

LOS EMBALSES EN LA LAMINACIÓN DE AVENIDAS EN ESPAÑA

Luis Berga Casafont.

Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Presidente del Comité de Avenidas y Presas de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD).

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
Barcelona. UPC.

RESUMEN

Las inundaciones en España constituyen un importante problema social y económico, cifrándose en una 40 el número medio de víctimas por año, y evaluándose los daños producidos en unos 70.000 Mpts/año.

En este artículo se describen las diversas actuaciones a desarrollar para hacer frente a las inundaciones destacando el importante papel que juegan los embalses en la laminación de las avenidas, y en la reducción de los daños producidos por las inundaciones.

Finalmente se analizan diversos Planes de Defensa de Avenidas y se presentan las previsiones futuras de las presas de laminación de avenidas en nuestro país.

ABSTRACT

Floods are a grave problem in Spain, from both social and economic points of view; deaths number about forty per year and damage is estimated at 70.000 million pesetas annually.

This article outlines the various defensive measures that can reduce the danger of flooding, particularly the role of dams in controlling the force of flood waters and reducing the damage they cause. Several Defensive Plans are described and a forecast is given for future developments in this area.

1. INTRODUCCIÓN

Recientemente la Revista de Obras Públicas ha publicado un artículo de J.M. Martín Mendiluce sobre "Los embalses en España. Su necesidad y trascendencia económica" (1), en el que se analiza en términos económicos la repercusión total que la regulación de los caudales producida por los embalses supone para la economía española, cifrándola en unos 5 billones de pesetas al año.

En este interesante y detallado artículo el punto de mira va dirigido al agua como recurso, pero no hay que olvidar que en nuestro país el régimen hidrológico de los ríos supone en numerosas ocasiones también un peligro, por lo que creo interesante

el intentar valorar los efectos que producen los embalses en la laminación de las avenidas, para así poder tener una visión más completa de la importancia que tienen los embalses y de los beneficios que suponen.

En España, las inundaciones representan un grave problema económico y social, y constituyen el desastre natural más significativo en la memoria histórica de sus habitantes (2, 3, 4). Existen referencias de más de 2.400 inundaciones ocurridas en los últimos quinientos años, lo que en promedio significa unas cinco inundaciones de importancia por año. En la Tabla nº 1 se muestran las ocho inundaciones catastróficas ocurridas en los últimos 40 años, que han producido más de 1.500 víctimas, lo que supo-

Se admiten
comentarios a este
artículo, que deberán
ser remitidos a la
Redacción de la ROP
antes del 30 de
marzo de 1998.

ne una "media" de unas 40 víctimas por año. Entre ellas destaca como más importante la inundación del Vallés en Catalunya en el mes de Septiembre de 1962, con casi 1.000 víctimas, debidas principalmente a la ocupación urbana de las llanuras de inundación de las rieras de las Arenas y de Rubí, sin ninguna protección, ni medida estructural para hacer frente a las avenidas.

Los daños materiales producidos por las inundaciones son muy cuantiosos, se producen con fuertes impactos temporales, y siguen una evolución creciente a través de los años. Así, en la década de los ochenta se cifran en una "media" anual de unos 50.000 M pts/año, y las previsiones para la década de los noventa eran de unos 70.000 M pts/año. En la Memoria del Plan Hidrológico Nacional de 1993 se evalúan en unos 80.000 M pts/año, lo que supondría una cifra muy importante, con cerca del 45% del Plan de Inversiones de dicho Plan.

Ante esta situación, y a la vista de las previsiones futuras es evidente que es necesario el tomar las medidas necesarias para reducir y mitigar los impactos que en nuestro país producen las inundaciones, y en este artículo se hace especial mención a los beneficiosos efectos que producen los embalses, teniendo en cuenta sin embargo el que deben contemplarse de manera conjunta y coordinada con otros tipos de actuaciones (4).

2. ACTUACIONES FRENTE A LAS INUNDACIONES

Las actuaciones a desarrollar para impedir o reducir los impactos y daños producidos por las inundaciones se clasifican en dos grandes grupos:

1º. Actuaciones ESTRUCTURALES, que son aquellas que tienen como objetivo el interferir y modificar los fenómenos de formación y propagación de las avenidas. En este grupo se encuentran:

- ▼ Conservación de suelos y corrección de suelos (Actuación de tipo extensivo)
- ▼ Embalses de regulación y laminación
- ▼ Obras en cauces (Protecciones, encauzamientos, acondicionamientos, cortas, etc.)

