

# Pasado, presente y previsible futuro de las presas en España

Eugenio Vallarino Cánovas del Castillo



La tradición presística de nuestro país es una de las más antiguas del mundo. En el cuadro 1 hemos resumido la historia estadística de las presas conocidas hasta finales del siglo XIX\*. Dado que se trata de obras históricas, hemos incluido presas de baja altura y azudes, pero para completar la visión, en la última columna se señalan las presas que figuran en el último registro del M.O.P.U., de 1986, según el criterio selectivo en él usado. En otra columna figuran también las presas que se conservan en servicio.

La primera observación es el gran número de presas conocidas (91 contando las dos versiones de la presa de Puentes) y, sobre todo, el alto número de las que se conservan (63). Estas últimas, como es obvio, han sido objeto de reformas y refuerzos en el transcurso del tiempo —de otra forma no podrían haber subsistido—, pero ello no obsta para que el hecho sea notable.

Destacan en la lista las presas romanas y las de los siglos penúltimos; en ambos períodos tan distantes se dan presas de 20 m de altura, y más, como es lógico, en el más reciente. En la Edad Media y pre-Renacimiento las presas fueron de menos altura, más bien de derivación para riegos y otros usos.

Es digno de notar el número de presas romanas (15 en total), que en realidad puede ser superior, puesto que al menos parte de las atribuidas al siglo X parecen tener al menos un origen romano, según opiniones muy autorizadas. Como es sabido, los romanos, que fueron excelentes constructores hidráulicos y de todo tipo, centraron sus obras de uso público en dos objetivos fundamentales: los usos urbanos y las vías de comunicación. Para ellos, los ríos de cierta importancia eran esencialmente vías de navegación, por lo cual no sólo no construyeron presas en éstos, sino que destruyeron las pequeñas obras elementales que podrían estorbar ese objetivo principal. En cambio, construyeron presas o azudes en corrientes menores, para el objetivo urbano: agua potable, que se transportaba a través de acueductos que, con la calzada, han pasado a ser las obras romanas por antonomasia. Las obras hidráulicas urbanas se complementan con los saneamientos (cloacas, desagües). En cambio, no parece que desarrollaran los riegos, al menos en forma sensible.

(\*) Hemos obtenido el cuadro partiendo de los datos del interesante «Catálogo de noventa presas y azudes españoles anteriores a 1900» de J.A. Fernández Ordóñez (C.E.H.O.P.U., 1984), con alguna consulta a otras obras también interesantes que se reseñan en la Bibliografía, y que se recomiendan. Cuando la obra está a caballo entre dos siglos, se adjudica al más antiguo. En algún caso dudoso hemos decidido según nuestro criterio, ya que no se trata más que de una lista informativa.

La ubicación de las presas en corrientes de bajos caudales, unida a la altura moderada y a una buena ejecución, explican la permanencia de esas obras, que no estarían sometidas a crecidas importantes, las cuales, en definitiva, son los elementos más destructores de las presas. El tiempo deteriora los materiales, pero un largo plazo da lugar a una mayor probabilidad de que durante él pueda presentarse una crecida excepcional. Esta razón, además de la mayor antigüedad, es probablemente la que ha hecho que queden sólo vestigios materiales, o sólo referencias históricas de las presas antiguas en Mesopotamia, Egipto y China que, probablemente, estarían sometidas a crecidas de gran magnitud.

Ya hemos hecho notar que en el período intermedio, hasta casi los Borbones, las presas fueron de menor entidad, lo que no quiere decir que no hubiera numerosas obras hidráulicas, principalmente de riegos y usos urbanos o de placer, en las que fueron maestros los árabes, y que continuaron los cristianos.

El período borbónico fue fructífero en presas y obras hidráulicas en general, particularmente con Carlos III, y no sólo en la metrópoli, sino también en América, en donde quedan interesantes obras de ese período. No es nuestro objetivo una profundización en este tema, sino más bien su reseña estadística y crítica, ya que en este mismo número de O.P. otro artículo se dedica al tema por autor más conocedor de la materia.

| CUADRO 1                             |                     |                    |                        |                                   |                 |                         |
|--------------------------------------|---------------------|--------------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|
| Presas y azudes anteriores a 1900*   |                     |                    |                        |                                   |                 |                         |
| Siglo                                | Número total        | Número en servicio | Máxima altura (> 10 m) | Número en el Inventario MOPU 1986 |                 |                         |
| I-II                                 | 10                  | 5                  | 21                     | 2                                 |                 |                         |
| II-V                                 | 5                   | —                  | —                      | 2                                 |                 |                         |
| X                                    | 11                  | 10                 | —                      | —                                 |                 |                         |
| XI                                   | 2                   | 2                  | 11                     | —                                 |                 |                         |
| XIII                                 | 2                   | 1                  | —                      | —                                 |                 |                         |
| XIV                                  | 4                   | 2                  | 15                     | 1                                 |                 |                         |
| XVI                                  | 9                   | 8                  | 46                     | 7                                 |                 |                         |
| XVII                                 | 12                  | 7                  | 32                     | 3                                 |                 |                         |
| XVIII                                | 25                  | 19                 | 49                     | 12                                |                 |                         |
| XIX                                  | 11                  | 9                  | 50                     | 32                                |                 |                         |
| <b>TOTAL</b>                         | <b>91</b>           | <b>63</b>          | <b>—</b>               | <b>59</b>                         |                 |                         |
| Distribución tipológica (aproximada) |                     |                    |                        |                                   |                 |                         |
| Gravedad                             | Grav. contraluertes | Contraluertes      | Aro-gravedad           | Bóveda                            | Tierra-gravedad | Bóvedas y Contraluertes |
| 54                                   | 16                  | 7                  | 5                      | 3                                 | 2               | 4                       |

\* Datos tomados del «Catálogo de 90 presas y azudes españoles», de J.A. Fernández Ordóñez, C.E.H.O.P.U., 1984.

Foto: E. VALLARINO

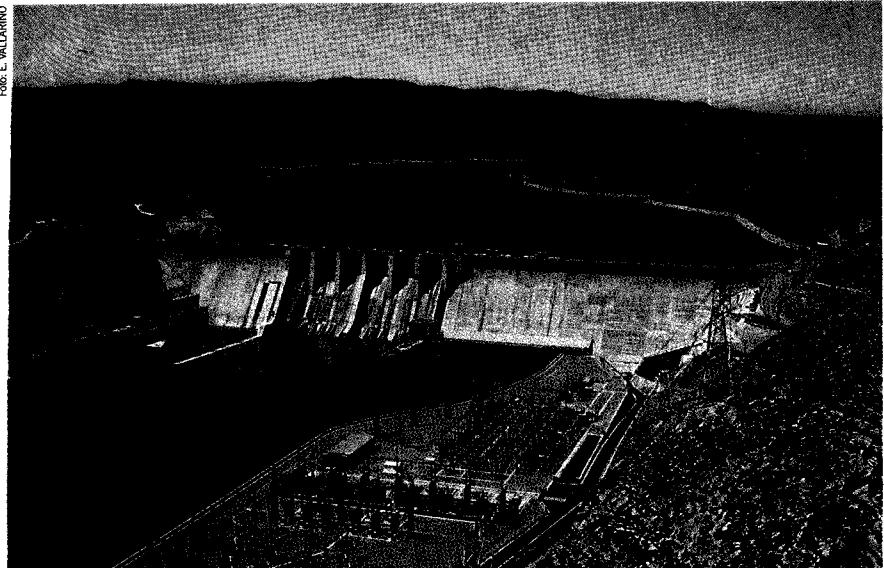


Foto: E. VALLARINO



Figs. 1 y 2. Presa de Mequenza (río Ebro).

En el cuadro 1 se resume también la tipología de las presas (según Fernández Ordóñez), aunque no coincide más que genéricamente con la actual: por ejemplo, los romanos reforzaban con frecuencia con un espaldón de tierras sus fábricas aglomeradas con cementos naturales; también se encuentran bastantes presas de gravedad de distintas épocas con aditamentos de contrafuertes (16), aunque hay 7 de contrafuertes puros, y otras 4 de bóvedas y contrafuertes; 5 pueden definirse como de arco-gravedad, y 3 como bóvedas, aunque alguna de muy pequeña altura. Las restantes, son de gravedad.

En la época carolina, el gran desarrollo fue acompañado de un espíritu innovador que, apoyado en el empirismo, tuvo que pagar su tributo de fracaso en algunas obras: la presa de Puentes (Murcia) fue arrasada por una crecida y produjo más de 600 víctimas; y la de El Gasco (Torrelodones, Madrid), proyectada para nada menos que 93 m de altura, se "autodestruyó" cuando tenía 57 m. Estaba formada por una estructura interna de cajones, cerrados con tabiques relativamente delgados (obsérvese la tendencia al contrafuerte), y el proyectista añadió la funesta ocurrencia de rellenarlos de tierra, con la consecuencia de que las lluvias la entumecieron y la presa se rompió desde dentro.

Por último, son de mencionar, ya en el XIX, las presas del Canal de Isabel II para abastecimiento de agua a Madrid, una de las cuales (El Villar) alcanzó los 50 m de altura. Ya desde mitad de ese siglo el empirismo anterior pudo ser sustituido por cálculos basados en la mecánica y en la resistencia de materiales, ciencias de aplicación desarrolladas gracias a la extraordinaria labor científica y matemática de los siglos XVII y XVIII, en los que vivieron y desplegaron su genial saber las mentes más preclaras, que nos han dejado el fundamento de todas las ciencias y técnicas actuales, entre ellas las que utilizamos para las presas.

**EVOLUCIÓN DE LAS PRESAS EN EL PRESENTE SIGLO**

En el cuadro 2 se resumen las presas construidas y las capacidades totales de embalse desde 1900 a 1990. Hasta 1986 hay un Registro del M.O.P.U., pero para completar la década, que hemos tomado como unidad de tiempo, hemos recabado una información complementaria, que nos ha sido amablemente suministrada por el Área de Vigilancia de Presas. En 1986 había 940 presas registradas, y 75 en construcción, de las cuales se han terminado 12 en el 87, otras 12 en el 88, y se terminarán otras 20 en el presente año. Por el estado en que se encuentra su construcción, es muy probable que en el 90 se concluyan 10, con lo que la cifra de 995 al final de la década tiene un error posible de a lo sumo ± 2, que no influye en los resultados genéricos.

