

LAS GRANDES PRESAS EN EL DESARROLLO DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS. LA EXPERIENCIA ESPAÑOLA

Por JOSE TORAN

Doctor ingeniero de C., C. y P.
Presidente del Comité Nacional
Español de Grandes Presas,
Presidente honorario de la Comisión
Internacional de Grandes Presas.

J. ALBERTO HERRERAS

Doctor ingeniero de C., C. y P.
Secretario técnico del Comité
Nacional Español de Grandes Presas.
Director de la División de Hidráulica
de EYSER, S. A.

El presente trabajo se divide en dos partes bien diferenciadas; en la primera de ellas (párrafos 2, 3 y 4) se analizan las causas que necesariamente implican en España la inclusión, prácticamente constante, de la obra "presa" en los esquemas existentes de aprovechamiento de recursos hidráulicos, la evolución de la demanda, por una parte, y de las presas, por otra, así como las previsiones actuales en relación con ambos aspectos; en la segunda parte (párrafos 5 y 6) se examinan las características específicas de esta clase de obras en España, así como el desarrollo de su tipología y las tendencias actuales. Se hará evidente, a lo largo de las páginas que siguen, la enorme experiencia que, en su intento de domar a la Naturaleza, han acumulado los técnicos españoles sobre este tema que, obviamente, se puede aprovechar por otros pueblos colocados hoy en circunstancias análogas.

1. CONDICIONANTES HIDROLOGICOS

Debe destacarse, en primer lugar, que el territorio peninsular de España, considerado conjuntamente, no es un país seco ya que la escorrentía anual media total (superficial y subterránea) se ha estimado, recientemente (*), en 110.000 Hm³, lo cual supone una media, para su extensión aproximada de 500.000 Km², de 220 mm, muy semejante a la europea y a la mundial. Estos recursos hidráulicos significan una dotación anual actual de 3.150 m³ para cada uno de los 35 millones de habitantes, que se reduciría, a principios del próximo siglo, a 2.100 m³ para la población estimada de 52 millones.

Es evidente que las cifras citadas serían suficientes, por el momento, en el caso de que las escorrentías mencionadas se produjeran adecuadamente, en el espacio y en el tiempo, con relación a la demanda; la realidad, sin embargo, es que, por una parte, un tercio de las aportaciones se producen sobre la zona Norte, que tiene solamente el 11 por 100 de la superficie total (**), y, por otra, que la

Irregularidad temporal es tal que la relación entre la aportación media y la de un año seco es superior a tres. Esta última cifra, con ser bastante explicativa de la realidad interanual, no refleja la irregularidad estacional de los ríos españoles, en muchos de los cuales no es raro que el 70 por 100 de la aportación anual se produzca durante unos pocos, e incluso uno sólo, de los episodios de avenidas.

Puede resumirse la realidad hidrográfica de España, por cuanto a las aportaciones se refiere, en los tres condicionantes siguientes:

- Irregularidad en la distribución espacial.
- Irregularidad temporal, tanto estacional como interanual.
- Ocurrencia de avenidas con caudales punta enormes en relación con los medios.

En relación con la primera característica no existe otra solución que los trasvases entre cuencas —tema que, si bien tiene gran actualidad en el país, no es tratada en este trabajo—, mientras que para remediar la irregularidad en el tiempo ha sido, es y será preciso acudir a los embalses y, en definitiva, a la construcción de presas; el

(*) J. M. Martín Mendiluce y R. Heras: "Criterios y experiencias de la regulación de los ríos". Madrid, 1976.

(**) La figura 1 proporciona una idea global de la distribución de las escorrentías en las cuencas de los ríos más importantes del país.

tercer condicionamiento impone, como después se verá, características especiales a los sistemas de desagüe de aquéllas.