2º. Actuaciones NO-ESTRUCTURALES, que son las que tienen como objetivo la prevención y la previsión de los posibles daños producidos por las inundaciones. En este grupo se encuentran:

- ▼ Medidas de prevención para impedir o reducir los daños, tales como la elaboración de los mapas de riesgo y la zonificación de las áreas inundables, junto con las regulaciones legales de estas zonas (urbanísticas, sistemas de seguros, etc.)
- ▼ Medidas de prevención, que son actuaciones que tienen como objetivo el prever con anticipación los efectos de las avenidas, y así poder reducir los daños, con el establecimiento

TABLA Nº 1
INUNDACIONES CATASTROFICAS MAS IMPORTANTES
EN ESPAÑA EN LOS ULTIMOS CUARENTA AÑOS

FECHA	LUGAR	VICTIMAS
OCT.1957	VALENCIA	86
SEP. 1962	VALLES	973
OCT.1963	MURCIA Y ALMERIA	300
SEP. 1971	BAJO LLOBREGAT	24
JUN. 1972	VALDEPEÑAS	22
OCT.1982	BAJO JUCAR	38
AGO.1983	PAIS VASCO	20
AGO.1996	BIESCAS	87
TOTAL		1.550

to e implantación de sistemas de alarma y previsión de avenidas y de planes de Protección Civil.

En numerosas ocasiones hemos señalado que para que estas medidas y actuaciones sean realmente efectivas, es necesario su aplicación conjunta con una visión global de la cuenca, y el desarrollo de actuaciones estructurales junto con la implantación de medidas no-estructurales (4, 5).

3. LOS EMBALSES EN LA REDUCCIÓN DE LOS DAÑOS PRODUCIDOS POR LAS INUNDACIONES

Entre las actuaciones frente a las inundaciones los embalses constituyen una solución estructural muy eficiente para la reducción de los daños producidos por las avenidas, ya que son la única medida que puede almacenar el agua de manera muy significativa, y así modificar los hidrogramas con reducciones importantes de los caudales punta. Las presas en el mundo han reducido, en la mayor parte de los casos, de manera muy eficaz los daños producidos por las inundaciones (6).

No es posible cuantificar de manera global los efectos beneficiosos de las presas en la laminación de avenidas, no existiendo por lo tanto datos globales cuantitativos, pero si que pueden mostrar algunos casos relevantes, que, aun que sea de manera cualitativa, indican la importancia de los embalses en la reducción de los daños producidos por las inundaciones. Así, las presas del Tennessee Valley Authority (TVA) han reducido las avenidas en la ciudad de Chattanooga en un 90%, las presas de la Europa Central han reducido las avenida de 10 años de periodo de retorno en un 20%, la presa de Glen Canyon en el rio Colorado ha reducido la avenida de 10 años en un 75%, la presa de Aswan en el Nilo ha reducido en general las puntas de las avenidas en un 75%, y la presa de Kariba en el rio Zambezi controla las avenidas hasta unos 30 Km aguas abajo (7).

En algunos casos existen estudios cuantitativos un poco más significativos, y se evalua que unas 39 presas del TVA han redu-

cido en más de 3.100 M\$ los daños de las inundaciones desde el año 1936 (8). El "U.S. Army Corps of Engineers", que es el organismo federal de los Estados Unidos encargado del control y actuaciones frente a las avenidas, tiene que presentar cada año al Congreso un informe que muestre los daños que se han evitado con las actuaciones frente a las avenidas, entre las que se encuentran numerosas presas (9). El Cuerpo de Ingenieros ha invertido más de 30.000 M\$ en proyectos para control de avenidas, y se evalúa que estas obras supusieron de 1985 a 1994 una reducción "media" anual de daños de 14.600 M\$, con un efecto en un único año, 1986 de más de 27.000 M\$. Otro caso muy relevante se refiere a la gran avenida de 1993 en el río Mississippi, que produjo 47 muertos, 72.000 viviendas inundadas, 74.000 personas evacuadas y unos daños de unos 16.000 M\$. Los estudios posteriores han evaluado que los daños que se han evitado con las obras federales son mayores que los daños acaecidos y alcanzan los 19.100 M\$, con unos 7.400 M\$ de reducción de daños gracias a la laminación de la avenida en los embalses (10).

