



Red de Laboratorios de
Hidráulica de España

Actividad experimental de I+D+i en ingeniería hidráulica en España

Propuesta de Líneas prioritarias



INDICE

1. Introducción	3
2. Línea prioritaria A. Criterios hidromorfológicos para la restauración de espacios fluviales	5
2.1 Motivación	5
2.2 Propuesta	7
3. Línea prioritaria B. Hidrodinámica de embalses. Gestión sostenible de embalses	8
3.1 Motivación	8
3.2 Propuesta	9
4. Línea prioritaria C. Riesgo asociado a la escorrentía urbana	10
4.1 Motivación	10
4.2 Propuesta	12
5. Línea prioritaria D. Seguridad de presas. Aspectos hidrológicos e hidráulicos	13
5.1 Motivación	13
5.2 Propuesta	16

1.Introducción

A iniciativa del CEDEX se constituyó en el año 2008 la Plataforma Tecnológica de Laboratorios de Hidráulica de España que, posteriormente, en 2009, pasó a denominarse Red de Laboratorios de Hidráulica de España (ambas iniciativas incluidas dentro del Programa Nacional de Redes del Plan Nacional de I+D+i 2008-2011). Tiene como objetivo último constituir un foro o espacio de encuentro entre los principales centros de investigación en materia de ingeniería hidráulica experimental de España que permita detectar complementariedades, contribuir al fortalecimiento de la actividad de I+D en el campo específico de la ingeniería hidráulica e impulsar proyectos de investigación aplicada y de desarrollo tecnológico e innovación en común en las materias específicas en las que la Red trabajará. En suma, se trata de establecer un marco permanente de colaboración entre las instituciones españolas más relevantes en el ámbito referido para potenciar su capacidad de servicio a la sociedad.

Participan de dicha Red las siguientes instituciones:

- CEDEX. Centro de Estudios Hidrográficos
- Universidad Politécnica de Madrid, UPM
- Universidad Politécnica Cataluña, UPC (Grupos FLUMEN y GITS)
- Universidade de A Coruña, UDC
- Universidad de Castilla La Mancha, UCLM
- Universidad Politécnica de Valencia, UPV
- Universidad Politécnica de Cartagena, UPCT
- Universidad de Granada, UGR

Desde hace dos años, estas instituciones han celebrado diversas reuniones de trabajo de las que se han derivado múltiples actividades en común (proyectos en colaboración, actividades de difusión del conocimiento, etc).

Los miembros de la Red han redactado un texto en el que se han seleccionado una serie de líneas de trabajo que, al entender de las instituciones que integran la RLHE, pueden ser consideradas como prioritarias y del máximo interés en el campo de la ingeniería hidráulica experimental.

El interés de dichas líneas de actividad deriva de la necesidad de investigación aplicada que se viene detectando desde hace años para poder desarrollar en toda su integridad los principales retos a los que se enfrenta en la actualidad la administración hidráulica, entre los que puede destacarse, por ejemplo, la aplicación de la siguiente legislación:

- Directiva Marco del Agua
- Instrucción de la Planificación Hidrológica
- Reglamento de seguridad de presas y futura normativa en la materia

- Estrategia Nacional de Restauración de Ríos
- Plan de Calidad de las Aguas 2007-2015

Los documentos anteriores exigen retos importantes y novedosos respecto a las políticas hasta ahora seguidas, detectándose, en muchas ocasiones, carencia de conocimientos técnicos suficientes para su correcta aplicación, lo cual motiva un impulso en materia de investigación aplicada en este campo.

Por todo ello, las Líneas consideradas como Prioritarias o Estratégicas en este contexto (fuertemente vinculadas con la aplicación de los anteriores documentos) son las siguientes:

A. Criterios hidromorfológicos para la restauración de espacios fluviales.

B. Hidrodinámica de embalses. Gestión sostenible de embalses.

C. Riesgo asociado a la escorrentía urbana.

D. Seguridad en presas. Aspectos hidráulicos e hidrológicos.

Las instituciones que participan de la Red de Laboratorios de Hidráulica de España (RLHE) tienen una amplia experiencia (como queda reflejado en la síntesis de capacidades) en dichas materias.

En los apartados siguientes se detalla el alcance propuesto para cada una de las Líneas Estratégicas.

2.Línea prioritaria A. Criterios hidromorfológicos para la restauración de espacios fluviales

Este texto trata de mostrar la necesidad para la Administración Hidráulica española de establecer unos objetivos claros sobre las actuaciones de recuperación de espacios fluviales.



Canalización de una rambla en Cataluña con muro y estructuras transversales.

Tal recuperación se enmarca en el concepto de "restauración fluvial", término más o menos asentado en la terminología científica. La Directiva Marco del Agua de la UE obliga a los Estados a una política activa de conservación o de recuperación del buen estado ecológico de los cuerpos de agua.

En los últimos años, el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino ha elaborado un Plan Nacional sobre restauración fluvial, ha publicado una guía metodológica y ha puesto en marcha programas de restauración en varias cuencas hidrográficas de la península. En este esfuerzo se puede constatar un impulso decidido por una política de

restauración, así como unas ideas sin embargo todavía muy generales, que son por otra parte las mismas para todas las regiones climáticas e hidrológicas de España. Sólo en la reglamentación sobre Planificación Hidrológica se alude explícitamente a la especificidad de ciertos tipos de cauces, pero sin cuantificar.

En nuestra opinión es necesario hacer intervenir los conocimientos hidrología y de hidráulica fluvial para definir con precisión, de manera cuantitativa y adaptada a cada región, unos criterios para las actuaciones de restauración fluvial en España.