2. MARCO FISIOGRAFICO

La morfología de la Península Ibérica, descrita a grandes trazos como es obligado dada la extensión disponible y contemplada desde el punto de vista que a efectos de la implantación de embalses interesa, puede definirse de la siguiente forma esquemática:

En primer lugar, existe un conjunto de cadenas montañosas de alineación Norte-Sur, aproximadamente, que la dividen en dos vertientes —atlántica y mediterránea—, que dan lugar a dos modelos fluviales completamente diferentes. El emplazamiento orientalizado de la divisoria hace que los ríos de la vertiente atlántica sean más largos, mientras que el predominio de las rocas antiguas y metamórficas en esta zona implica una mayor impermeabilidad que, además de aumentar la escorrentía superficial, afecta favorablemente a la instalación de presas y embalses. Las vertientes levantinas son, por el contrario, mucho más cortas de longitud, reducidas de pluviometría y, además, de deposición más moderna, de forma que los cauces de los ríos son pobres y espasmódicos, a lo que es preciso unir una fuerte infiltración; esta zona está en su mayor parte dominada por terrenos calizos donde es frecuente que se presenten cerradas impresionantes muy localizadas, pero con problemas de permeabilidad que muchas veces se extienden también al vaso.

En la vertiente atlántica destaca la existencia de una alliplanicie central, a la cota 700 aproximadamente, separada del mar Cantábrico, en el Norte, por una cordillera litoral, cuyas cimas superan ampliamente los 2.000 m, emplazada muy cerca de la costa, por lo que sus cauces tienen grandes pendientes, de forma que, si bien se pueden equipar con centrales, no es frecuente encontrar emplazamientos adecuados para localizar grandes embalses de regulación, a pesar de que, como ya se ha dicho, es precisamente en esta reducida zona en la que se produce el 30 por 100 de la escorrentía total del país. En el oeste y noroeste de la Península se sitúa el Paleozoico español, muy arrasado, por lo que la alliplanicie se enlaza con él mediante un brusco salto a través de profundos cañones, tanto menos espectaculares cuanto más al sur, excavados en los terrenos primarios, donde es posible encontrar cerradas impresionantes con muy buenas condiciones geológicas; las situadas a la entrada de estos cañones permiten crear grandes embalses de regulación y las restantes aprovechar los desniveles para instalar centrales hidroeléctricas, de gran potencia, que turbinan caudales regulados por los embalses de aguas arriba. En la zona sur de esta vertiente la transmisión de la alliplanicie central hacia la zona litoral, donde se encuentran las vegas más fértiles, es mucho más suave y, además, las escorrentías menores y más irregulares, de forma que es natural y po-

sible el emplazamiento de grandes embalses de regulación para garantizar el suministro a los riegos de las vegas bajas.

En la vertiente mediterránea la situación en la zona norte está condicionada por la existencia de una cordillera, los Pirineos —resultado de los plegamientos alpinos—, que sutura a la Península con Europa y la de la gran depresión central del río Ebro; al igual que en la zona de la cornisa cantábrica existen fuertes desniveles entre ambos accidentes, pero, sin embargo, la longitud que los separa es muy superior, lo cual permite, en unión de la existencia de cadenas subparalelas a los Pirineos, no solamente aprovechar la energía, sino crear embalses de regulación, que se utilizan tanto para el riego de las zonas próximas al Ebro como para garantizar los caudales turbinables. Las zonas Central y Sur de esta vertiente son semejantes, en el aspecto morfológico, a la Sur de la atlántica, si bien conviene añadir que están expuestas a los temporales mediterráneos que producen unas avenidas repentinas, con caudales punta enormemente superiores a los medios.

El breve repaso realizado de la geomorfología del país permite constatar que existen circunstancias naturales, muy favorables a que la propia Naturaleza haya sugerido a la solución "presa", ya que a la abundancia de lugares montañosos, con cerradas espectaculares, se une la irregularidad general de los ríos, que incita, secularmente, a embalsar para regular. En todo caso, la incitación de la Naturaleza se produce solamente cuando se presenta el problema de que los caudales fluyentes no son suficientes para atender a la demanda; conviene, en consecuencia, analizar la evolución de ésta y comprobar el ajuste logrado con los mecanismos de regulación construidos.