En España existen también numerosos casos reales de los efectos beneficiosos de los embalses en la reducción de los daños debidos a las inundaciones (11). Un caso muy significativo lo constituye la avenida del 7 y 8 de Noviembre de 1.982 en el Cuenca del Ebro y en las Cuencas Internas de Catalunya que produjo 14 muertos y daños superiores a los 45.000 Mpts. (12).

Para el análisis de esta avenida I. Hereza et al (13) han realizado un estudio muy interesante sobre el efecto de los embalses en la laminación y propagación de las avenidas en los ríos más orientales de la margen izquierda del Ebro (Gallego, Cinca, Noguera Ribagorçana, Noguera Pallaresa y Segre) y en el propio eje del Ebro hasta el embalse de Ribarroja. En este trabajo se muestra que en general los embalses fueron muy eficientes en su zona próxima aguas abajo con reducciones de los caudales punta de hasta el 80%. En las zonas medias de la cuenca, con ya amplias áreas no reguladas, el efecto laminador de los embalses en las zonas altas de la cuenca fue de cerca del 30%. Por otro lado el efecto global de los embalses en la desembocadura del río Ebro fue del 57% de reducción, con un caudal punta desagado en la última presa de Ribarroja de 3.200 m³/seg (cerca del límite de la capacidad del río para no producir daños importantes en las poblaciones aguas abajo de la presa) frente a los 7.400 m³/seg. que se estimaron sin la existencia de las presas en la cuenca. En las Cuencas Internas de Catalunya el efecto laminador de los embalses, supuso una reducción del 80% en el río Ter en Gerona, caudal punta real de 300 m³/seg frente a un caudal natural sin embalses de 1.500 m³/seg, y una reducción del 27% en el río Llobregat en Martorell, caudal punta real de 1.600 m³/seg frente a un caudal natural sin embalses de 2.200 m³/seg. Estas cifras muestran en este caso, como en muchos otros descritos en las referencias (11), la muy importante reducción real de daños en situaciones de avenidas y el importante beneficio que supone para el país la laminación de las avenidas producidas por los embalses.

Sin embargo, hay que señalar que en general, los efectos de los embalses de regulación en las avenidas son más notorios en

las avenidas de bajos y medios periodos de retorno en las que las reducciones en los caudales punta pueden ser muy importantes, y en consecuencia la mitigación de los daños aguas abajo es muy significativa. Los efectos sobre las avenidas extremas pueden ser menos espectaculares, aunque casi siempre positivos, salvo en las presas construidas con el objetivo principal o único de control de avenidas, en las que lógicamente los efectos de laminación de las avenidas extremas son más importantes.

También hay que remarcar que para potenciar los efectos de los embalses hay que implantar aguas abajo las correspondientes medidas no-estructurales, pues sino las actuaciones en embalses pueden ser menos efectivas. En diversas ocasiones se ha acusado a las presas de aumentar los daños producidos por las avenidas con argumentaciones como la siguiente (14): "Aunque el control de avenidas es una de las justificaciones para los proyectos de las grandes presas, el riesgo de avenidas y los daños actuales de las inundaciones son a menudo mayores como resultado de la construcción de las presas. Los impulsores de las presas crean la impresión que las presas, son capaces por si mismas de eliminar los riesgos de todos los daños producidos por las inundaciones aguas abajo, con lo que se promueve el desarrollo y ocupación de las llanuras de inundación. Pero únicamente la frecuencia y la severidad de la inundación pueden ser reducidas".

Ya hemos indicado que no existe ninguna solución que elimine totalmente el riesgo de las avenidas, pero los embalses, y en particular los embalses de laminación de avenidas, constituyen una de las medidas más eficaces en la reducción de daños, sin eliminar todos los riesgos. Como en cualquier otra situación debe evitarse el crear una sensación de seguridad total, aunque si mucha mayor seguridad, y limitar el desarrollo futuro de las zonas inundables aguas abajo, combinando con la ejecución de las presas, la implantación de medidas no estructurales tales como la zonificación, las regulaciones de los usos del suelo y la implantación de sistemas de alarma y previsión de avenidas (6).

