

EL TERRENO COMO CONDICIONANTE DE LA SEGURIDAD EN LA PRESA

Dr. Ing. C. C. P. M. GOMEZ DE PABLOS

1. CONSIDERACIONES PREVIAS

El terreno que, en general, es un condicionante para la ejecución de todo tipo de obras cobra una importancia singular en el caso de las presas.

Y ello es así porque incide de forma decisiva en dos aspectos fundamentales: la seguridad y la economía de la obra.

De las estadísticas sobre las causas que han determinado la rotura de las presas, se deduce que una elevada proporción de los desastres registrados procede de fallos del terreno.

En cuanto al aspecto económico puede afirmarse que el no conocer suficientemente las características del terreno puede provocar retrasos importantes en la ejecución de la obra o dar lugar a cambios sustanciales en el proyecto inicial. Todo ello, como es natural, dará como resultado un aumento considerable en el costo final de la obra.

La influencia relativa del terreno sobre la seguridad de las presas creemos que aumentará notablemente por las siguientes causas:

a) Porque hasta la fecha se han utilizado, en general, los emplazamientos más favorables desde un punto de vista geotécnico.

b) Porque, tanto en la técnica de fabricación y puesta en obra de hormigones como en la construcción de presas de materiales sueltos, se ha avanzado de forma extraordinaria. Actualmente los métodos para selección de materiales, fabricación, compactación, control de calidad, etcétera están lo suficientemente avanzados como para afirmar que los cierres artificiales (es decir, las presas) ofrecen garantía suficiente.

Nos encontramos, por consiguiente, ante la situación de tener que utilizar emplazamientos de peores características geotécnicas y con unos avances técnicos que nos ofrecen una elevada garantía sobre las características de la obra artificial.

Es indudable que ello requiere una reconsideración constante de los conceptos que nos permitan tener el mejor conocimiento sobre el comportamiento previsible del terreno.

Debe, por otra parte, admitirse que las investigaciones del terreno por muy importantes que sean nunca permitirán conocer sus características de forma tan completa como en el caso de una obra artificial.

2. LOS EMBALSES

Creemos que los embalses constituyen pieza fundamental en el desarrollo de la política hidráulica de un país, y su importancia es mayor, si cabe, en España debido al régimen enormemente irregular de nuestros ríos.

Es bien sabido que un embalse está constituido por la cerrada y el vaso.

Al considerar el conjunto cerrada-vaso hay que tener en cuenta los condicionantes debidos al terreno. Estos pueden agruparse en tres aspectos fundamentales:

- Resistencia.
- Estabilidad.
- Permeabilidad.

Respecto al primero, es necesario conocer las cargas de hundimiento del terreno o aquellas que sobrepasadas producen la desorganización total de la estructura y que vienen prefiguradas, en forma general, por la naturaleza del terreno y su distribución en profundidad. Intimamente ligado con este aspecto están los módulos de deformación del terreno que deben imponer unos asientos cuya compatibilidad con la estructura hay que examinar detenidamente. También en relación con este tema de la resistencia deben considerarse todos aquellos accidentes del terreno activos o no, cuyas capacidades resistentes pueden venir afectadas por el tipo de la estructura e incluso activarse con el agua embalsada.

Por lo que se refiere a la estabilidad hay que considerar que, en general, la presa ha de embutirse en las laderas, en valles que las sobrepasan. Los movimientos de estos valles producidos bien naturalmente o como consecuencia de la carga general impuesta en la zona al crearse el embalse pueden provocar deslizamientos, tanto en la zona cercana a la presa como en el vaso dando lugar a corrimientos de laderas que incluso pueden provocar perturbaciones muy importantes. Recuérdese a este respecto lo ocurrido en la presa de Vajont.

No debe olvidarse tampoco a este respecto el proceso erosivo que con el paso del tiempo sufre cualquier zona afectada por obras del hombre y por la propia naturaleza.

En cuanto a la permeabilidad es necesario recordar que la presa tiene como función fundamental contener y retener el agua para poder regular unos caudales. Por tanto, el terreno debe ser impermeable desde la panorámica técnico-económica adoptada.

3. EL CONOCIMIENTO DEL TERRENO

A la vista de lo expuesto anteriormente, se comprende que es necesario tener cada vez un mejor conocimiento de las características generales del terreno bajo todos los aspectos que nos interesan.