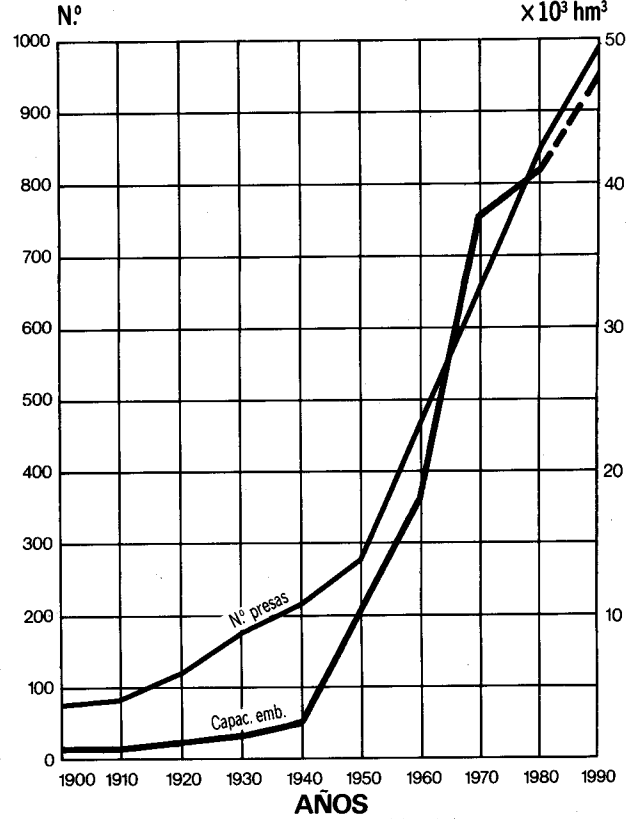


Gráfico 1. Evolución del número de presas y de la capacidad de embalse.

| Año  | Nº presas<br>N   | Embalse<br>hm³        | Construidas en la década <sup>2</sup><br>ΔN | Construidas en la década <sup>2</sup><br>Δhm³ embalse |
|------|------------------|-----------------------|---|---|
| 1900 | 59               | 108                   | —   | —   |
| 10   | 77               | 206                   | 18 (30)                                     | 98 (91)   |
| 20   | 122              | 1.053                 | 45 (58)                                     | 847 (411)   |
| 30   | 168              | 1.746                 | 46 (38)                                     | 693 (66)  |
| 40   | 213              | 4.154                 | 45 (28)                                     | 2.408 (138)   |
| 1950 | 276              | 6.146                 | 63 (30)                                     | 1.992 (49)  |
| 60   | 464              | 17.881                | 188 (68)                                    | 11.735 (191)  |
| 70   | 665              | 37.150                | 201 (43)                                    | 19.269 (108)  |
| 80   | 857              | 42.411                | 192 (29)                                    | 5.261 (14)  |
| 1990 | 994 <sup>3</sup> | ~ 48.000 <sup>3</sup> | 137 <sup>3</sup>                            | ~ 5.589 (13)  |

(1) Datos del Inventario del M.O.P.U. de 1986.  
 (2) Entre paréntesis: % de incremento respecto al comienzo de la década.  
 (3) Estimación muy fiable en número de presas y aproximada en embalse.  
 En 1986 (registro): 940 presas construidas con 44.043 hm³  
 75 presas en construcción con 8.879 hm³



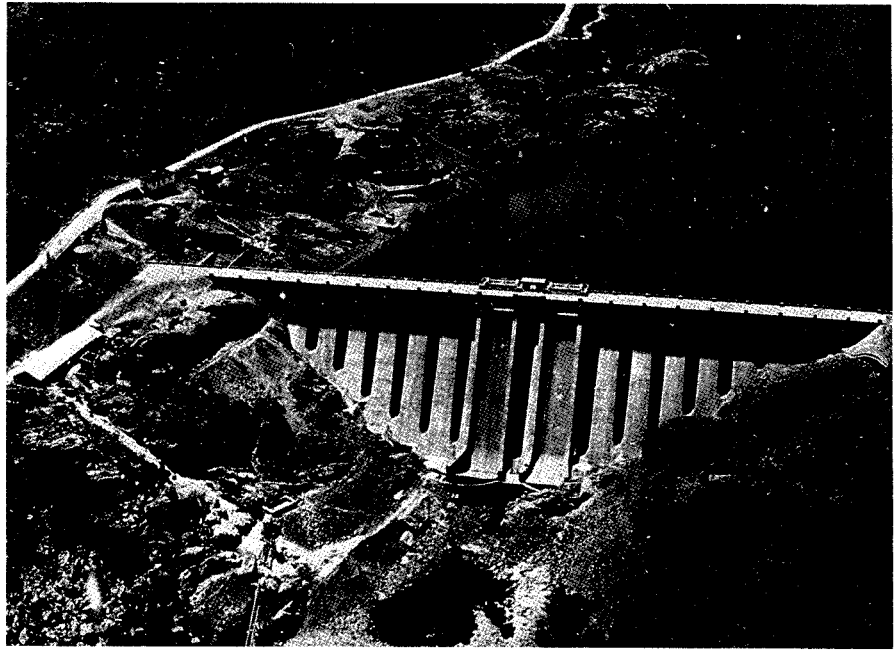


Fig. 3. Presa de San Sebastián (río Bibey).

Se observa un crecimiento continuo, con una flexión en las décadas del 30 al 50, correlativa a los efectos de la Guerra Civil y la segunda Mundial, que en realidad está más concentrada entre 1936 y 1946, y resulta suavizada por la integración en dos décadas.

Entre 1950 y 1980 se acusa un impresionante crecimiento absoluto y relativo, con un total de 581 presas construidas en 30 años (casi 20 al año), que en 1980 representaban el 68 % del total. El máximo se alcanza en la década que termina el 70 (201 presas), y va descendiendo en las dos siguientes, aunque se sigue manteniendo alto en el 80 (192). En la presente década se habrán hecho 137 presas (unas 14 anuales), lo que todavía es una actividad apreciable, pero un 30 % menor que en la treintena anterior.

Esa tendencia descendente responde al conjunto de varias causas: en primer lugar, es natural que después de un período de gran intensidad en una actividad concreta haya una moderación subsiguiente, y más cuando se trata del desarrollo de un recurso natural en el que se produce un lógico sentimiento de relativa suficiencia, aunque luego se vea que no es correcto. Y por otra parte, se ha producido una desviación de la prioridad hacia las vías de transporte terrestre, a juicio del autor —y pese a su lógica "deformación profesional"— justificada. Pero pasadas estas circunstancias, habrá que reconsiderar esta política, como comentaremos después.

Entre 1950 y 1970 se hicieron los embalses de mayor capacidad, pasando la total de 6.146 hm<sup>3</sup> a 37.150 hm<sup>3</sup> (seis veces más). La capacidad en 1986 (último registro oficial) era de 44.043 hm<sup>3</sup>, un 20 % mayor que en 1970. Una buena parte de las presas de ese período tenían como objetivo la producción de energía eléctrica, que se multiplicó por 10 de 1945 a 1970. Por ello, aproximadamente la mitad de la capacidad total es de ese origen. A partir de 1970 la producción de nueva energía hidroeléctrica cayó "en picada", en parte por efecto natural del propio desarrollo conseguido, pero también por decisiones de prioridad de otras fuentes no autóctonas y consuntivas que resultan difíciles de entender y que nos limitamos a consignar, pues no es nuestro objetivo presente.

La capacidad total de los embalses en 1986, que era de 44.043 hm<sup>3</sup>, representa el 41,5% de la aportación anual media de las cuencas peninsulares, que es de 106.000 hm<sup>3</sup>. Si esta regulación estuviera equitativamente repartida, supondría la regulación de los caudales en un año medio, pero el desigual repar-

to regional y local hace que algunas cuencas queden escasas de regulación, sobre todo en años secos, mientras otras disfrutan incluso de una cierta interanualidad. Gracias a la regulación conseguida, aunque sea aún imperfecta, la larga sequía de finales de los 70 a principios de los 80 tuvo consecuencias moderadas o poco apreciables en una parte del territorio nacional, aunque fue dura en algunas zonas rurales y aglomeraciones menores, con dificultades de abastecimiento. Éste es uno de los retos que tenemos pendientes, como ya comentaremos. De todas formas, el contraste con el período 1940-50 ha sido notable: en esa década, con sólo 4.154 hm<sup>3</sup> de embalse a su comienzo, las restricciones de agua fueron habituales, incluso en años normales, y dramáticas en los secos, y afectaron a prácticamente la totalidad del país.

La necesidad de regulación en España es notablemente mayor que en otros países europeos de más al norte. Mientras que la retención de agua por el terreno (regulación natural) es del 34% como media en Europa, en España es sólo del 9%. Por lo tanto, un 25% de la proporción en embalse respecto a la aportación ha de dedicarse a compensar el defecto de regulación natural de nuestros ríos respecto a los europeos. De haber dispuesto de la regulación natural de éstos, nuestro coeficiente de regulación sería equivalente al 67%, que permitiría alcanzar una mayor regularidad interanual, aparte de que se contaría con una base más alta de regulación inicial más igualatoria en todo el territorio. Certo es que entonces quizá no hubiera existido el estímulo para hacer tantos embalses y tan importantes, según el conocido esquema estímulo-reacción de Toynbee.

Mendiluce (1977) estima la capacidad total obtenible en unos 70.000 hm<sup>3</sup>, casi un 60% más de la disponible en 1986, con cuya capacidad se mejoraría notablemente la regulación interanual y quedarían, además, mejor repartidos los beneficios entre cuencas. Las presas en construcción en 1986 suponían un incremento de 8.879 hm<sup>3</sup>, casi una mitad de los cuales estarán en servicio hacia 1990. Actualmente, como parte de los planes hidrológicos, se están haciendo inventarios de las presas posibles en las distintas cuencas, y aunque no se tienen aún resultados globales completos, puede decirse que todavía quedan muchas presas por hacer, de importancia varia, y es muy probable que resulte superado el tope citado, aunque la viabilidad concreta de cada presa y su dimensión definitiva vendrán determinadas por la coyuntura económica general y la utilidad local o regional concreta de cada presa.