4. LOS EMBALSES DE LAMINACIÓN DE AVENIDAS EN ESPAÑA

En algunas ocasiones se denomina a los embalses que tienen como objetivo principal la laminación de avenidas embalses de control de avenidas, denominación que induce a creer que son capaces de preservar de cualquier daño a los habitantes y asentamientos aguas abajo. Tal como ya hemos señalado esto no es posible, y menos en el incierto campo de las avenidas, en el que el riesgo absoluto cero no se puede alcanzar con los conocimientos físicos y técnicos actuales. Por ello, es mejor la denominación de embalses de laminación de avenidas, en el sentido de indicar la capacidad de estas actuaciones estructurales en la mitigación o reducción de los daños producidos por las avenidas.

Todas las presas, si están bien proyectadas y son operadas correctamente, presentan ciertos efectos beneficiosos en la re-

ducción de los daños, efecto mucho mayor en las presas proyectadas específicamente para la laminación de avenidas. La cuantificación de este efecto depende de la interrelación entre la avenida de diseño afluente, el volumen del embalse destinado a la laminación y la avenida de diseño de salida, que depende de los condicionantes aguas abajo. Los criterios hidrológicos a seguir en el diseño de estas presas son fundamentalmente tres: 1) Seguridad de la presa o seguridad hidrológica de la presa. Con la avenida de proyecto igual a la avenida extrema como condición de seguridad, y que para las presas de alto riesgo (categoría A) es la correspondiente a periodos de retorno altos, de 5.000 a 10.000 años, 2) Reducción o eliminación de los daños aguas abajo, usualmente como protección para avenidas menores, de 100 a 250 años, o en los casos de poblaciones importantes aguas abajo hasta 500 o 1.000 años de periodo de retorno, y 3) Visión conjunta de las avenidas en la cuenca, con los efectos de reducción en los caudales punta, en los tiempos de propagación de las avenidas y su incidencia aguas abajo con la presentación de avenidas en afluentes o en otros embalses. En cualquier caso y para la operación de estos embalses debe analizarse la viabilidad y efectividad de la implantación de sistemas de alarma y previsión de avenidas.

En los estudios de las presas de laminación surge en numerosas ocasiones la disyuntiva de construir una presa mayor en el cauce principal, cerca de la zona a proteger, o varias presas pequeñas ubicadas en la cabecera o tramo medio de la cuenca y en los afluentes del río principal. En general las presas pequeñas diseminadas en la cuenca, aunque sean numerosas, dan menor protección que una sola gran presa situada inmediatamente aguas arriba de la zona a proteger. Así, el Miami Conservatory District en el valle de Miami mostró que la realización de cinco grandes embalses de laminación daban una protección mucho mayor y con menor coste que la ejecución de numerosas presas pequeñas en los afluentes, y el "Corps of Engineers" en la cuenca del río Merrimak mostró que la construcción de 13 pequeñas presas presentaba una eficacia de sólo el 52% en comparación con dos grandes presas situadas en el cauce principal (15). En el río Onyar en Girona, también se ha visto que la efectividad en la reducción de daños decrecía de manera muy importante en cuanto a las presas se alejaban de la zona a proteger, o se situaban en los afluentes (16). Así, pues en general, técnicamente se alcanza una mayor protección con embalses situados aguas arriba de la zona a proteger de los daños de las inundaciones, pero en numerosas ocasiones los aspectos económicos, sociales o medioambientales presentan una problemática para la ejecución de las presas en las inmediaciones aguas arriba de las poblaciones.

Después de las inundaciones catastróficas de 1982 y 1983 la "Comisión Nacional de Protección Civil" realizó una serie de estudios y planificaciones en todas las cuencas con el objetivo de conocer las medidas preventivas y correctivas que sería conveniente realizar para disminuir los cuantiosos daños que producían las inundaciones (17). Los resultados de estos estudios mostraron que además de otras medidas en el conjunto de 1.037 zonas potenciales de riesgo existentes era necesario la consideración de embalses de laminación de avenidas en 228 zonas, o sea en el 22% de los casos. Ello llevó a la recomendación de realizar estudios más detallados para la posible construcción de 323 presas de laminación, de las que 22 eran recrecimientos (Tabla nº 2). En la actualidad veremos que los estudios llevados a cabo dentro de la Planificación Hidrológica han reducido sensiblemente estas cifras, por lo que estos primeros trabajos deben de servir únicamente de referencia muy general, aunque si son indicativos de la necesidad que existía de impulsar la construcción de embalses de laminación de avenidas.