3. DEMANDAS, EMBALSES Y REGULACION

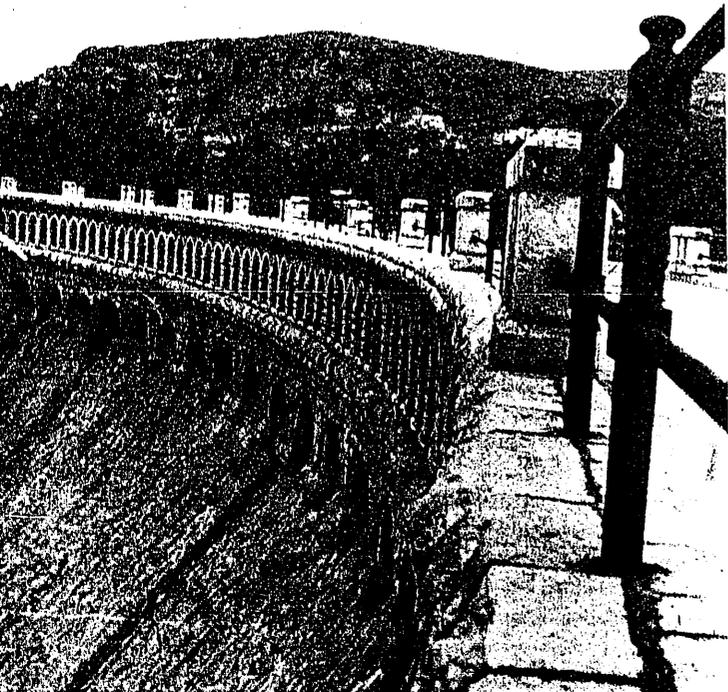
En España, como en todas partes, los problemas de suministro de agua comenzaron por el abastecimiento a los núcleos de población y a las zonas de regadío; la irregularidad de las aportaciones motivó que, incluso para los mínimos valores absolutos que debían significar las necesidades en aquellos lejanos tiempos, ya en el siglo II de nuestra era (presas de Proserpina y Cornalbo) se utilizara la solución "presa" para garantizar los caudales necesarios. Aunque la actividad del riego se practicaba en España ya en la época en que era una provincia del imperio romano, fueron los árabes quienes realmente introdujeron la técnica depurada del regadío, en las zonas levantina y andaluza especialmente, y ya en el siglo XIV existían presas como las de Almansa, Relleu, Tibi y Elche, que procuraban regulación estacional a huertas próximas. En todo caso, la inmensa mayoría de los aprovechamientos, tanto para abastecimiento como para riegos, que eran las únicas demandas consuntivas, se alimentaban a partir de aguas subterráneas, fuentes y pozos, dotadas de regulación natural, por lo que la incitación que hemos prefijado como necesaria no se producía más que esporádicamente. Solamente cuan-

lado actualmente para la producción de energía eléctrica es de 22.000 Hm³ por año, cifra de la que se deduce que el total regulado por los 727 embalses españoles es de 42.000 Hm³ por año para 41.000 Hm³ de capacidad (*), contando con una aportación media de 106.000 Hm³. Naturalmente que la demanda de los usos actuales ha de aumentar en el futuro, como consecuencia lógica del desarrollo, y las cifras previstas para final de siglo son de unas demandas para usos consuntivos de 40.000 Hm³, con un incremento del 100 por 100 sobre el actual, para suministrar las cuales se tiene previsto aumentar en 30.000 hectómetros cúbicos la capacidad de embalse; es evidente, sin embargo, que la relación volumen de embalse/volumen regulado no será para el futuro tan favorable como ha sido hasta ahora y que con esos 30.000 Hm³ nuevos no se conseguirá regular más de 15.000 Hm³ anuales.

Para conseguir esos volúmenes adicionales de embalse y regulación se tienen previstas casi 400 nuevas presas. Naturalmente, la cifra anterior no significa que ese sea el número máximo de presas que será preciso construir, ya que, independientemente de que se necesitarán otras muchas para fines hidroeléctricos puros y como estructuras

(*) Prácticamente resulta un metro cúbico de agua regulada por cada metro cúbico de embalse.