## TIPOLOGÍA DE LAS PRESAS ESPAÑOLAS

En el cuadro 3 se clasifican las presas españolas según su altura, a partir de 50 m. Las 214 presas superiores a esa altura representan el 21% de las registradas en 1986. Las 31 presas superiores a 100 m son el 3% del total. La mayoría de las presas son de altura media o baja, como es lógico, pero las proporciones de las medias-altas o altas son similares a las de los países de mayor desarrollo presístico, como se ve en el cuadro 3.

En capacidad de embalse España está muy por encima del resto de Europa occidental, no sólo en conjunto, sino en embalses individuales. Los 3.162 hm<sup>3</sup> del embalse *José María Oriol* (Alcántara, río Tajo) superan con mucha amplitud cualquier otro embalse europeo, y serán pronto superados por los 3.232 hm<sup>3</sup> del embalse de *La Serena* (río Zújar), aunque más bien nominalmente, pues su efectivo llenado será otra cosa. Además, hay seis embalses de entre 1.000 y 2.000 hm<sup>3</sup>, y en total 24 que superan los 500 hm<sup>3</sup>, capacidad superada por muy pocos embalses en Europa.

El cuadro 4 muestra la distribución tipológica de las presas españolas, incluidas las 75 que estaban en construcción en 1986 (34 de ellas ya en servicio en 1980), y se compara con el porcentaje mundial, según el último registro de la I.C.O.L.D. (Comisión Internacional de Grandes Presas), de 1988. Se acusa un fortísimo contraste entre la gran mayoría de las presas de gravedad en España frente a la abrumadora proporción de las presas de materiales sueltos en el mundo. En el conjunto mundial, más de 3 de cada 4 presas son de tierra, y 4 de cada 5 de materiales sueltos, mientras que en España sólo una de cada 8 es de tierra y una de cada 4 de materiales sueltos. En el mundo, sólo una de cada 9 es de gravedad, mientras que en España son 2 de cada 3. Las proporciones de estos dos tipos de presas están casi invertidas. Bien es verdad que si comparamos con el conjunto de Europa, en nuestro continente las presas de gravedad son el 34,5% y las de tierra el 47,8%, lo que sin aproximarse a nuestro reparto, se diferencia menos que el mundial.

Los otros tipos, minoritarios tanto en España como en el mundo, se diferencian menos: se acusa una mayor preferencia española por los contrafuertes (3% frente al 1,4%, incluyendo bóvedas múltiples), trasunto, quizá, de una influencia histórica que ya citamos. Las bóvedas se acercan, superándola, a la media mundial, pero siendo menor que la europea (10,5%), pues es en Europa y en el Japón donde proporcionalmente se han construido más presas arco; una de cada cuatro presas bóvedas está en Europa, en donde una de cada diez presas es de ese tipo.

La preferencia por las presas de gravedad, sin descartar cierta inercia tradicionalista —que comentaremos—, tiene una justificación en el hecho de que las crecidas en nuestros ríos tienen una gran intensidad respecto a los caudales medios, lo cual lleva a

aliviaderos proporcionalmente más importantes respecto a la presa, lo que con una de gravedad se resuelve más económicamente con el vertido sobre ella. Por otra parte, hasta hace relativamente poco, había cerradas disponibles con aceptables condiciones de cimentación, lo que hacía innecesario acudir a los materiales sueltos, que exigían, además, aliviadero aparte.

La evolución de la propia tecnología, por un lado, y la necesidad de construir en cerradas de peores características, por otro, ha llevado a un empleo creciente de los materiales sueltos en las últimas décadas, pero antes de 1960 había muy pocas presas de ese tipo, y de no gran altura. Es también digno de notar que frente a una fortísima desproporción entre las presas de tierra y escollera en el mundo, en España están casi igualadas, probablemente porque las mejores condiciones de cimentación y los materiales disponibles, que antes operaban a favor de las de gravedad, siguen influyendo ahora favoreciendo a la escollera.

Con las bóvedas se ha dado también un cierto efecto de retardo. Hasta 1950 eran contadas. La Administración era reacia a conceder autorizaciones, y alguna de ellas sólo la recibía cuando llevaba varios años en servicio sin problemas (como no tenía por menos que ser).

Tanto en las bóvedas como en las de materiales sueltos, además de operar con fuerza en contra el factor aliviadero (y en las arco también la menor disponibilidad de cerradas aptas), hay que reconocer que ha operado una cierta inercia técnica y, sobre todo, administrativa a favor de la "cómoda" presa de gravedad, que se adaptaba bien, en general, a las cerradas y ríos peninsulares. Pero todo esto es agua pasada, pues desde los años 60, y aún más desde los 70, se han construido, se están construyendo y están proyectadas presas de distintos tipos sin pie forzado alguno, e incluso ingenieros españoles las están construyendo en el exterior. Hasta me atrevería a decir que en algunas presas se observa la que podría llamarse reacción del "converso", pues quizá no respondan al tipo idóneo por un forzado prurito de innovación.

## PANORAMA DE LA CONSTRUCCIÓN DE NUEVAS PRESAS

Como el oficio de profeta es muy arriesgado —véase, si no, la Biblia— nos vamos a ceñir a unos comentarios sobre el futuro, que procuraremos sean lo más objetivos posible, a pesar de lo cual sólo el tiempo los confirmará o no.

Por lógica, el ritmo de construcción no puede ser el mismo de las décadas de desarrollo, pues se parte ya de una base relativamente buena, aunque con defectos de reparto. Sin embargo, queda aún por hacer un gran número de embalses, más bien de capacidad media o moderada, porque los grandes están prácticamente hechos; pero los restantes pueden ser muy útiles precisamente para corregir desigualdades y servir a comunidades menores, y para los usos específicos que vamos a comentar.

El desarrollo hidráulico está padeciendo en la actualidad la elección prioritaria de la mejora y ampliación de las vías terrestres (autovías y ferrocarriles), que drenan la mayor parte de los recursos públicos disponibles. Pero conseguidos los fines más in-

| CUADRO 3   |                  |
|--|------------------|
| Distribución por alturas                                 |                  |
| Altura (m)   | Número de presas |
| >200   | 1                |
| 150-200  | 2                |
| 100-150  | 28               |
| 75-100   | 63               |
| 50-75  | 120              |
| TOTAL  | 214              |
| Posición estadística de las presas españolas en el mundo |                  |
| Altura (m)   | Puesto mundial   |
| > 15   | 5º               |
| > 30   | 4º               |
| > 60   | 3º               |
| > 100  | 3º               |

Fuentes de datos: — España: datos del inventario del M.O.P.U. de 1986 (incluyendo presas en construcción).  
— Mundo: datos del Registro de la I.C.O.L.D. de 1988.

| CUADRO 4                |        |       |        |       |
|-------------------------|--------|-------|--------|-------|
| Distribución tipológica |        |       |        |       |
| Tipo                    | España |       | Mundo  |       |
|                         | Nº     | %     | Nº     | %     |
| Tierra (TE)             | 128    | 12,5  | 28.131 | 77,6  |
| Escollera (ER)          | 116    | 11,3  | 1.843  | 5,1   |
| Gravedad (PG)           | 676    | 65,9  | 4.180  | 11,5  |
| Contrafuertes (CB)      | 26     | 2,7   | 348    | 1,0   |
| Bóveda (VA)             | 54     | 5,3   | 1.592  | 4,4   |
| Bóvedas múltiples (MV)  | 3      | 0,3   | 141    | 0,9   |
| Otros                   | 10     | 2,9   | —      | —     |
| TOTAL                   | 1.015  | 100,0 | 36.235 | 100,0 |



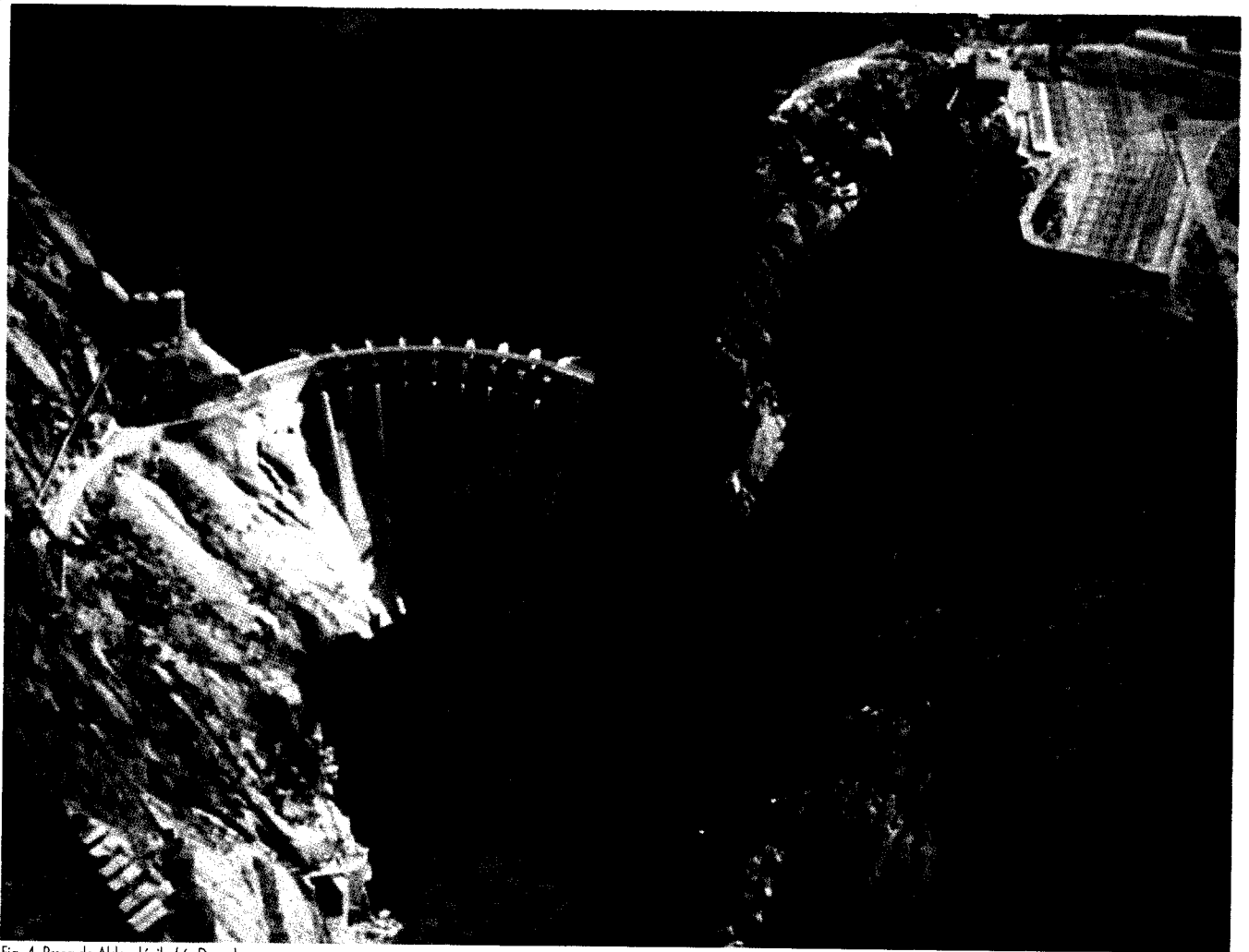


Fig. 4. Presa de Aldeadávila (río Duero).