Las inundaciones de la década de los 80 produjeron cuantiosos daños, y debido a la gran presión social se desarrolló un Plan Nacional de defensa frente a las inundaciones (1987-1992) en el que se contemplaban más de 1.000 actuaciones en zonas de alto riesgo y una inversión de unos 120.000 Mpts. Como resultado de esta política, los embalses de laminación de avenidas han sido uno de los objetivos principales en muchas de las presas construidas durante la última década, ya sea como prioridad importante en los embalses de objetivos múltiples, o como objetivo único en las presas construidas para la laminación de avenidas.

Dentro del Plan Nacional de Defensa frente a las inundaciones hay dos planes específicos en las cuencas mediterráneas que destacan por su singular relevancia.: El "Plan de Defensas de Avenidas de la Cuenca del Segura" y el "Plan de defensa de Avenidas de la Cuenca del Júcar."

**TABLA Nº 2
NUMERO DE EMBALSES DE LAMINACION ESTUDIADOS**

NUMERO DE EMBALSES EN ZONAS DE RIESGO				
CUENCA	MAXIMO	INTERMEDIO	MINIMO	TOTAL
NORTE	22	30 (3)*	30 (2)	82 (5)
DUERO	-	8	10	18
TAJO	-	-	2	2
GUADIANA	3	2	16 (1)	21 (1)
GUADALQUIVIR	-	6	16	22
SUR	8	4 (1)	11	23 (1)
SEGURA	2 (1)	7	4 (2)	13 (3)
JUCAR	2	2 (1)	4 (1)	8 (2)
EBRO	15 (1)	24	39 (5)	78 (6)
PIRINEO ORIENTAL	6	21	29 (4)	56 (4)
TOTAL	58 (2)	104 (5)	161 (15)	323 (22)

*()Recrecimientos

El Plan de Defensa de Avenidas del río Segura se está implantando en la cuenca del río Segura, de unos 19.000 Km², que en sus valles medios y bajo tienen amplias zonas de cultivos de alta rentabilidad y que constituyen la base principal para el desarrollo económico del área. El Plan se desarrolla bajo un concepto global de la cuenca y tiene como objetivo principal la protección frente a las avenidas de 50 años de periodo de retorno, con lo que los caudales en el río principal se reducen de 2.000 m³/seg. a 400 m³/seg., que es la máxima capacidad posible del río Segura en su parte baja. Parte esencial de este Plan es la construcción de 13 embalses de laminación en casi todos los afluentes más importantes, en cuencas de pequeño tamaño (entre 100 y 300 Km²), en las que se producen, debido a las lluvias "mediterráneas" torrenciales, elevados caudales punta, pero en tiempos pequeños, en general no mayores de 2 horas, y por lo tanto con volúmenes relativamente reducidos, por lo que la laminación de avenidas puede realizarse con embalses de pequeña capacidad. De las 13 presas, 10 son de hormigón, y las tres restantes son de materiales sueltos. La altura de las presas varía entre 26 m y 80m y su capacidad entre 2.5 Hm³ y 50 Hm³, con una capacidad conjunta de los 13 embalses de 178 Hm³. En la actualidad hay 11 embalses en operación, y 2 están en construcción preveándose la finalización de la totalidad de las presas en el año 1997 (18, 19, 20).

La inversión inicial prevista de la totalidad del Plan (13 embalses de laminación y 10 zonas con encauzamientos) es de unos 60.000 Mpts., y los beneficios evaluados durante la vida útil del proyecto son unas cuatro veces mayores que el total de las inversiones con un total próximo al billón de pesetas.

El Plan de Defensas de Avenidas del río Júcar se basa en las tres presas ya construídas de Tous, Escalona y Bellus. La presa de Tous sobre el río Júcar es una presa de escollera con una altura de 135.50 m, y una capacidad total, a la cota del máximo embalse extraordinario en situación de avenidas extremas, de 792 Hm³. La capacidad para el embalse normal de explotación es de 379 Hm³, a la cota del umbral del aliviadero, con ello se disponen en todo momento de unos 410 Hm³ para laminación de avenidas. Adicionalmente y durante los meses de septiembre, octubre y noviembre se dispondrán de unas