Presa del Chorro.



de derivación, resulta que hoy día existen ya algunos usos, y se vislumbran muchos más, que no han sido considerados apenas en el próximo pasado y que exigirán la instalación de embalses adicionales; entre tales usos se pueden destacar los siguientes:

- Esquemas de bombeo puro, al objeto de almacenar el agua (del río o del mar) a más alta cota, absorbiendo la energía producida en las centrales térmicas en horas de valle para turbinar en las horas punta.
- Asociación de aprovechamientos energéticos termoneucleares con esquemas hidroeléctricos, clásicos o de bombeo, para mejorar el balance total de energía de un tramo hidráulico.
- Refrigeración de las centrales nucleares.
- Explotación periférica y superficial del embalse con fines deportivos y/o de ocio.
- Aprovechamiento superficial del embalse para el cultivo hidrobioquímico.
- Regulación de caudales para mantener los ecosistemas existentes o restituir los ya degradados.
- Control y laminación de avenidas.
- Cierre de estuarios.

Teniendo en cuenta la cifra citada anteriormente, las nuevas demandas descritas y que las presas son un ente vivo que envejece, e incluso muere, obligando a restituir con otra su función, se ha estimado que en los próximos veinticinco años será preciso proyectar y construir, al menos, tantas presas como las que ya existen actualmente.

4. SOLUCIONES UTILIZADAS. EXPERIENCIA ADQUIRIDA

a) Características generales.

Se pretende, en las páginas que siguen, relatar brevemente cuáles han sido las razones que han guiado en cada momento y en cada región la elección del tipo de presa más adecuado, así como resumir las conclusiones alcanzadas a este respecto después de la construcción de más de 700 presas; conviene adelantar en seguida, en relación con dichas conclusiones, la evidencia obtenida de que la selección de alternativas no es solamente función de condicionantes físicos, sino también, y en gran porcentaje, de circunstancias socioeconómicas, propias de cada país y cada momento, que pueden condicionar la solución tanto o más que aquéllos.

Aunque, como puede observarse en la figura 2, en el año 1945 existían en España más de 200 presas, es en dicha fecha cuando comienza el proceso acelerado de construcción —más de una al mes por término medio durante más de treinta años—, y desde el año en que, como

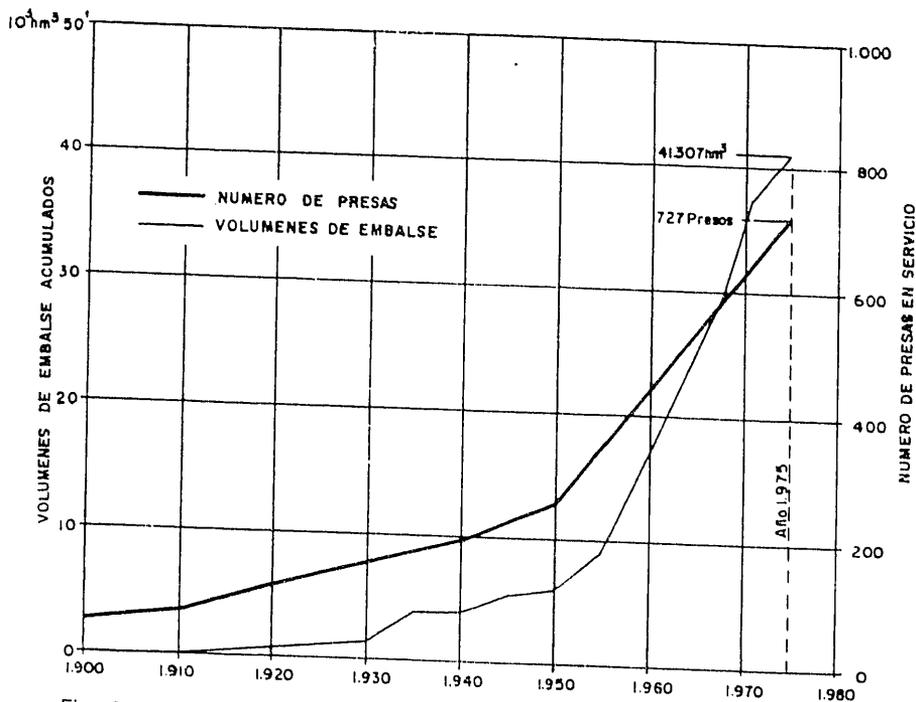


Fig. 2.—Evolución de la capacidad de embalse y del número de presas.