mediatos (1992), no hay que olvidar que el agua, en su doble y contradictorio aspecto de su escasez y su exceso, es permanente y fundamentalmente básica en nuestro país. Es curioso que con cierta frecuencia gentes de todo tipo pregunten si las obras hidráulicas no pertenecen ya al pasado. Las obras hidráulicas siempre serán presente y futuro, pues el agua, como el pan, y todo lo natural y sencillo, es imprescindible. Y en un país en el que en cortas horas (sólo horas) se pasa sin tránsito de una sequía extrema y preocupante a unas inundaciones trágicas, y en el que se da incluso que las inundaciones coincidan con la prohibición absoluta de riego en otras zonas de la misma cuenca hidrográfica, no es posible decir que en la era de la electrónica y el núcleo atómico la hidráulica es cosa pasada o fruto de una mentalidad faraónica, como se ha llegado a decir, aunque ya parece sobrepasado, por fortuna.

Desgraciadamente, la naturaleza no nos deja olvidar este problema básico. Breve recordatorio de sólo los diez años últimos: sequía de fines de los 70 a principios de los 80, que terminó bruscamente, sin transición, con las inundaciones de Levante y Cataluña de otoño del 83; y el verano siguiente las del País Vasco; y en este mismo anómalo verano del 1989, se han dado todas las anomalías y paradojas antes citadas, incluso en una época tan poco previsible e inhabitual como los primeros días de septiembre.

Por todo ello, pronto las obras hidráulicas en general, y las presas en particular, deberán recuperar la atención que merecen, aunque los usos variarán probablemente respecto a los hasta hace poco predominantes: riego y energía. Los grandes regadíos están realizados en gran parte, y las actuales corrientes co-

merciales cambian el planteamiento de los recursos agrícolas. Se ampliarán los regadíos, pero serán más selectivos, y se buscará más garantizar el suministro de los existentes que la mayor extensión.

Como ya señalamos antes, las centrales hidroeléctricas sufrieron un brusco frenazo muy a principios de los 70, pasando del estímulo oficial al franco olvido, casi hostilidad, volcándose la protección oficial en primar la construcción de centrales térmicas consumidoras de combustibles foráneos, coincidiendo, para mayor contradicción, con la gran crisis del petróleo. En cambio, en los últimos años ha surgido un "boom" de minicentrales, en opinión del autor más aparente que efectivo, en cuanto se analice el valor económico de cada central. Cuando aún podrían producirse unos 20.000 GWh anuales nuevos con centrales de potencia media, éstas se abandonan —sin razonar por qué— para intentar producir cinco o seis veces menos —si es que se llega a producir— en pequeñas centrales mucho menos económicas, forzando a veces una disminución antifuncional de potencia o la subdivisión antieconómica de tramos para poder gozar de las "cómodas" tarifas que exige una potencia límite arbitraria. Con un ejemplo vulgar: se pretende rebañar el plato dejando intacto un sustancioso filete... Pero, en fin, así es. Y a los efectos de nuestro tema, al no hacerse las centrales medias, que son las que requerirían algunas presas, y no siendo necesarias —e incluso opuestas en principio— para las minis, el resultado es que se construirán pocas presas hidroeléctricas; si acaso, para centrales reversibles, cada vez más necesarias, al aumentar la masa de energía térmica y nuclear, sin la modulación de las hidroeléctricas convencionales.

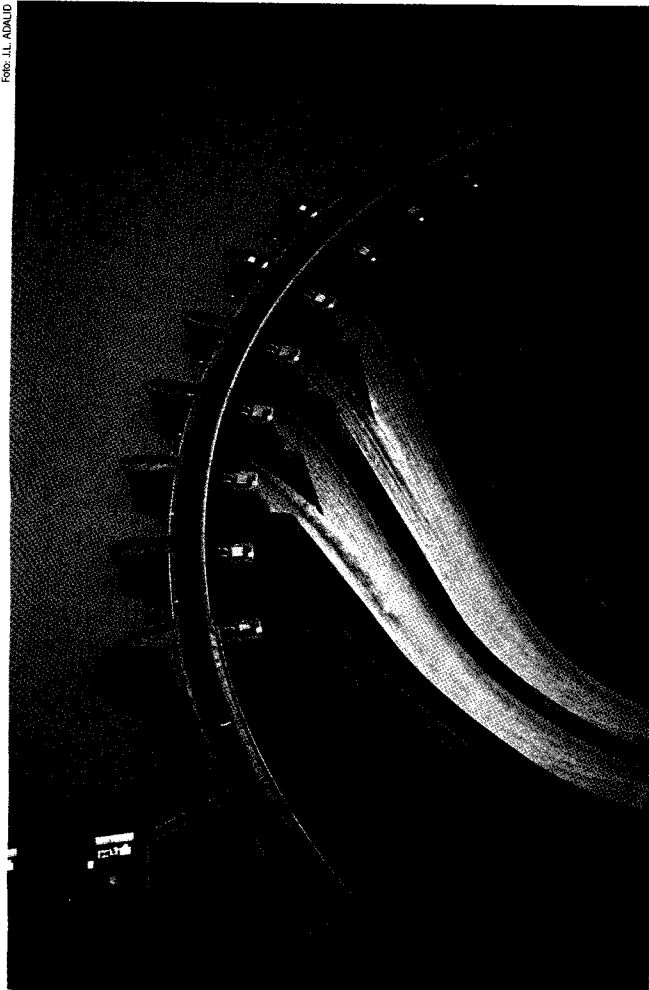


Foto: J.L. ADALID

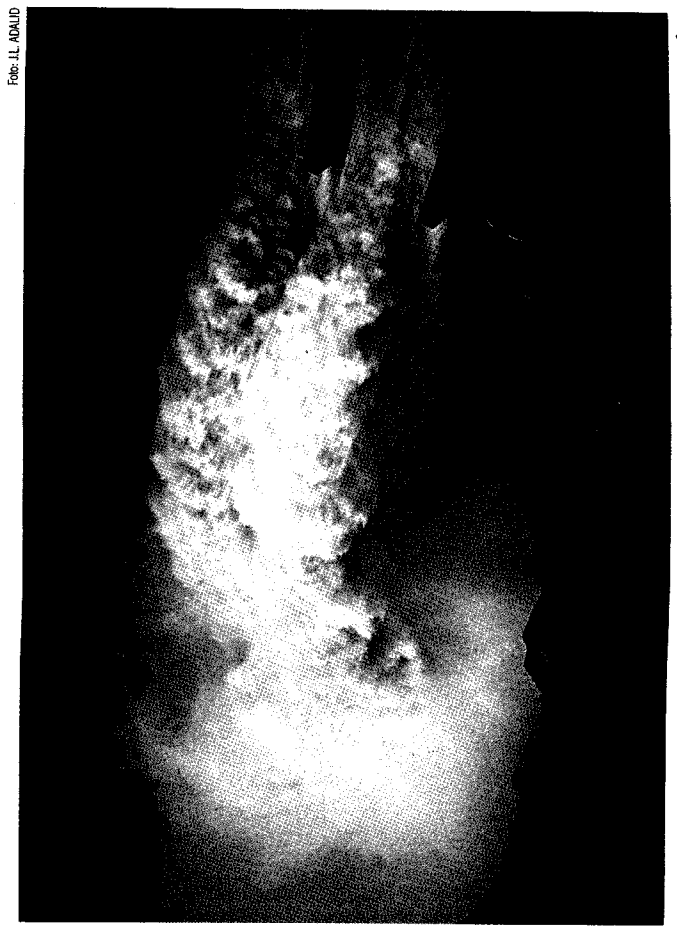
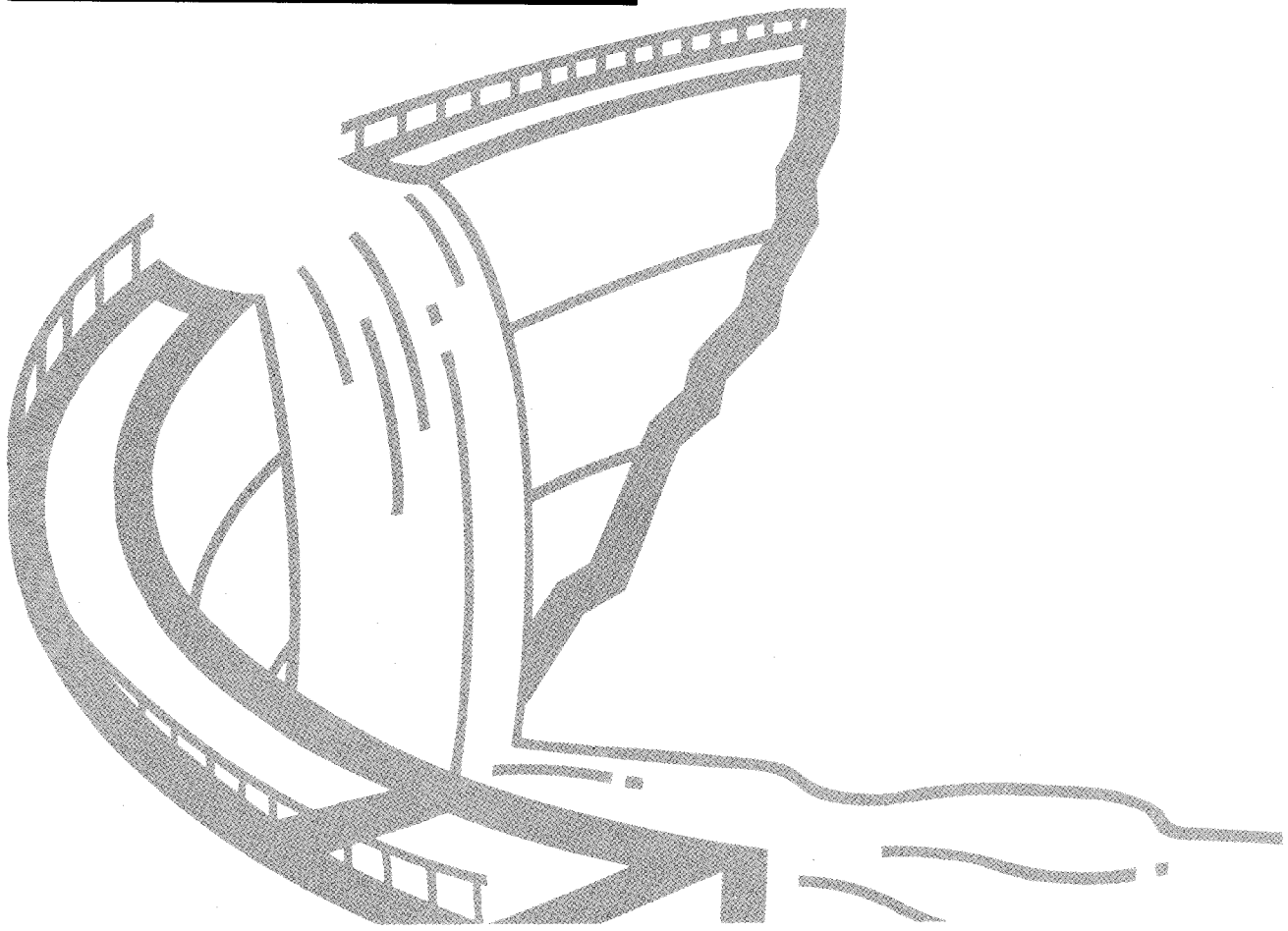


