalación de un responsable capaz de interpretar el comportamiento de la presa.

8. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Donde es evidente el interés de la automatización es en el tratamiento y análisis de los datos obtenidos por los instrumentos. Un control efectivo del nivel de seguridad de la presa depende en gran medida de la rapidez en la transmisión e interpretación de las observaciones.

Cada día se impone más el tratamiento informatizado de los datos, que permite, mediante programas de cálculo más o menos complicados, presentar de forma inteligible la variación en el tiempo de determinados parámetros y las relaciones entre ellos.

El proceso de análisis se puede desarrollar según varios métodos, básicamente tres:

- El determinista, que compara las magnitudes observadas con las esperadas según un modelo matemático, establecido a priori por el proceso de cálculo.
- El estadístico, que compara los valores observados con los que se han registrado a lo largo de la vida de la presa, o incluso de otras presas similares.
- El mixto, que participa de ambos, generalmente con mayor carácter determinista durante la puesta en carga y primera época de explotación, y más énfasis estadístico a partir de una cierta edad de la estructura.

Generalmente este último es el que suele emplearse, pues aunque se reconoce la superioridad del método estadístico sobre el determinista, no siempre se dispone de suficiente información para poder establecer tendencias y escalas de comparación, en especial en los primeros años de vida de la presa. La correlación con otras presas, por similares que sean, resulta siempre problemática por lo específico de cada caso.

Un aspecto a considerar es que no debe concentrarse la atención exclusivamente en el valor instantáneo de un parámetro, sino que se debe contemplar su evolución en el tiempo, y la evolución de la diferencia entre lo observado y lo esperado. Del mismo modo la estimación del comportamiento de la estructura, a partir de mediciones, no debe basarse en la con-

sideración aislada de una de ellas, sino en la evolución correlacionada de varias observaciones diferentes.

De las lecturas de campo se pueden desarrollar procesos de interpretación según el método preferido de los que se derivan informes periódicos, anuales, quinquenales, decenales, que recogen la interpretación de los expertos sobre el comportamiento de la presa. Esto se hace cada vez en mayor número de casos, llegándose en algunos de ellos a desarrollar recálculos de la estructura y su cimiento que recojan la experiencia acumulada por la auscultación.

9. PRESAS CON AUSCULTACION INSUFICIENTE

Para intentar contemplar en su conjunto el panorama de la auscultación de presas en España es necesario conocer que, de las aproximadamente mil grandes presas existentes en el país, una amplia mayoría o bien no dispone de equipos de auscultación o bien no se realizan en ellas observaciones o interpretaciones de resultados.

En general se trata de presas antiguas, de dimensiones modestas, pero hay casos de estructuras de cierta importancia que, por unas razones o por otras, no se vigilan con la intensidad que sería de desear. Este estado de cosas se debe intentar cambiar, y alguna iniciativa se ha acometido en este sentido. El programa de seguridad de presas del MOPU pretende ir extendiendo el adecuado control y vigilancia a un número creciente de presas. Por ejemplo, en la

cuenca del Duero se ha acometido el equipamiento de varias presas en explotación con sistemas modernos de observación. La introducción de los Documentos XYZT pretende recoger, entre otros datos, las observaciones de auscultación que se han hecho en todas las presas del Estado y que, en algunos casos, no se han interpretado hasta ahora.

El problema de la instrumentación de vigilancia en presas ya existentes está de máxima actualidad en todo el mundo, como lo atestigua que el Comité de Auscultación de la Comisión Internacional lo ha propuesto como tema de estudio para sus trabajos en los próximos dos años, con la pretensión de elaborar unas recomendaciones de uso generalizado. Hay que tener presente que el número de presas existentes sin auscultación es, al menos en España, superior al de las presas que faltan por construir.

10. CONCLUSIONES

La auscultación de presas en España se ha desarrollado a lo largo de los años hasta el punto en que hoy existe una tecnología nacional que se está exportando a otros países. La labor realizada ha sido importante, pero aún queda mucho por hacer. Es de desear que la toma de conciencia que se viene observando por parte de los diversos organismos, públicos y privados, responsables de las presas españolas, dé como resultado el máximo rigor y dedicación y, por consiguiente, el máximo nivel de seguridad para la sociedad, que es, en definitiva, quien se beneficia de la infraestructura hidráulica existente en el país.