es natural, se han realizado las soluciones más audaces e interesantes; en atención a estas razones, el análisis que se incluye a continuación se refiere, exclusivamente, a lo ocurrido, en esta materia, durante los últimos años.

b) *Tipología. Factores físicos determinantes.*

Al analizar las soluciones más adecuadas para un emplazamiento, es evidente que la primera gran disyuntiva a resolver es la elección entre presa de fábrica o presa de materiales sueltos. Es éste un problema en el que, abstracción hecha de los condicionantes socioeconómicos que se analizan posteriormente, los factores determinantes de la alternativa más conveniente son las condiciones geotécnicas del emplazamiento (*) por una parte y las circunstancias hidráulicas, caudal de avenidas y/o de desvíos, por otra. Recordando la información vertida en los párrafos 2 y 3 anteriores, resultan las siguientes conclusiones, por cuanto se refiere a cada una de las zonas allí definidas y los diferentes tipos de presa utilizados.

1. *Vertiente Atlántica.*—En las zonas Norte y Oeste de esta vertiente se ha declarado la existencia de muy buenas cerradas, sin problemas geológicos ni de permeabilidad, y se puede añadir que la ausencia en los terrenos paleozóicos de materiales impermeables adecuados para núcleos ha propiciado la construcción de presas de fábrica y/o de

escollera (generalmente de granito) con pantalla, casi con unanimidad de hormigón asfáltico, en función de los condicionantes hidráulicos existentes en cada caso; el hecho de que la inmensa mayoría de los aprovechamientos fueran en su día con fines hidroeléctricos y de que las avenidas de proyecto consideradas tengan, en muchas ocasiones, caudales punta superiores a los 10.000 m³/s, ha conducido, lógicamente, a favorecer las soluciones de fábrica: presas-vertedero, con compuertas en los tramos finales de los ríos, y presas de fábrica —gravedad, bóvedas y arco-gravedad—, en los tajos y cañones profundos.

Por cuanto se refiere al resto de esta vertiente —cuencas de los ríos Tajo, Guadiana y Guadalquivir—, las condiciones geotécnicas no son tan rotundas ni en la bondad de los cimientos ni en la dificultad de encontrar materiales impermeables; por otra parte, aunque los caudales de avenidas son también muy importantes, la morfología de las cerradas no impone unos caudales específicos (*) tan enormes, facilitando el problema de la disipación de energía, que era determinante en las zonas Norte y Oeste. En general, ha sido la mayor o menor conflictividad de la cimentación la directriz fundamental que ha condicionado la solución de presa, lo cual permite encontrar en esta zona mayor variedad en la tipología elegida, tanto de las presas como de los aliviaderos. Aunque la energía a disipar no es tan grande, en general, como en los aliviaderos de las presas del Norte y Oeste, el hecho de que las condiciones geológicas de la cimentación sean mucho menos