Foto: J.L. ADALID

Figs. 5 y 6. Presa de Aldeadávila (río Duero). Vertido durante una crecida (izquierda). A la derecha, detalle de los trampolines.



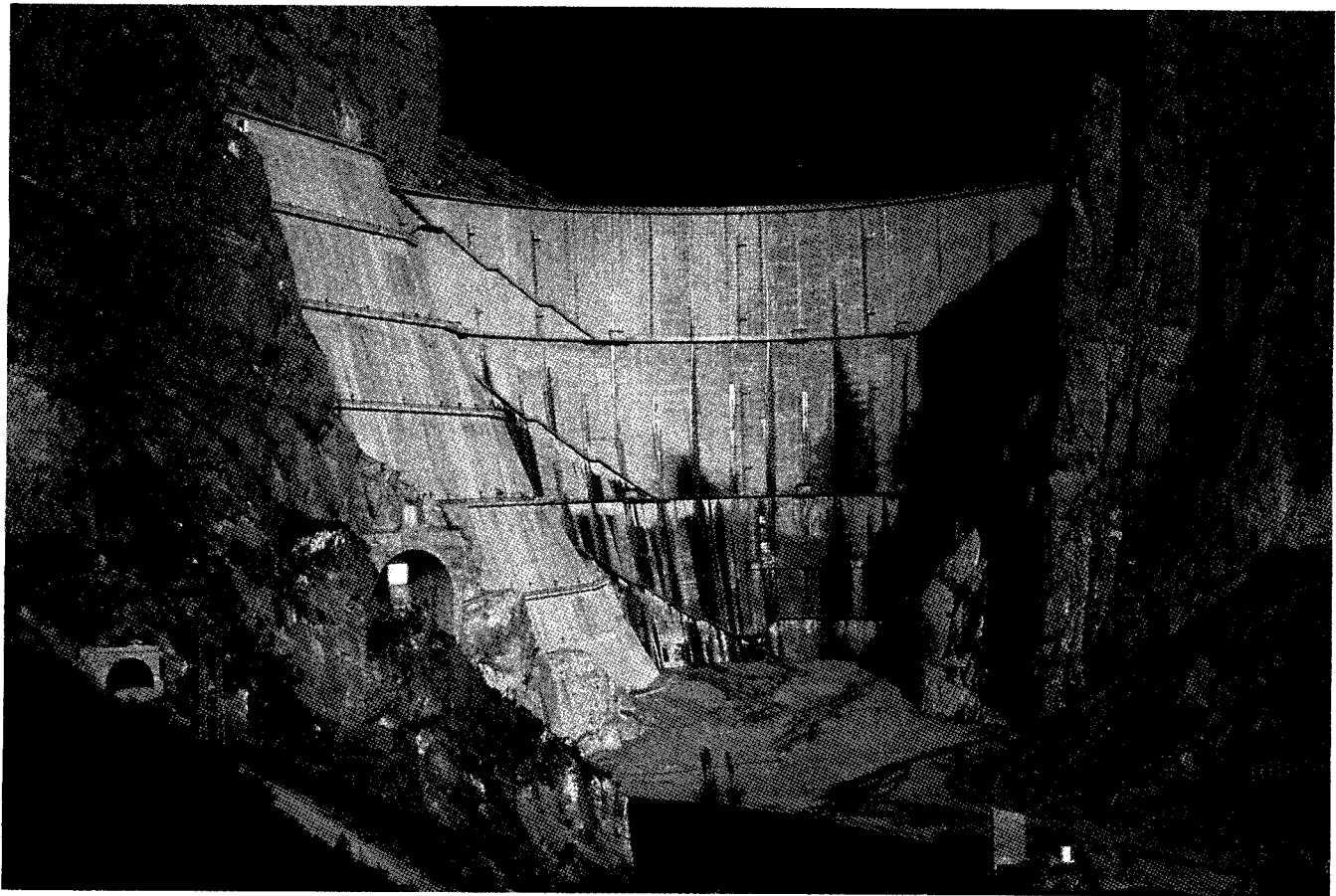


Fig. 7. Presa de Canelles (río Noguera Ribagorzana).

En cambio, dos aspectos darán lugar, previsiblemente, a un desarrollo de las obras hidráulicas: la regulación general y la protección contra avenidas, es decir, la lucha contra los mínimos y los máximos; o más vulgarmente, contra las sequías y las inundaciones.

Para el primer objetivo deberá tratarse de elevar los caudales mínimos y su garantía interanual. Y al propio tiempo, tratar de corregir las desigualdades actuales entre unas zonas más privilegiadas y otras más olvidadas. En particular, habrán de desarrollarse abastecimientos a pueblos y zonas en los que son del todo insuficientes. Por supuesto, sin olvidar algunos grandes centros que necesitan una notable mejora.

La regulación general llevará a construir algunos embalses de capacidad media, o al recrecimiento de algunos existentes, pero fundamentalmente a multitud de presas de menor entidad que regulen cuencas parciales que queden fuera de la influencia de los grandes embalses, bien para abastecimiento o para regulación de avenidas.

Esta última función, considerada hasta ahora como subalterna y complementaria en algunos embalses (margen de capacidad de reserva), deberá adquirir una importancia creciente. Por una parte, quizá asignando un mayor papel a los embalses actuales en la laminación de avenidas, incluso a costa de otros beneficios directos tangibles, o recreciéndolos para ese y otros objetivos. Y también, mediante nuevas presas dedicadas exclusiva o preferentemente a la laminación, ahora casi inexistentes. Para ese uso podrán ser útiles muchas cerradas de permeabilidad dudosa, no aptas para una retención prolongada, pero sí para este tipo de regulación esporádica y breve, en la que tanto da que el caudal salga por los desagües o filtrando por el terreno, pero, al fin, regulado. Presas de modesta envergadura pueden resolver la protección de áreas locales de cultivos y poblados, con o sin otro uso regulador.

La política de laminación de avenidas ha de venir lógicamente complementada con la de ordenación y protección de cauces. La necesidad de una ordenación se hace cada día más acuciante: las edificaciones y usos del suelo van ocupando cada vez más un espacio que "es" del río, y éste se encarga de recordarlo, después de años de "ausencia", exhibiendo el más eficaz documento de propiedad: la ocupación. Complementaria de esta política de ordenación habrá de ser la de construcción de protecciones y nuevos cauces para avenidas, que, en período normal, se pueden utilizar para usos recreativos o zonas verdes inundables.

## EL ENVEJECIMIENTO DE LAS PRESAS

Sin embargo, la actividad constructora de nuevas presas puede llegar a ser igualada, e incluso superada, por la atención que necesitará el gran número de presas en servicio, tanto en su vigilancia como en las reparaciones o refuerzos que requerirán algunas.

En el cuadro 5 se expone el panorama de envejecimiento del sistema de presas existente. Ya se ha dicho que hasta 1990 el número de presas puede considerarse fiable, con una posible variación a lo sumo en  $\pm 2$ , que no afecta a un total de 974. Para obtener algunas consecuencias sobre el futuro, es preciso hacer una extrapolación hasta el año 2010, que ha de ser forzosamente estimativa. En la presente década se espera haber construido 137 presas; aunque acabamos de abogar por una intensificación de la política hidráulica, en general, no parece probable que pueda aumentarse mucho el ritmo de construcción de nuevas presas, pues, como se ha dicho, hay que ocuparse bastante de las existentes y de otras obras de abastecimientos, cauces y de hidráulica subterránea. Por ello supondremos un ritmo de 150 presas

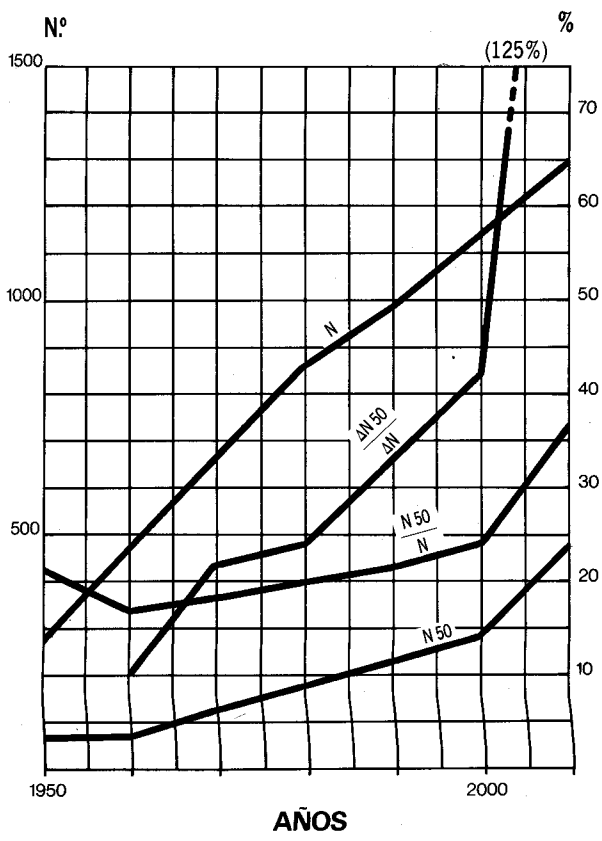


Gráfico 2. Envejecimiento de las presas.

