

LOS SISTEMAS DE PREVISION DE AVENIDAS EN ESPAÑA

Luis Berga Casafont, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos¹

1. Introducción

En España las inundaciones provocadas por las avenidas de los ríos vienen representando un grave problema económico y social, y probablemente constituyen el riesgo natural mejor definido en la experiencia de la población de numerosas zonas del país. Así, la historia de las inundaciones catastróficas nos muestra que en la Huerta del Segura este suceso se ha venido produciendo con una frecuencia de una vez cada once años, en alguna ocasión con más de un millar de muertos. En Sevilla se han referido avenidas extraordinarias una vez cada cinco años, en Málaga una cada ocho años, en la cuenca del Júcar una cada ocho años, y en la cuenca del Pirineo Oriental una cada cuatro años [1, 2, 3, 4]. En la Tabla número 1 se reseñan las inundaciones catastróficas más importantes en los últimos treinta años, que representan un balance de 1.463 muertos y daños superiores a cientos de miles de millones de pesetas.

En total existen unos 1.400 puntos conflictivos de inundaciones (Tabla número 2), de los que el 21 % están situados en la Cuenca Norte, y alrededor del 50 % en las cuencas de las vertientes mediterráneas.

Esto supone la existencia de más de mil zonas de riesgo de inundaciones de las cuales 103 (el 10 %) están clasificadas como de riesgo máximo (Tabla número 3).

La mayor parte de las zonas de riesgo potencial están situadas en la vertiente mediterránea en la que hay 296 áreas de riesgo de las que 29 son de riesgo máximo.

En total existen unos 1.400 puntos conflictivos de inundaciones, de los que el 21 % están situados en la Cuenca Norte, y alrededor del 50 % en las cuencas de las vertientes mediterráneas.

La cuenca del Pirineo Oriental se encuentra en el Noroeste de la costa mediterránea y está enmarcada dentro de la Comunidad Autónoma de Catalunya. En esta cuenca se tienen referencias históricas de 170 avenidas en los últimos quinientos años, y en la Tabla número 4 se indican las inundaciones más catastróficas ocurridas en Catalunya en los últimos 30 años.

Las características de las avenidas obedecen a la conjunción de las condiciones topográficas y de las situaciones meteorológicas que hacen que se produzcan precipitaciones muy intensas con valores de 500 mm. en pocas horas o días y con intensidades superiores a los 100 mm/h. Normalmente estas lluvias se producen en los meses de septiembre, octubre y noviembre, y al ser la red hidrográfica de respuesta relativamente rápida dan lugar con frecuencia a daños importantes, debido al gran desarrollo urbano e industrial de las llanuras de inundación.

**TABLA NUMERO 1.
INUNDACIONES CATASTRÓFICAS MAS IMPORTANTES
EN ESPAÑA EN LOS ULTIMOS TREINTA AÑOS**

Fecha	Lugar	Víctimas
OCT. 1957	Valencia	86
SEP. 1962	Valles	973
OCT. 1963	Murcia y Almería	300
SEP. 1971	Cuenca del Bajo Llobregat	24
JUN. 1972	Valdepeñas	22
OCT. 1982	Cuenca baja del Júcar	38
AGO. 1983	País Vasco	20
	Total	1.463

¹ Junta d'Aigües y Universitat Politècnica de Catalunya

TABLA NUMERO 2
INVENTARIO DE PUNTOS CONFLICTIVOS DE INUNDACIONES
Inundaciones, puntos conflictivos

CUENCA HIDROGRAFICA	CLASE				TOTAL
	1a.	2a.	3a.	4a.	
Norte	200	—	100	—	300
Duero	7	18	27	20	72
Tajo	5	—	20	—	25
Guadiana	30	12	17	7	66
Guadalquivir	61	32	62	22	177
Sur	23	26	37	35	121
Segura	8	—	1	—	9
Júcar	54	33	60	26	173
Ebro	73	33	47	68	221
Pirineo Oriental	109	20	43	—	172
Islas Canarias	17	2	4	6	29
Islas Baleares	2	—	16	15	33
TOTALES	589	176	434	199	1.398
	Período de retorno de la avenida (años)		Daños graves		
Clase	100	500	Vidas	Haciendas	
1a.	*		*	*	
2a.		*		*	
3a.	*			*	
4a.		*		*	

Ante la relación sucinta de estos hechos cabe pues concluir que las inundaciones constituyen un fenómeno natural que produce efectos devastadores y catastróficos en numerosas comarcas y regiones españolas, por lo que es necesario proseguir en las actuaciones tradicionales para reducir y evitar en lo posible, los daños producidos por las avenidas. Pero también tienen que realizarse notables esfuerzos para aplicar las nuevas técnicas que se están desarrollando en el mundo en el campo de la previsión y predicción de las avenidas.