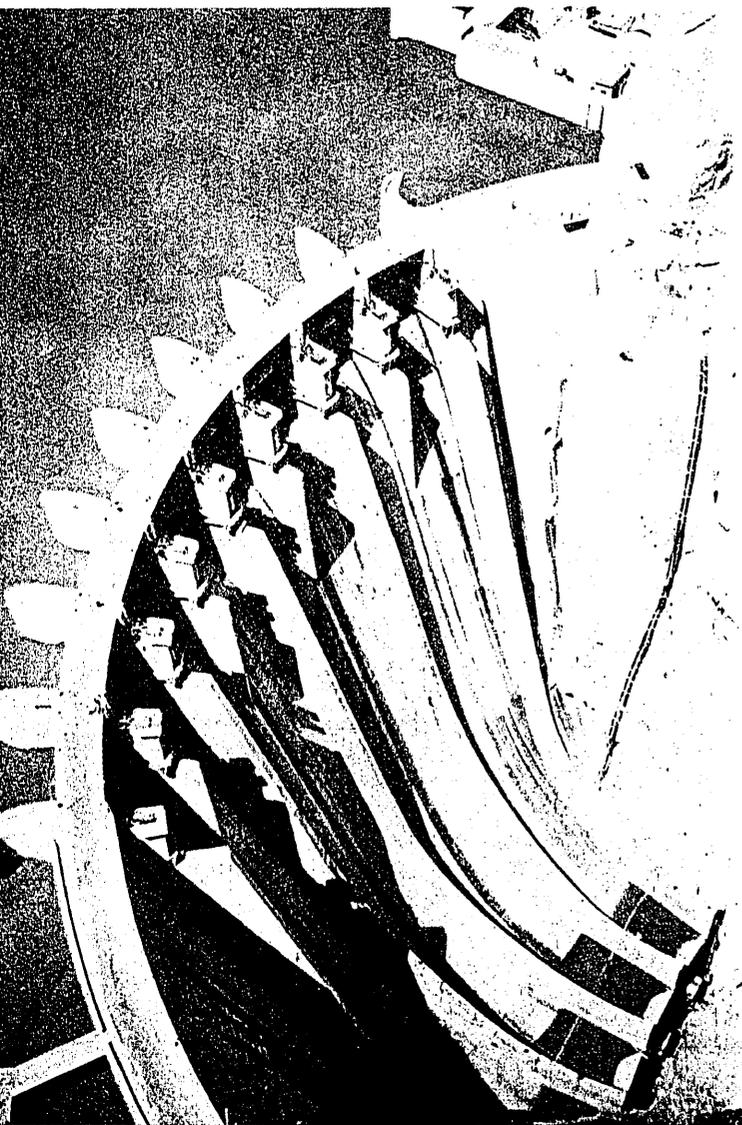
(*) Entendida en sentido lato, es decir, no solamente las condiciones geológicas de la cerrada y el vaso sino la disponibilidad de materiales de construcción.

(*) Caudal máximo vertido por unidad de longitud (m³/s. m.).

favorables ha producido problemas importantes de restitución de caudales.

2. *Vertiente Mediterránea.*—En la zona Norte el aspecto geológico es de mayor variedad, si bien dominan las zonas de terrenos mucho más modernos en los que la morfología de las cerradas, muy amplias en general, en unión de los grandes caudales medios de los ríos, ha conducido a soluciones de presas de gravedad en cuya estructura se integran los aliviaderos, como es tradicional y sin ningún problema, provistos de compuertas o no en función de la influencia de los condicionamientos catastrales y/o de concesión. En esta región, como en el Sur de la vertiente atlántica, es muy posible que gran parte de las grandes presas que quedan por instalarse construyan de materiales sueltos y que, en tal caso, la mayoría de las veces el aliviadero correspondiente sea de canal lateral,

Presa de Aldeadávila.



incluso a través de un collado adjunto, o en túnel, según influyan las magnitudes hidrológicas y la fisiografía específica del emplazamiento.

Por cuanto se refiere a la zona Sur de la vertiente mediterránea, está en su mayor parte dominada por terrenos calizos, en los que, como se dijo, se presentan cerradas imponentes muy localizadas, pero con problemas de impermeabilidad, lo cual ha conducido a todo tipo de soluciones tanto de presas como de aliviaderos; no obstante, es bastante frecuente emplear una solución que consiste en utilizar un aliviadero controlado por compuertas hasta el máximo nivel de explotación y capaz de desaguar una avenida de determinada probabilidad de ocurrencia (*) —superior por supuesto a la de la avenida de proyecto—, y otro de labio fijo, que permite evacuar avenidas con mayor caudal punta que la mencionada.

3. *Conclusiones.*—La gran variedad de tipos utilizados en las diferentes regiones descritas ha permitido extraer las siguientes conclusiones sobre las características comunes a cada una de las alternativas utilizadas.