| CUADRO 5                      |       |     |     |      |       |         |            |        |
|-------------------------------|-------|-----|-----|------|-------|---------|------------|--------|
| Envejecimiento de las presas* |       |     |     |      |       |         |            |        |
| Año                           | N     | ΔN  | N50 | ΔN50 | N50/N | ΔN50/ΔN | Edad Media |        |
|                               |       |     |     |      |       |         | de N       | de N50 |
| 1950                          | 276   | 63  | 59  | —    | 21    | —       | 27         | 50     |
| 1960                          | 464   | 188 | 77  | 18   | 17    | 10      | 24         | 59     |
| 1970                          | 665   | 201 | 122 | 45   | 18    | 22      | 25         | 64     |
| 1980                          | 857   | 190 | 168 | 46   | 20    | 24      | 25         | 69     |
| 1990                          | 994   | 137 | 213 | 45   | 21    | 33      | 34         | 74     |
| 2000                          | 1.144 | 150 | 276 | 63   | 24    | 42      | 38         | 77     |
| 2010                          | 1.294 | 150 | 464 | 188  | 36    | 125     | 44         | 74     |

(\*) N=número de presas  
N50=número de presas de más de 50 años  
(1) Las 59 presas anteriores a 1900 se suponen de este año, por simplicidad y porque ya han sufrido reformas y refuerzos.

nuevas en cada una de las décadas posteriores a 1990, ya un 10 % superior al de la actual. En todo caso, los resultados que deseamos obtener son más bien cualitativos, y no van a variar sustancialmente con la hipótesis.

No hay una edad que defina el comienzo del envejecimiento de una presa, pues éste varía con el tipo, la calidad de ejecución y, sobre todo, con el mantenimiento. Una presa debe durar 200 años o más, pero bien mantenida y con eventuales obras de reparación o refuerzo. Se puede suponer que a partir de los 50 años, como media, una presa requerirá atenciones especiales, y esa es la edad que —arbitrariamente— hemos fijado para marcar el umbral del envejecimiento a los fines de nuestra argumentación, que, repetimos, es más bien cualitativa, pero que ha de basarse en unas cifras, aunque sean discutibles.

Admitiendo ese límite paradigmático, en el cuadro 5, derivado del 3, con la extrapolación comentada, se expresan las presas que en cada década lo superan, su proporción respecto al total, los incrementos de presas envejecidas y construidas, y la relación entre estos incrementos. Para completar la visión, se calcula también la edad media del conjunto de presas y de las envejecidas.

Se ve que ya en 1990 (casi hoy) habrá 213 presas con más de 50 años, y con una edad media de 74 años, que se va conservando aproximadamente hasta el 2010. En este año la edad media del patrimonio nacional de presas será de casi 50 años (38 en el 2000 y 33 en 1990).

La proporción de presas envejecidas respecto al total se mantiene casi constante hasta 1990 (1 de cada 5), pero en el 2010 será del 36 % (3 de cada 8). La proporción entre las presas que envejecen y las que se construyen en cada década va ascendiendo, y en 1990 es ya de una presa envejecida por cada tres construidas, pero aumenta con gran rapidez hacia la igualdad, y llega a 5 envejecidas por cada 4 construidas en el 2010. La hipótesis sobre presas nuevas a partir de 1990, aunque discutible, difícilmente será por defecto, y más durante 20 años seguidos, pero aunque fuera algo superior no variaría fundamentalmente las consecuencias cualitativas, que son claras e importantes.

Es obvio que ya, de una manera inmediata, el hecho de tener 213 presas con más de 50 años, y una edad media de 74, representa un problema de observación, conservación y análisis obligado de las condiciones en que se encuentran y del riesgo eventual que pudieran representar algunas. Y como el número absoluto y la proporción van aumentando rápidamente, esa atención y cuidados deberán crecer con ritmo notable, porque dentro de sólo 20 años el número de presas envejecidas será pró-

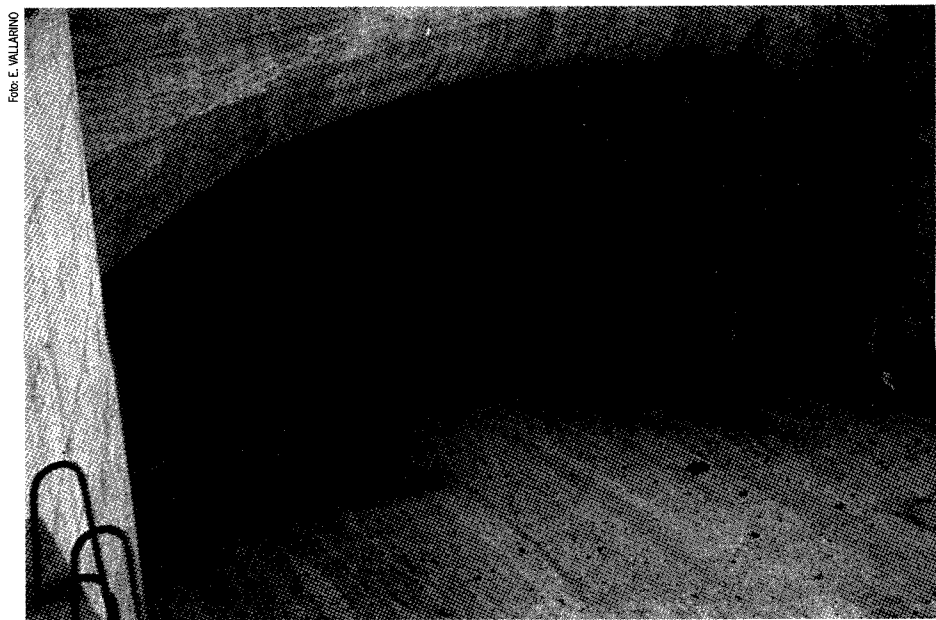


Fig. 8. Presa de Canelles (río Noguera Ribagorzana). Embocadura del aliviadero.







Fig. 9. Embalse de Escales (río Noguera Ribagorzana).

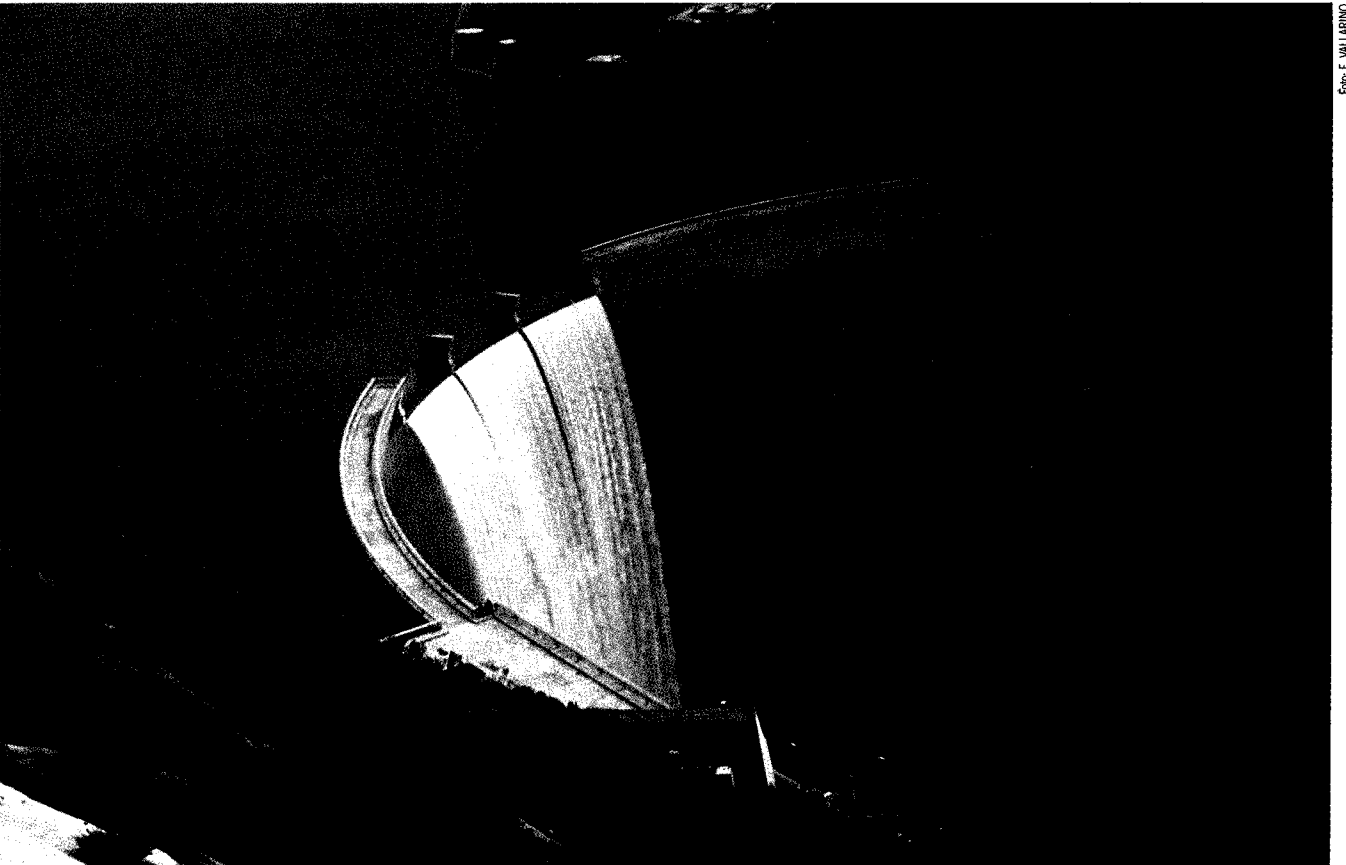


Fig. 10. Presa del Eume (río Eume).