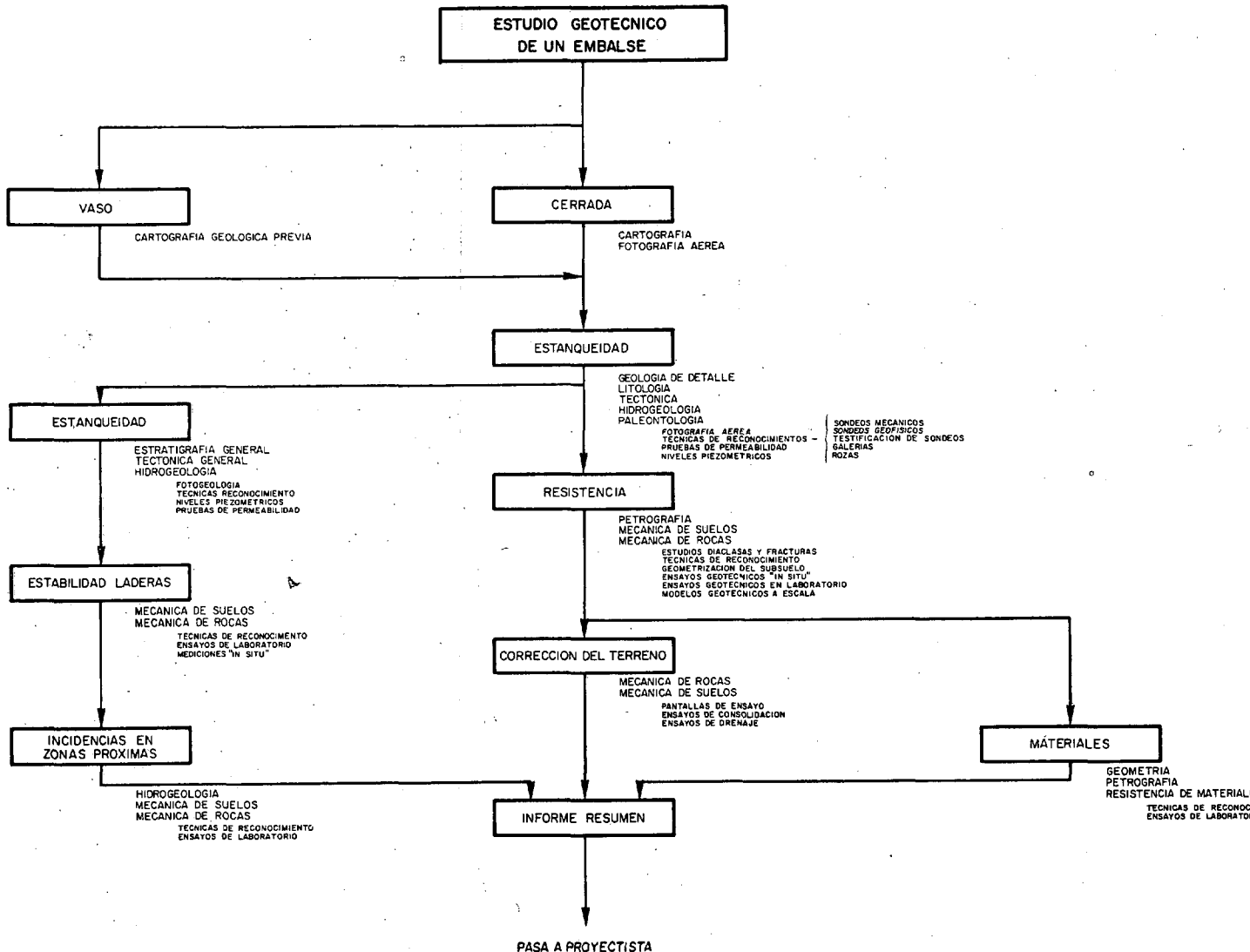
Pero no debe quedarse este conocimiento en una serie de consideraciones generales, sino que es preciso descender a las particularidades precisas del área de construcción futura y dar unas conclusiones prácticas sobre la misma.

Para este mejor conocimiento de las características del terreno, es preciso establecer la oportuna sistemática

con la utilización de las técnicas necesarias del campo, laboratorio y gabinete.

Empezando con una visión de conjunto del problema, remontándose a una geología amplia y de tipo regional, es necesario descender al conocimiento preciso y detallado de los accidentes del terreno que afectan a la zona donde debe emplazarse la obra.

En la figura siguiente se representa en un cuadro la sistemática que el Servicio Geológico de Obras Públicas, de la Dirección General de Obras Hidráulicas, utiliza para el estudio geotécnico de un embalse. En dicho cuadro figuran, en líneas generales, todas las técnicas auxiliares necesarias para llevar a cabo un estudio de esta naturaleza.



4. EL TERRENO Y LA ESTRUCTURA

Debe partirse de la realidad de que el terreno está en su sitio y tiene unas determinadas características. Por consiguiente, la estructura debe ajustarse convenientemente a los condicionantes que imponga el terreno en toda su problemática.

Es decir, en la unidad obra-terreno es el terreno el que determina cómo debe ser la estructura más adecuada para los fines que se persiguen.

Un aspecto a considerar detenidamente es el que se refiere al coeficiente de seguridad de la unidad obra-terreno. Es probable que los criterios que empleamos para juzgar sobre la seguridad de las presas, en particular las de fábrica, no vayan acordes con la realidad ni con el estado actual de los conocimientos.