Presas de gravedad.—Es un tipo de estructura esencialmente apto cuando existen condicionamientos hidráulicos importantes —grandes aliviaderos, desvíos, tomas, etcétera—. La necesidad de que su forma de trabajo sea esencialmente isostática ha producido dificultades de adaptación en las laderas escarpadas, donde obliga a excavaciones que son innecesarias con otros tipos de presa; por esta razón, ha sido muy frecuente la construcción de presas de este tipo con planta curva.

Presas de contrafuerte y/o aligeradas.—Su principal ventaja reside en la disminución del efecto negativo, sobre la estabilidad de la presa, que tienen las subpresiones y consiguiente posibilidad de disminuir el volumen de hormigón necesario; la complicación de los encofrados precisos y la necesidad de disponer de una cimentación muy homogénea ha limitado su empleo, aunque existen realizaciones ciertamente importantes, como es la presa de Alcántara, que con sus 135 m de altura es una estructura impresionante.

Como es bien sabido, su comportamiento hiperestático y su forma de trabajo, fundamentalmente en compresión, hacen de esta estructura la más segura cuando las condiciones geométricas y geomecánicas del macizo permiten su encaje en él. El problema del aliviadero, excepto para caudales relativamente pequeños (**), en que se ha resuelto por vertido directo sobre la propia presa, obliga en la mayor parte de los casos a efectuar canales laterales con trampolín de lanzamiento.

La experiencia española es que su comportamiento es excelente hasta en cimientos en que la rigidez es del orden de la sexta parte de la del hormigón, así como en

(*) Normalmente la avenida de cincuenta años de periodo de retorno.

(**) En España el máximo que se vierte sobre coronación en una bóveda es en la presa de Susqueda (2.800 m³/s).

cerradas en las que la relación cuerda/altura es inferior a seis.

La realización más importante, una de las presas bóvedas mayores del mundo, es la presa de Almendra, de 202 m de altura.

Presas de materiales sueltos.—No existen muchas en España de las que se pudieran llamar "de tierra", debido a que es un país rocoso por excelencia y en el que es relativamente sencillo encontrar escolleras de buena calidad que se han utilizado para presas zonificadas, con núcleo, y para presas con pantalla exterior. Por cuanto se refiere a las primeras, presas con núcleo, se ha constatado la versatilidad de su proyecto, que facilita la utilización de prácticamente todos los productos de la excavación, así como la necesidad de disponer de filtros —bien graduados y con amplitud suficiente para facilitar su construcción—, que minimicen los riesgos de erosión regresiva de los materiales impermeables en el caso, difícil de coquejar, de que se produzca un agrietamiento.

Las presas de pantalla exterior, ya sean de hormigón hidráulico o asfáltico, han demostrado que su mayor virtud, además de que son las de menor volumen de escollera, es la posibilidad que ofrecen de construir todo el espaldón, dejando la construcción de la pantalla para una sola temporada de estiaje. La presa de El Siberio, en las islas Canarias, que tiene 70 m de altura y talud continuo en la pantalla de hormigón asfáltico de 1,6:1, es la última realización de este tipo.

c) Factores socioeconómicos.

Como se ha visto en las páginas anteriores, los factores físicos tienen una gran influencia en la determinación de la tipología de la presa elegida en cada caso; sin embargo, no son los únicos y en muchas ocasiones, en los que no se declaran decisivos, son otros factores de tipo socioeconómico los que acaban determinando la alternativa más adecuada. Así, por ejemplo, en España, desde 1945, se pueden distinguir a este respecto tres períodos bien diferenciados, cada uno de los cuales abarca una decena de años, de acuerdo con el siguiente esquema.