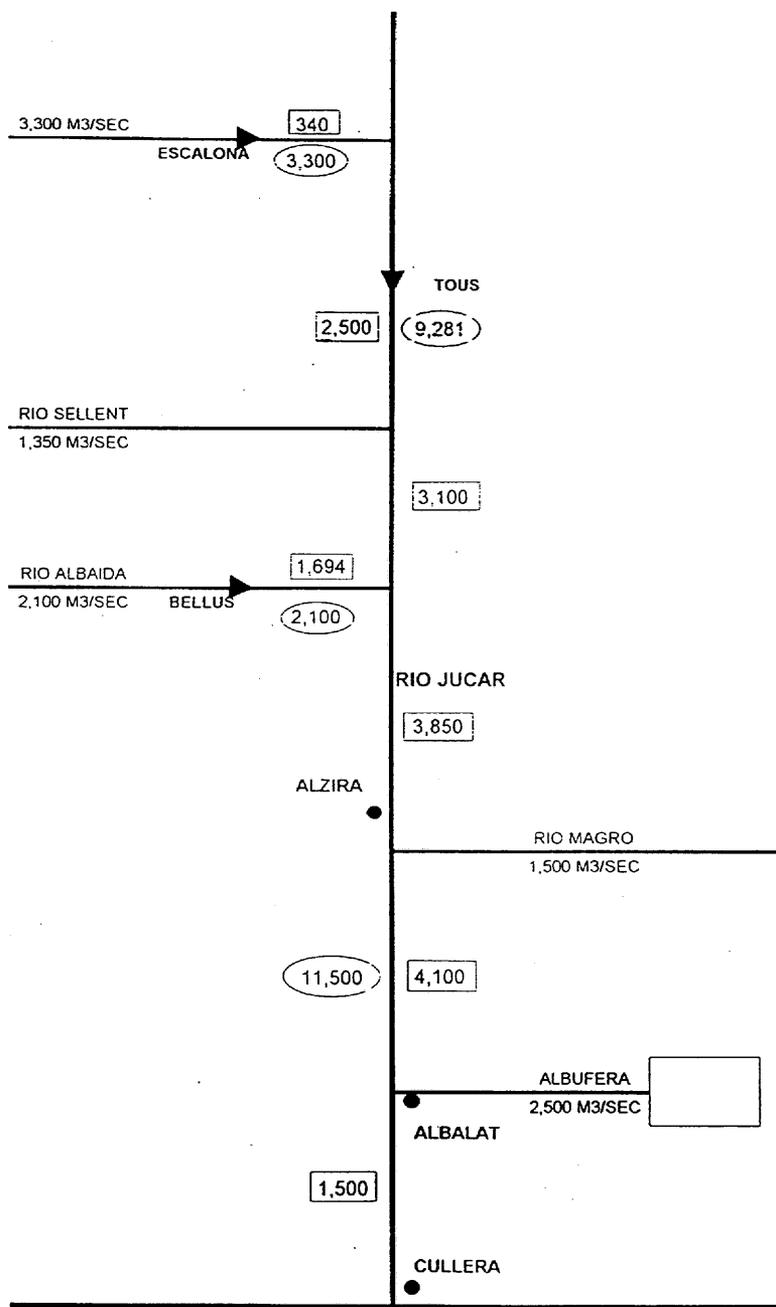


Figura 1.

MAR MEDITERRANEO
 FIG. 1. LAMINACION DE AVENIDAS
 DEL RIO JUCAR (PERIODO DE RETORNO
 500 AÑOS) (22)

m³/s CON EMBALSES
 m³/s SIN EMBALSES

reservas del 50%, 80% y 80% respectivamente del volumen de embalse (21, 22).

La presa de Escalona, sobre el río del mismo nombre, es de una presa de gravedad de 78 m de altura, con una capacidad de embalse de 142 Hm³, en principio reservada en su totalidad a la laminación de avenidas. La presa de Bellus, sobre el río Albaida,

es una presa de gravedad, de 46 m de altura, y crea un embalse de unos 128 Hm³, de los que 69Hm³, corresponden al máximo nivel normal del embalse.

El objetivo principal de este Plan es evitar la inundación de poblaciones para la avenida de 500 años y limitar los caudales de avenidas circulantes por el Júcar, y así para la avenida de periodo de retorno de 500 años los caudales punta se reducen de una manera muy significativa, según se muestra en la fig.1, con lo que el caudal a la salida de Tous sólo sería de unos 2.500 m³/seg. Con todo ello una avenida similar a la del año 1982, quedaría reducida a una tercera parte, con lo que en general no se produciría la inundación a poblaciones (22). La inversión total del Plan, hasta la actualidad ha sido de unos 50.000 M pts.