TABLA NUMERO 3
ESPAÑA, ZONAS CON RIESGO POTENCIAL DE INUNDACIONES

Cuenca	Zonas de riesgo			
	Máximo	Intermedio	Mínimo	Total
Norte	16	39	68	123
Duero	15	20	48	83
Tajo	6	12	70	88
Guadiana	4	9	47	60
Guadalquivir	15	21	68	104
Sur	6	21	60	87
Segura	3	5	10	18
Júcar	13	28	91	132
Ebro	18	45	220	283
Pirineo oriental	7	16	36	59
Total	103	216	718	1.037

2. Sistemas de previsión de avenidas

En España la lucha frente a las inundaciones se ha desarrollado preferentemente mediante actuaciones estructurales, entre las que cabe destacar la construcción de presas y de obras de encauzamiento de ríos. Así, existen más de mil presas en explotación, y España ocupa el quinto lugar mundial en cuanto al número de grandes presas, y el tercero para presas superiores a los 100 m. de altura. Además, este esfuerzo ha continuado en los últimos años, y en la actualidad hay más de 70 presas en construcción.

Sin embargo el impulso de las soluciones no-estructurales ha tenido menor entidad, y aunque la Ley de Aguas contempla la posibilidad de establecer zonificaciones en las márgenes de los ríos, quedan aún muchos aspectos por resolver con relación a este importante terreno.

En cambio en el tema del establecimiento de sistemas de previsión de avenidas se ha realizado un gran esfuerzo en los últimos años, ya que a partir de las inundaciones del año 1982 se ha empezado a implantar un sistema denominado «Plan SAIH» (Sistema Automático de Información Hidrológica).

Los sistemas de previsión de avenidas consisten en un conjunto de instalaciones, equipamientos y procesos que permiten conocer en TIEMPO REAL los valores de las variables hidrológicas (precipitaciones, niveles y caudales) con lo que se puede predecir el hidrograma de la avenida en determinados tramos del río.

El objetivo principal de estos sistemas es el conocimiento ANTICIPADO de las avenidas y de la magnitud de sus CAUDALES, para utilizar el intervalo de tiempo entre la predicción y la llegada de la avenida en diversas actuaciones, pudiéndose así impedir o aminorar los daños producidos por las inundaciones.

El diseño establecido para los sistemas de previsión de avenidas en el «Plan SAIH» consta de unas estaciones de observación, en las que mediante unos sensores se toman los datos de lluvias y niveles y se transmiten a las estaciones repetidoras, que a su vez los envían al centro receptor donde se realiza el proceso de los datos.

La estructura de la red se jerarquiza en tres niveles: nivel inferior, intermedio y superior.

En el nivel inferior es donde están los puntos de control que captan los valores de las variables básicas (lluvias, niveles, calidad del agua, etc.), y después de digitalizarlos los transmiten vía radio a los puntos concentradores del nivel intermedio. Asimismo pueden realizar procesos muy simples para poder emitir alarmas, y pueden transmitir, también en tiempo real, alarmas sobre los fallos técnicos del punto de control.

El nivel intermedio lo constituyen los puntos concentradores y repetidores que, reúnen la información recibida de los puntos de control y la transmiten vía radio al centro de proceso. En algunos casos, según sean las características de la cuenca, puede disponerse que en este nivel se realice un pretratamiento y procesado de la información para poder adoptar decisiones locales dentro del sistema general de previsión.

**TABLA NUMERO 4
INUNDACIONES CATASTROFICAS MAS IMPORTANTES
EN CATALUÑA EN LOS ULTIMOS TREINTA AÑOS**

Fecha	Lugar	Víctimas	Daños (MPts.)
SEP. 1962	Valles	973	1.600
OCT. 1970	Gerona	—	600
SEP. 1971	Bajo Llobregat	24	6.000
SEP. 1971	Gerona	—	800
NOV. 1982	Prepirineo	14	45.000
OCT. 1987	Zona Costera	—	3.000

En el nivel superior se encuentra el Centro de Proceso de la Cuenca que reúne toda la información de la misma, y, mediante los modelos de previsión de las avenidas de la cuenca elabora las correspondientes predicciones, y formula los planes de previsión.