1. *Etapa de 1945 a 1955.*—Tanto los recursos económicos como los medios auxiliares de construcción son bastante escasos; existe en cambio mano de obra, no especializada, barata y muy abundante. Los proyectistas cuentan con una experiencia bien cimentada en el campo de las presas de gravedad y el apoyo de laboratorios hidráulicos muy competentes, que les permiten resolver los graves problemas de disipación de energía; la mayoría de las presas son del tipo de gravedad, pero precisamente el tema de la disipación de energía conduce al desarrollo de las soluciones arco-gravedad, con su primer ensayo que es la presa de San Esteban, de 115 m de altura.

2. *Etapa de 1955 a 1965.*—Tanto los recursos económicos como los medios técnicos han mejorado sensible-

mente respecto al decenio anterior; la mano de obra todavía abunda, pero ya ha alcanzado un cierto grado de especialización.

El desarrollo de la investigación geológica, de los métodos de tratamiento de la cimentación, la posibilidad de comprobar los cálculos en ensayos de modelos clásicos y las características antes mencionadas, unidas a la disposición de buenos equipos mecánicos de fabricación y puesta en obra del hormigón, hacen nacer, con gran fuerza, la generación de presas bóveda, mientras que las de arco-gravedad encuentran su máximo exponente en la maravillosa estructura de Aldeadávila, con sus 140 m de altura.

Todavía no se utilizan las presas de materiales sueltos como alternativa, excepto cuando la cimentación lo imponía, debido a la falta de equipos apropiados de movimiento de tierras y a que, realmente, la época de la escollera compactada, que ha de arrinconar a las presas de escollera vertida, acababa de nacer.

3. *Etapa de 1965 a 1975.*—Se invierte la situación inicial y existe abundancia de recursos económicos y accesibilidad a los equipos de maquinaria más sofisticados, mientras que, por contra, la mano de obra se ha especializado, escasea y, por tanto, es cara.

Se pueden acometer toda clase de soluciones y, en efecto, se construyen estructuras impresionantes de todos los tipos, desde las de Alcántara y Almendra ya citadas de contrafuertes y bóveda, respectivamente, hasta presas de tierra en emplazamientos de gran dificultad (Argos) de escollera con núcleo de 108 m de altura (Arenós) o de escollera con pantalla como El Siberio.

En esta etapa se sigue utilizando la presa de gravedad, pero únicamente cuando lo imponen los condicionamientos hidráulicos; la solución en bóveda está en su máximo apogeo y comienzan a construirse por motivos de rentabilidad económica, y no geotécnicos como antes, las presas de materiales sueltos.

5. TENDENCIAS ACTUALES

La revisión de la situación actual permite hacer la serie de observaciones que se incluyen a continuación sobre las tendencias actuales y vaticinar lo que será el futuro inmediato:

- El ritmo de construcción de presas será, por lo menos, tan intenso como en la época precedente, salvo que se produzcan dislocaciones económicas muy superiores a las que atraviesa la economía nacional en este momento.
- El porcentaje de presas de materiales sueltos construidas será muy superior al de las etapas anteriores; además de disponer de los equipos necesarios y completamente desarrollada la tecnología adecuada, facilitará este proceso el hecho de que las presas que quedan por construir se han de situar, cada

vez más, en ríos menos caudalosos que las actuales y, por lo tanto, en los que los condicionamientos hidráulicos no impondrán la solución en fábrica.

- La elección entre presa de tierra "todo uno" y presa de escollera con núcleo de arcilla se resolverá en función de los materiales disponibles, pero casi siempre a favor de la última, debido al difícil tratamiento que tienen siempre las presiones intersticiales y a que en las de escollera están limitadas al núcleo mientras que en las de tierra se encuentran en todo el terraplén.
- La elección de la posición del núcleo, central o inclinado, dependerá, fundamentalmente, de las con-

diciones climáticas, ya que el inclinado permite, como las presas de pantalla, construir todo el pedraplén de aguas abajo durante la etapa lluviosa y el núcleo y su protección en la temporada de estiaje.

- En las presas de escollera con pantalla se vuelve a la solución de hormigón armado, frente a la de hormigón bituminoso, debido al enorme incremento sufrido por los productos petrolíferos y a que, en definitiva, precisa menos volumen de escollera porque su talud de aguas arriba no está obligado por condicionamientos constructivos.