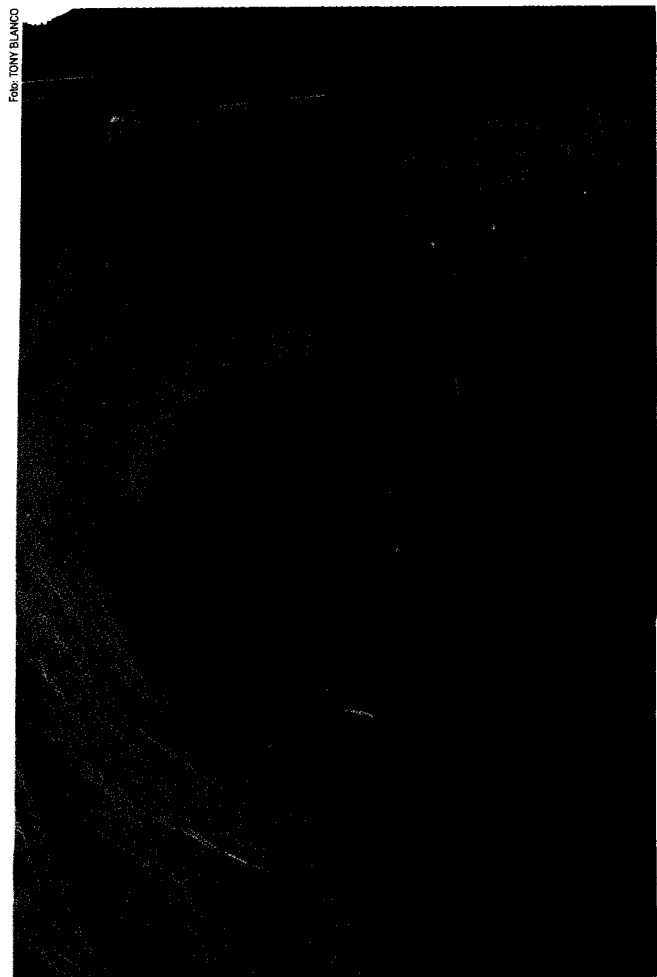


Fig. 11. Presa del Eume (río Eume).

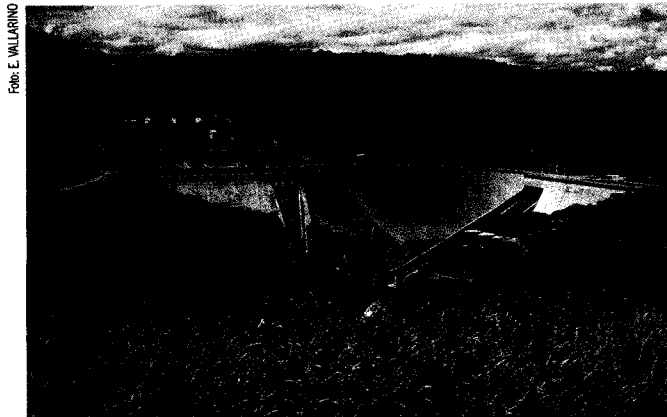


Fig. 12. Presa de Belesar (río Miño).

ximo a 500 (más del doble del actual), y el proceso de envejecimiento va acusándose cada vez más, al ser mayor el número de presas envejecidas que el de las nuevas construidas.

La edad no sólo influye en el deterioro de los materiales, sino en otros dos aspectos importantes: la antigüedad tecnológica y la evolución del cauce. La tecnología de hace 50 años era muy distinta de la actual, por lo que presas que entonces cumplían los requisitos de seguridad, pueden no satisfacerlos ahora. A ello se añade que riesgos que podrían ser aceptables en un cauce aguas abajo muy poco desarrollado y poblado, pueden haber variado sustancialmente en tan largo período. Este cambio podría ser, incluso, favorable si aguas arriba se hubieran construido uno o más embalses laminadores.

En el aliviadero es donde pueden acusarse más todos estos efectos, empezando por el deterioro de los materiales. Pero sobre todo por el mejor conocimiento que ahora tenemos del mecanismo de las crecidas y su tratamiento, a lo que se añade que en esas presas de edad disponemos de un período suplementario de observaciones que no existía al hacer el proyecto, y que puede ser muy importante para cuantificar las crecidas probables.

La vigilancia que se concede a las presas en nuestro país es deficiente, en general, y en algunos casos raya el abandono. Se exceptúan las hidroeléctricas, cuyas grandes compañías propietarias obtienen de ellas recursos directos y saben muy bien que los gastos en su conservación son la mejor seguridad de sus beneficios. Las del Estado y otras administraciones públicas se rigen por otros principios: cuesta obtener los medios financieros para construir las y, cuando se terminan, es difícil que los políticos y gobernantes comprendan que no basta con haberlas hecho, sino que hay que seguir gastando (aunque mucho menos) para conservarlas. Como, además, las presas "aguantan" mu-

cho, los que tienen que otorgar los gastos ven que las presas siguen, aun sin ocuparse de ellas, y deducen que se trata de es-crúpulos perfeccionistas de los ingenieros. De vez en cuando se ve que no es así, pero ya es tarde, y el gasto necesario es mayor, o bien irremediable (en cuyo caso lo más probable es que se culpe al ingeniero por no haber insistido lo suficiente...).

Una gran parte de las presas no tiene vigilancia alguna durante la noche, sólo porque no se dispone de presupuesto para pagarla. Recuerdo el contraste con mi visita tardía a una presa yugoslava, de la que lo primero que vimos en la noche fue un soldado armado que pedía la autorización para pasar. No hay que llegar a tanto: basta un vigilante civil que conozca su oficio y lo cumpla con asiduidad y eficacia.

Desde hace unos años este aspecto ha cambiado, al menos en las presas del Estado, pero debe proseguirse esa mejora y extender la adecuada vigilancia a las pequeñas comunidades.

Se está haciendo ya una revisión de la seguridad de las presas, pero debe completarse con una normativa de clasificación del grado de riesgo de cada una en función de su propia importancia, su tipo, el servicio que tiene encomendado, su grado de seguridad y los posibles efectos aguas abajo. Esto es difícil y discutible, y hasta en Estados Unidos los criterios no son uniformes entre distintos estados y entidades públicas, pero hay que intentar llegar a ello por aproximaciones sucesivas.

En relación con todo esto, va adquiriendo carácter apremiante la reforma de la actual Instrucción de 1967, pues han cambiado mucho las cosas desde entonces. Sólo como ejemplo, en ella se estipula la crecida de 500 años (y sin matizar la diferencia según el tipo de presa), cuando las recurrencias usadas ahora son de miles, y se impone cada vez más la evaluación de la Crecida Máxima Probable y los estudios basados en la Máxima Precipitación Probable y en el Análisis de Riesgos.

La nueva Instrucción está prácticamente redactada desde hace tiempo, pero no acaba de promulgarse, y corre el peligro, si se demora más, de que haya que redactarla de nuevo, por obsoleta. Esta nueva versión es más bien genérica, siguiendo las tendencias actuales, pero este tipo de instrucción requiere unos complementos técnicos —anejos, modelarios, o como quiera llamárseles— que den unas orientaciones sobre el grado de seguridad exigible a unas obras que afectan a cauces públicos, y que, dejando libertad y responsabilidad al proyectista, den unas líneas-guía para lograr una cohesión de criterios en obras en cauces comunes y públicos en proyectos de autores distintos, y eviten pérdidas de tiempo y coste por no existir un criterio conocido de la Administración, y quedar éste al arbitrio de sus empleados.



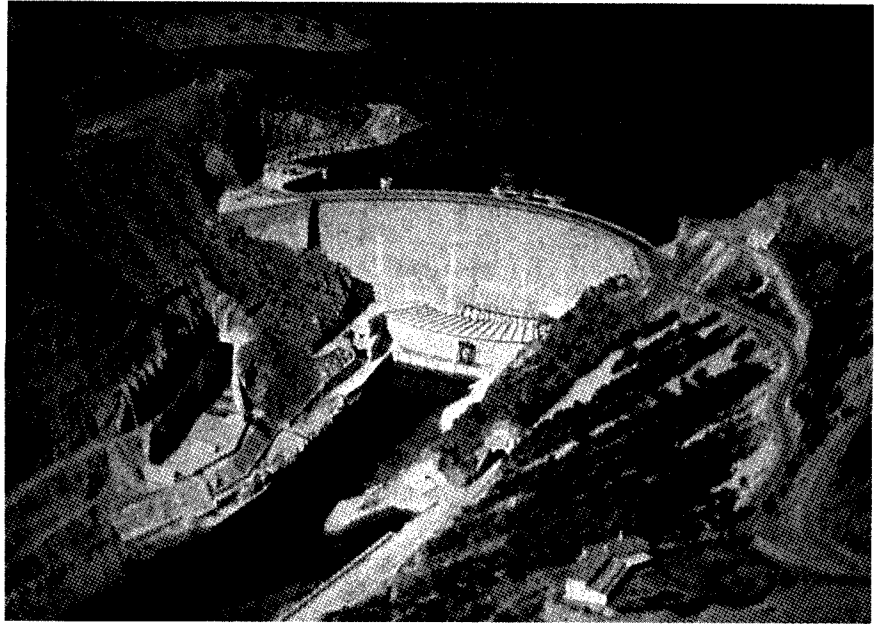


Fig. 13. Presa de Valdecañas (río Tago).

En relación con ello, sería muy interesante que la Dirección General de Obras Hidráulicas, con las colaboraciones pertinentes (compañías eléctricas, Instituto de Meteorología, etc.), llevara a cabo unos estudios para definir la crecida máxima probable en varias cuencas tipo. De esta forma, los proyectistas podrían acoplarla, por correlación o transformación, a su problema concreto, lo que de otra forma no se podrá hacer, en general, salvo en proyectos de gran envergadura, pues son trabajos que requieren unos datos, unos medios y un tiempo inadmisibles en la mayor parte de los casos. En cambio, dirigi-

dos por una entidad pública y con medios, pueden lograrse unos estudios básicos muy completos, con ahorro general y ganancia de calidad y seguridad en los proyectos individuales.