La predicción de los hidrogramas de avenidas puede realizarse usando diferentes modelos, según sean los datos básicos, lluvias o caudales, o incluso realizarse mediante correlaciones empíricas entre los niveles en los diferentes tramos de los ríos (5).

La elección de un determinado modelo de predicción depende del tipo de cuenca, y en cada caso debe realizarse un análisis de las avenidas históricas, a partir del cual se verá qué método, o combinación de métodos, es más adecuado para obtener una previsión fiable.

El estado de implantación en las distintas cuencas peninsulares es el siguiente:

Cuenca	Estado actual	Inversión (Mpts).
Jucar	Explotación	2.300
Segura	Explotación	2.000
Sur	Explotación	2.100
Ebro	Ejecución	9.500
Pirineo oriental	Ejecución	4.000

En la Cuenca del Pirineo Oriental en la actualidad se está ejecutando la estructura básica y de comunicaciones del «Plan SAIH», y sus características generales son las siguientes:

Puntos de control: Total 134

- 55 Pluviómetro
- 8 Pluvionímetros
- 35 Aforos en ríos
- 8 Aforos en conducciones
- 6 Marcos de control
- 22 Puntos de embalses y azudes

Centros de presentación de datos: 4 (Figueras, Sau, La Baells, San Pons)

Centros de Gestión de Datos: 3 (Tarragona, Gerona, Barcelona)

Centro de Proceso de la Cuenca: Junta D'Aigues de Catalunya, Barcelona

Presupuesto: 4.000 Mpts.

El esquema general de funcionamiento del sistema de previsión de avenidas en Catalunya, es el siguiente:

Zona litoral y prelitoral.

Modelos hidrometeorológicos (Flash Floods).

Cuencas Ter, Llobregat:

Modelos hidráulicos y modelos hidrometeorológicos en cabecera.

Importancia del establecimiento de situaciones de prealerta desde septiembre a diciembre.

En conclusión podemos señalar que el establecimiento de este plan permitirá mejorar sustancialmente las actuaciones de previsión frente a las avenidas, y el control sistemático de los cursos fluviales, y entre otras ventajas cabe destacar las siguientes: 1.º) Los daños producidos por las inundaciones son cada vez mayores. Baste recordar que en las inundaciones de 1982 en la vertiente mediterránea y en la de 1983 en el País Vasco los daños se evaluaron en más de 300.000 Mpts. Así, hay que emprender la totalidad de las medidas posibles para reducir las pérdidas en vidas humanas y los daños materiales que pueden producir las avenidas, y el establecimiento de sistemas de alarma y previsión es una actuación no-estructural muy eficaz, 2.º) El Plan supone una mejora considerable de la infraestructura de toma de datos, lo que dará lugar a una mayor calidad en la información hidrológica, 3.º) El Plan supone también el conocimiento del funcionamiento de la red hidrográfica en circunstancias normales, fuera de los períodos de avenidas, por lo que es parte integral y herramienta básica en la gestión de los recursos hidráulicos, y 4.º) Con la implantación del SAIH se produce una mejora importante en la seguridad de las presas en situaciones de avenida.

Hay que esperar, pues, que el establecimiento de este sistema de previsión de avenidas mejore sustancialmente los sustratos técnicos en la gestión del agua, y la reducción de daños producidos por las avenidas.

Bibliografía

1. M. O. P. U. (1984); «Las inundaciones en España, Pasado, presente y futuro». Servicio de Publicaciones del M. O. P. U.
2. COMISION NACIONAL DE PROTECCION CIVIL, COMISION TECNICA DE INUNDACIONES. (1983); «Estudio de inundaciones históricas. Mapa de riesgos potenciales. Cuenca del Pirineo Oriental».
3. COMISION NACIONAL DE PROTECCION CIVIL, COMISION TECNICA DE INUNDACIONES. (1983); «Estudio de las acciones para prevenir y reducir los daños ocasionados por inundaciones. Cuenca del Pirineo Oriental».
4. BERGA, L. (1987); «La problemática de las inundaciones y los sistemas de alarma y previsión de avenidas». Seminario: «Avenidas: Sistemas de Previsión y Alarma». (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. Universidad Politécnica de Catalunya).
5. BERGA, L. (1984); «Avenidas: Actuaciones en los cauces y sistemas de previsión y alarma». Curso sobre «Avenidas: Cálculo, laminación y previsión». (Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. Universidad Politécnica de Catalunya). ■