La excesiva importancia concedida a la Mecánica Elástica en los estudios de Ingeniería de la primera mitad de este siglo, ha determinado una preocupación por conocer el estado tensional de las obras, suponiendo que su continuidad se mantiene. En consecuencia, una de las precauciones para asegurar la estabilidad de una presa de fábrica ha sido exigir que las tensiones a que se supone solicitado el material no sobrepasen una proporción reducida de su carga de rotura.

Frecuentemente, los coeficientes de seguridad que se aplican al hormigón, cuyas características pueden controlarse hasta un grado importante, son superiores a los que se aceptan para el terreno en gran parte desconocido y desde luego más heterogéneo. Esto no deja de ser paradójico.

En presas de hormigón son frecuentes las grietas que rompen el monolitismo de los bloques sin que ello tenga consecuencias indeseables para la estabilidad de la presa que, en general, está cimentada sobre terrenos fracturados por litoclasas, cuyas direcciones no se han podido seleccionar.

En las presas de materiales sueltos pueden admitirse desplazamientos importantes y discontinuidades sin detrimento de su seguridad y cumpliendo perfectamente la misión prevista.

Pudiera pensarse en revisar el concepto de seguridad de la unidad obra-terreno teniendo en cuenta:

- a) Los movimientos de la presa y el terreno deben ir acordes con las hipótesis previstas.
- b) La posibilidad de rotura de la presa, en caso de producirse solicitaciones extraordinarias o reducción de las características resistentes de los materiales, debe ser muy remota.

c) Las condiciones de seguridad de la presa deben referirse no solo a la época de su terminación, sino que deben mantenerse a lo largo de toda su vida útil, cuidando que los gastos de conservación no sobrepasen un cierto límite.

En particular, debe buscarse que la unidad obra-terreno reparta las cargas en paralelo, es decir, hacer que el conjunto trabaje como un "cable", de forma que si falla un elemento los demás puedan absorber su falta, en lugar de hacerlo trabajar como una "cadena", en cuyo caso la rotura de un elemento acarrea la ruina del conjunto.

La técnica moderna apunta por esto, cada vez más, el establecimiento de modelos geomecánicos para estudiar las deformaciones, incluso hasta rotura.

Es evidente también que debe potenciarse al máximo la experiencia y capacidad intuitiva del proyectista.

5. PLANIFICACION EN LOS ESTUDIOS

España cuenta actualmente con unas 510 presas construidas con unos 35 000 millones de metros cúbicos de embalse.

Teniendo en cuenta los criterios convencionales de regulación calculamos que podrán construirse aún unas 500 presas que permitirán embalsar otros 30 000 millones de metros cúbicos. De éstas hay actualmente en construcción 80 presas.

En las cifras anteriores no hemos tenido en cuenta las posibilidades que pueden abrirse ante nosotros aplicando las técnicas de grandes bombeos.

Por lo general, como hemos indicado anteriormente, se han construido las presas en aquellos sitios que presentaban menores problemas geotécnicos, por lo que los nuevos embalses requieren estudios cada vez más detallados.

Es necesario que estos estudios fundamentales y necesariamente largos se hagan con antelación suficiente para que no se produzca el menor retraso en los planes del desarrollo hidráulico del futuro.

Todo ello obliga a planificar convenientemente este aspecto de los estudios.

Hay que tener en cuenta, asimismo, que los estudios pueden hacerse con la anticipación que se desee, porque el terreno permanece. Por otra parte, su costo es reducido en comparación con la inversión de la obra.

Consciente de esta situación, la Dirección General de Obras Hidráulicas ha encomendado al Servicio Geológico de Obras Públicas la elaboración de un *Plan Nacional de Reconocimiento de Embalses*, que tiene por objetivo co-

nocer las características geotécnicas fundamentales de todos los embalses que quedan por construir en nuestro país.

Desde muy antiguo las normas españolas en materia de presas han concedido una importancia primordial al estudio de las características del terreno.

Podemos citar a este respecto la *instrucción para redactar los proyectos de pantanos* promulgada en 1903 por la Comisión Central de Trabajos Hidráulicos.

En el capítulo III de esta Instrucción se abordan los siguientes temas:

- Estudio Mineralógico y Geológico de los terrenos del vaso.
- Impermeabilidad del vaso.

— Sondeos.

— Cimiento y empotramiento.

Si pensamos que esta Instrucción fue redaptada hace cerca de setenta años sorprende comprobar la visión que ya entonces se tenía sobre la importancia de la cimentación de las presas y la problemática que debía abarcar su estudio.

En nuestro país está vigente la *instrucción para proyecto, construcción y explotación de grandes presas* promulgada por la Dirección General de Obras Hidráulicas.

En esta Instrucción hay 8 artículos referentes todos ellos a problemas del terreno y de la cimentación de la presa indicando la forma más conveniente de estudiarlos y las medidas que deben adoptarse en cada caso y en cada tipo de presa.