Por consiguiente, es amplia e interesante la labor que queda por hacer, que no estará centrada preferentemente en la construcción de nuevas presas, como hasta hace una o dos décadas, sino —sin dejar de construirlas— también en la ordenación y sistematización de criterios, el análisis de la seguridad de las presas existentes, sobre todo de las más antiguas y de las que por sus circunstancias presenten mayor riesgo potencial, y especialmente de los aliviaderos. Como consecuencia, habrá que realizar en muchas presas, y cada vez más, trabajos que irán desde simples reparaciones a refuerzos de mayor o menor importancia.

Otra labor que previsiblemente se intensificará es la de recrecimiento de presas existentes. El recrecimiento puede venir aconsejado por el aumento de la demanda o para incrementar la laminación de crecidas sin sacrificar los usos existentes, y permite lograr un notable incremento de regulación en cuencas que tienen ya utilizados los vasos importantes. Un recrecimiento puede venir también favorecido por la necesidad de un refuerzo, porque se trata de obras similares, que suelen tener actividades y partes comunes (recalce de la cimentación, vaciado del embalse, tratamiento de paramentos o de la fábrica, etc.), con lo que el coste marginal del recrecimiento puede resultar disminuido y más justificado, al conseguir al propio tiempo el refuerzo.

En resumen, que las nuevas generaciones de ingenieros tienen por delante un amplio panorama de empleo de su ingenio, estudio e imaginación en la construcción de nuevas presas y en la conservación, mejora, refuerzo y recrecimiento de las existentes. □

Eugenio Vallarino Cánovas del Castillo

#### BIBLIOGRAFÍA

- Alzola y Minondo, P. de: *Historia de las Obras Públicas en España*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1979.
- Fernández Casado, C.: *Ingeniería Hidráulica Romana*. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1983.
- Fernández Ordóñez, J.A.: *Catálogo de noventa Presas y Azudes Españoles anteriores a 1900*. CEHOPU, 1984.
- International Commission on Large Dams (ICOLD): *World Dams Register*, 1988.
- Martín Mendiluce, J.M.: *El Agua en España*. Centro de Estudios Hidrográficos, 1977.
- M.O.P.U., Dirección General de Obras Hidráulicas: *Inventario de Presas Españolas*, 1986.
- Smith, Norman A.F.: *The Heritage of Spanish Dams*. Comité Español de Grandes Presas, 1970.
- Vallarino, E.: *Evolución de las Estructuras Hidráulicas*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 1984.

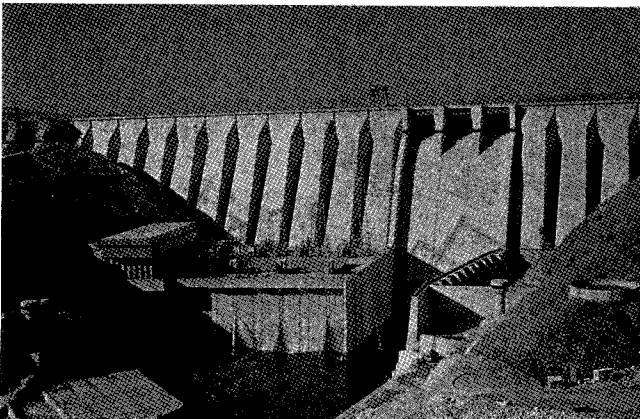


Fig. 14. Presa de Alcántara (río Tago).

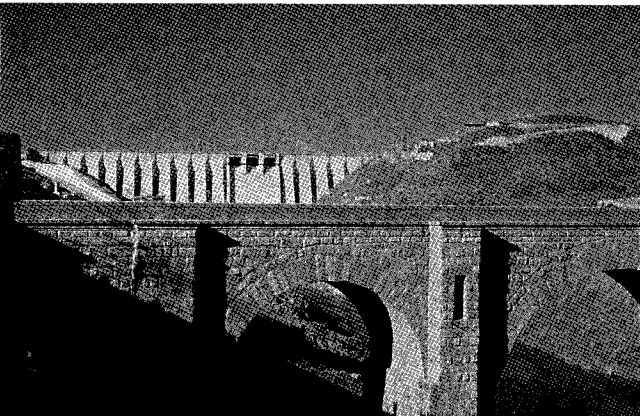


Fig. 15. Presa y puente de Alcántara. Dos obras distantes diecinueve siglos en el tiempo y menos de un kilómetro en el espacio.

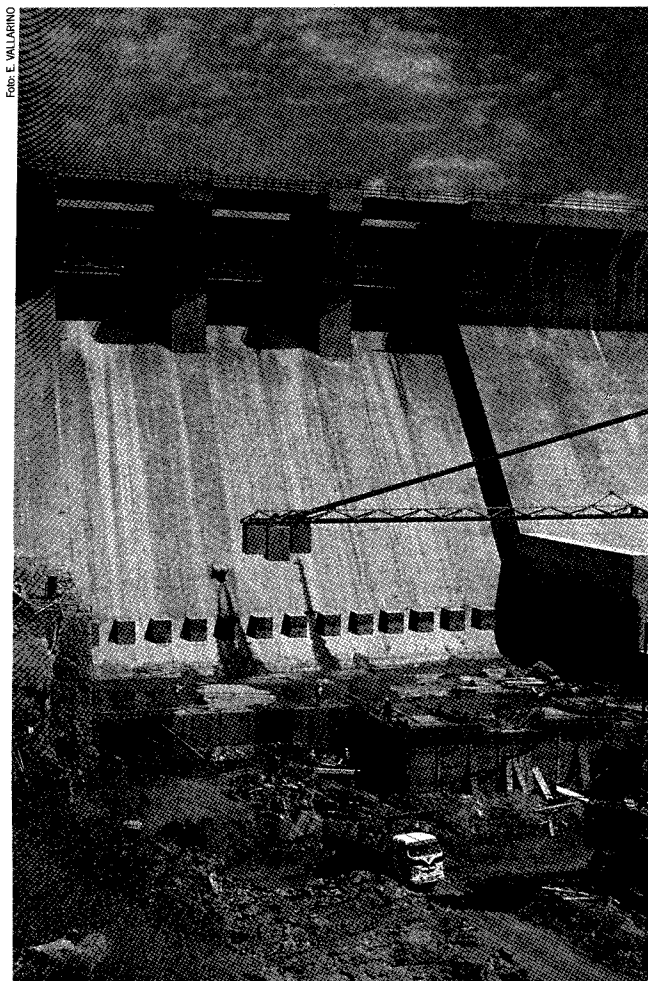


Fig. 16. Presa de El Sancho (Huelva); Recrecimiento. Nuevo cuenco.

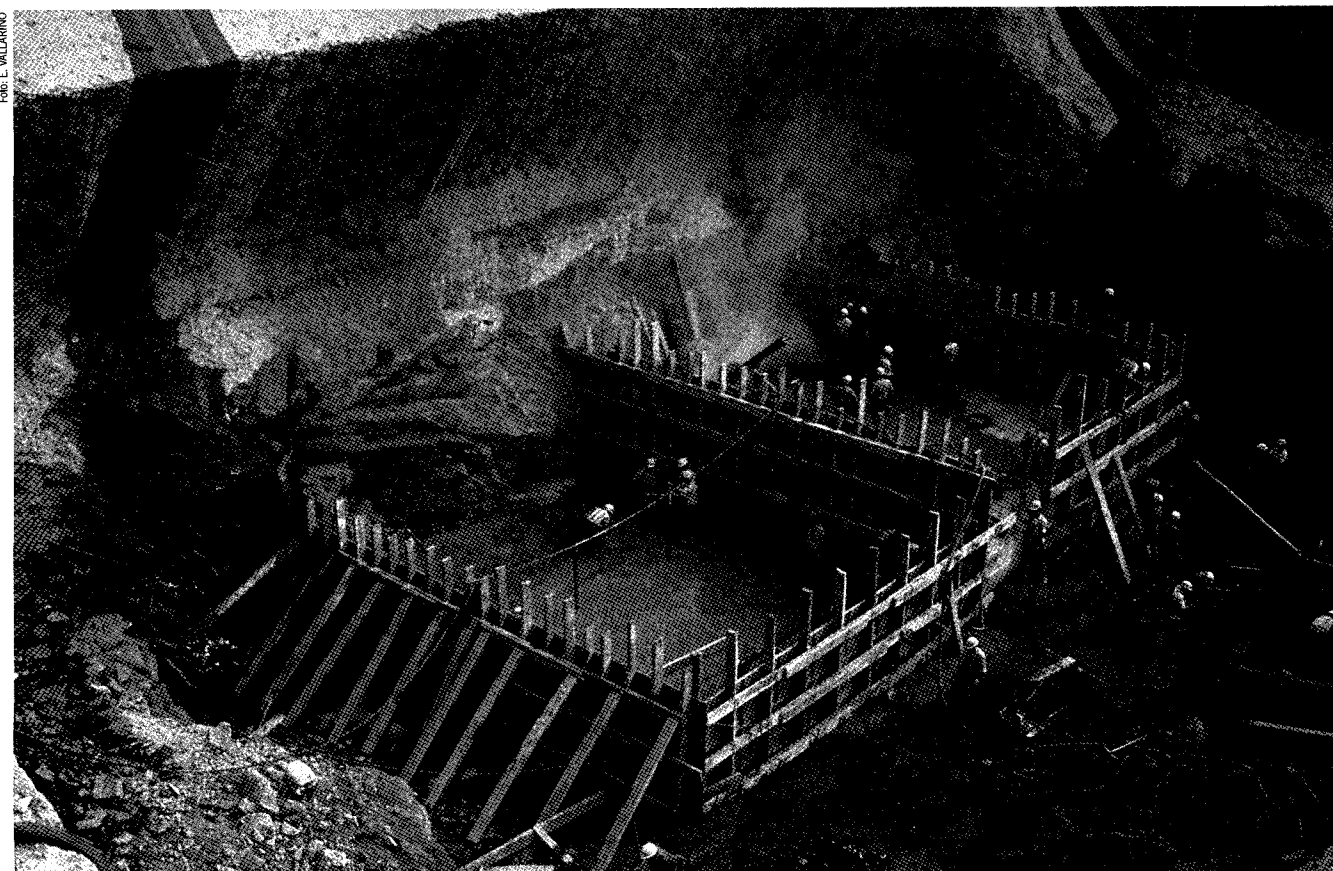


Fig. 17. Presa de El Sancho (Huelva); Recrecimiento. Recalce de cimientos.