Estos planes reflejan el considerable aumento en los últimos años del número e importancia de embalses dedicados exclusivamente a laminación de avenidas, o cuyo objetivo principal es la laminación. Así, en el Inventario de Presas Españolas de 1991 (23), de los 939 embalses en explotación en aquel año, sólo se refieren 7 para laminación de avenidas, lo que representa únicamente un 0,7% de los embalses existentes. De estos 7 embalses, 3 se dedicaban exclusivamente a laminación, 3 eran para laminación y riegos y 1 (El Limonero) para laminación y abastecimiento, situándose cuatro de ellos en la Cuenca del Segura. Con un análisis un poco más detallado se podría ampliar esta estadística del Inventario 1991 a 11 embalses de laminación. Sin embargo ya en el mismo Inventario 1991, y con referencia a las presas en construcción, se observa que de las 69 presas en construcción que había en el mes de Enero, 12 correspondían a embalses de laminación, lo que representaba el 17% de las presas en construcción. De ellas 9 se dedicaban exclusivamente a laminación, 2 eran para laminación y riegos, y 1 (la presa de Tous) para laminación, riegos y abastecimiento.

En la actualidad a primero de enero de 1996 existen 28 embalses de laminación de avenidas, que en relación con los 1.038 embalses en operación representan el 2.7 % de la totalidad. De estos 28 embalses, 17 son de laminación de avenidas, 9 de laminación y riegos, 1 de laminación y abastecimiento, y 1 de laminación, riegos y abastecimientos, aunque en todos los casos el objetivo de mitigación de los daños producidos por las inundaciones es la misión principal. Además, hay 2 presas de laminación en construcción, la de Puentes II y la de Los Charcos, las dos en la cuenca del Segura. La mayor parte de embalses de laminación se encuentran en la Cuenca del Segura con 19 embalses sobre los 30 actuales.

Es evidente que ante una situación con respecto a las inundaciones como la de nuestro país es necesario continuar en el proceso de la construcción de presas y creación de embalses de laminación de avenidas, pero en la actualidad las únicas señales

**TABLA Nº 3.
ACTUACIONES ESTRUCTURALES FRENTE A LAS AVENIDAS (PHN)**

NUMERO DE PLANES DE DEFENSA DE AVENIDAS

CUENCA	OBRAS EN CAUCES	CON EMBALSES DE LAMINACIÓN	TOTAL
NORTE	12	-	12
DUERO	2	-	2
TAJO	11	-	11
GUADIANA	6	3	9
GUADALQUIVIR	14	1	15
SUR	12	1	13
SEGURA	1	3	4
JUCAR	18	1	19
EBRO	25	2	27
GALICIA COSTA	1	-	1
CUENCAS INT.DE CATALUNYA	3	1	4
TOTAL	105	12	117

sobre las perspectivas futuras se encuentran en la Memoria y en el Anteproyecto de Ley del Plan Hidrológico Nacional de Abril de 1.993. El Plan, en este tema específico de actuaciones estructurales frente a las avenidas, contempla la ejecución del 117 actuaciones (5), de las que 12 son Planes de defensa mediante embalses de laminación, que corresponden a la ejecución de unos 40 nuevos embalses de laminación. (Tabla nº3).

Por otra parte hay que señalar que es necesario proseguir en la evaluación "cuantitativa" de la reducción de daños debido a la laminación de las avenidas producida por los embalses. Ello será cada día más viable, ya que en la actualidad los procesos desencadenados por la puesta en marcha de la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones de Febrero de 1995, y por la entrada en vigor del Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses de Marzo de 1996, van a permitir un mejor conocimiento de los riesgos aguas abajo de las presas con lo que será posible evaluar con datos más objetivos los efectos de los embalses. Así se podrá cuantificar mejor, y explicar con mayor número de datos, los beneficiosos efectos que producen los embalses de laminación de avenidas.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera mostrar mi agradecimiento al Director de la Confederación Hidrográfica del Segura, D.Joaquin Ezcurra, al Director de la Confederación Hidrográfica del Júcar, D.J.I.García-Alandete, y al Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos D.Jesús Penas del Area de Tecnología y Control de Estructuras del Ministerio de Medio Ambiente, por su colaboración en la recogida de diversos datos para este trabajo.

REFERENCIAS

- 1.-MARTIN MENDILUCE, J.M. "Los embalses en España. Su necesidad y trascendencia económica". R.O.P. 3.354, 7-24, 1996.
- 2.-M.O.P.U. "Las inundaciones en España. Pasado, presente y futuro". Servicio de Publicaciones del M.O.P.U. Madrid 1984.
- 3.-BERGA, L. "La problemática de las inundaciones en España". 2º Congreso Nacional de la Ingeniería Civil. Colegio Nacional de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. pp 568-571. Madrid 1993.
- 4.-BERGA, L. "La problemática de las inundaciones. Actuaciones estructurales y no-estructurales frente a las avenidas". R.O.P. 3.297, 17-23, 1990.
- 5.-BERGA, L. "El Plan Hidrológico Nacional y la problemática de las inundaciones en España". R.O.P. 3327, 53-63, 1993.
- 6.-BERGA, L. "Dams in river flood hazard reduction". En "Reservoirs in River Basin development". L.Santbergen, C.J. Van Westen (Ed) pp. 119-128. A.A. Balkema. Rotterdam, 1995.
- 7.-PETTS, G.E. "Impounded rivers. Perspectives for ecological management". John Wiley and Sons. New York, 1984.
- 8.-CASSIDY, J.J. "Operation of Dams". General Report. Sesión B. International Symposium on Dams and Extreme floods. Tomo II. pp. 156-175. ICOLD. Comité Nacional Español de Grandes Presas. Granada 1992.
- 9.- U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. "Anual flood damage report to Congress for fiscal year 1994". June 1995.
- 10.-DI BUONO, R. "The great flood of 1.993 in the Midwestern United States". IV MAA Seminar, 39-40, 1995.
- 11.-COMITE NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS. "Terceras Jornadas Españolas de Presas." Barcelona 1990.
- 12.-BERGA, L. "La problemática de las inundaciones en Catalunya" En "El Agua en Catalunya". L.Berga (ed) pp. 237-256. Ingo-print. Barcelona 1995.
- 13.-HEREZA, I., ZORRAQUINO, V. "Una aproximación a la regulación proporcionada por el sistema de embalses existentes en la Cuenca del Ebro durante las avenidas de Noviembre de 1982" Terceras Jornadas Españolas de Presas pp. 337-352. Comité Nacional Español de Grandes Presas. Barcelona 1990.
- 14.-SKLAR, L., WILLIAMS, P. "One dozen problems...." World Rivers Review, 6 (3), 8-9, 1991.
- 15.-HOYT, W., LANGBEIN, W. "Floods". Princenton University Press. New York. 1955
- 16.-RAYON, F., QUER, J.L., VAZQUEZ, R. "Estudio de laminación de avenidas en el río Onyar (Girona) mediante la utilización de un modelo matemático de simulación". Terceras Jornadas Españolas de Presas. pp. 159-173. Comité Nacional Español de Grandes Presas. Barcelona. 1990.
- 17.-COMISION NACIONAL DE PROTECCION CIVIL. COMISION TECNICA DE INUNDACIONES. "Las inundaciones en España. Informe Resumen". Madrid 1984.
- 18.-BOTIA, A, "Efecto de los embalses en la Cuenca del Segura". Terceras Jornadas Españolas de Presas. pp. 759-773. Comité Nacional Español de Grandes Presas. Barcelona 1990.
- 19.-BAUTISTA, J. "Los embalses en la laminación de avenidas. Casos reales. Comportamiento de las presas de la Cuenca del Segura en las avenidas cruciales de la misma (1879, 1946, 1973 y 1987)" Terceras Jornadas Españolas de Presas. pp. 353-368. Comité Nacional Español de Grandes Presas. Barcelona, 1990.
- 20.-BOTIA, A. "Flood protection Plan for the Segura river basin" Water Power and Dam Construction. 44 (9), 41-43. 1992.
- 21.-UTRILLAS, J.L.GAMO, A., SORIANO, A. "Reconstruction of the Tous dam". Water Power and Dam Construction. 44 (9), 41-43, 1992.
- 22.-UTRILLAS, J.L. "La presa de Tous". Serie Monografías. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. Madrid 1996.
- 23.-MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTES. DIRECCION GENERAL DE OBRAS HIDRAULICAS. "Inventario de Presas Españolas 1991".MOPT. Madrid. 1992. ●