En esta formulación de criterios no son sólo, ni mucho menos, las disciplinas más o menos “tradicionales” de la



Apertura de un cauce de alivio como medida de restauración (Austria)

hidrología (ciencia del agua) y la hidráulica (técnica de manejo del agua) las que han de cumplir un papel importante, sino también la disciplina que ha dado en llamarse “hidromorfología” o “morfodinámica fluvial”, es decir, la que se ocupa de los cauces de los ríos, sus formas, tamaños y su evolución en el tiempo como expresión de su estabilidad dinámica.

Que esta disciplina que trata de los cauces sea crucial se entiende si pensamos en algunos de los problemas del estado ecológico de los ríos españoles, como son:

- la extracción de materiales aluviales en graveras (en los cauces de los ríos o en sus llanuras de inundación) para su uso como materiales de construcción (“áridos”), actividad que ha sido abusiva en bastantes ríos y ha traído como consecuencia el descenso del fondo (y del nivel freático inmediatamente), la incisión o encajamiento del cauce en sus depósitos aluviales, incluso llegando a la roca madre, etc.
- el gran número de estructuras que suponen un obstáculo, vinculadas a tomas de agua, derivaciones, azudes o estructuras de control del perfil del río, en algunas ocasiones obsoletos, ineficientes o mal concebidos y por ello susceptibles de demolición.
- la pérdida de variedad física de nuestros ríos (variedad de alineaciones como meandros, variedad de las secciones e irregularidad de los contornos debido al predominio de los encauzamientos prismáticos –canalizaciones- y construidos con materiales duros como hormigón, etc.) y su pérdida de variedad funcional, como por ejemplo la pérdida de zonas inundables y humedales que formaban parte del sistema fluvial, y la pérdida de caudal por la explotación de acuíferos, todo lo cual finalmente repercute en una pérdida de calidad ambiental y variedad biótica. Pensamos que un río encajado, un río escalonado y un río canalizado son ríos degradados que necesitan una acción de restauración.

La solución de estos problemas requiere criterios de recuperación que incorporen conocimientos de morfodinámica fluvial. No son los únicos conocimientos necesarios, desde luego. Por el contrario, factores importantes son también: i) la dinámica biótica de los ecosistemas y en particular de las poblaciones vegetales que pueden colonizar el cauce y la llanura de inundación, y las poblaciones de vertebrados con necesidades migratorias; ii) el régimen hidrológico

del río, eventualmente sujeto a regulación de caudales, y el caso especial de los ríos efímeros casi siempre secos; y iii) el movimiento del agua y sedimento dentro del cauce principal o desbordado.

Pero hay que señalar que en los tres problemas explicados antes es fundamental comprender cómo se producen los cambios en el cauce. Por ejemplo, cómo se puede combatir la incisión, qué ocurrirá al demoler un obstáculo en el río, o qué se puede hacer para aumentar la variedad física y funcional de un río. El sentido de los cambios fluviales que sean resultado de estas acciones depende del equilibrio en el transporte del material aluvial del lecho (y las orillas), de lo cual trata en sustancia la morfodinámica fluvial.



No tiene, por ejemplo, mucho sentido una acción de revegetación en el medio fluvial si el río va a seguir descendiendo o si las especies se colocan sobre tramos prismáticos sin variedad alguna.

El caso de los ríos en zonas semiáridas es singular por la irregularidad hidrológica y el masivo transporte sólido en episodios de flujo torrencial hiperconcentrado, de barros y escombros. Los recursos de agua en estos ríos no pueden captarse con los sistemas habituales presa-embalse ya que implicarían su sedimentación en poco tiempo. Un efecto del cambio climático es que los flujos torrenciales serán cada vez más acusados en las regiones semiáridas.

2.2 Propuesta

Como propuesta concreta de estudios aplicados a la restauración fluvial, con el producto final de dar criterios aplicables a las distintas cuencas hidrográficas españolas, señalamos:

- **A1.** Elaboración de una guía de buenas prácticas en el proyecto y ejecución de actuaciones de restauración fluvial en España, especialmente destinada a orientar las iniciativas de la Administración local (típicamente los llamados "parques fluviales") que debe autorizar más tarde la Administración hidráulica; ejemplos de elementos de estas actuaciones que necesitan de criterios técnicos son: la creación de remansos o espejos de agua, la colocación de bolos, los materiales "blandos", etc.
- **A2.** Estudio de cauces complementarios o de alivio para luchar contra la incisión, siguiendo la idea de ejemplos europeos; se trata de determinar qué controla el éxito (freno de la incisión) en el caso de abrir un cauce "paralelo" al cauce del río existente, es decir en el caso de "duplicar" o incluso "triplicar" los cauces; el seguimiento de un caso piloto sería muy indicado.
- **A3.** Estudio de la evolución de los perfiles en el espacio y en el tiempo tras la retirada de una pequeña presa o azud que deja un depósito aluvial libre para ser erosionado; el seguimiento de un caso sería también muy indicado.
- **A4.** Definición de los criterios hidrológico, hidráulico y morfológico más apropiado en cada región de la península para la evaluación del caudal dominante; el caso de los cauces efímeros es el requerirá más esfuerzo pues hay que avanzar en la caracterización de los procesos hidrológicos e hidráulicos (permeabilidad, rugosidad torrencial y macrorrugosidad, fórmulas de transporte sólido...), morfológicos (anchura necesaria para que el efecto de encauzar sea tolerable) y en técnicas de captación del agua.
- **A5** Definición de caudales significativos para el desarrollo de los ecosistemas (caudales de protección o ecológicos). Análisis de la continuidad fluvial desde el punto de vista de la migración de vertebrados. Propuestas de medidas paliativas (pasos para peces).

3.Línea prioritaria B. Hidrodinámica de embalses. Gestión sostenible de embalses

Un río constituye un sistema ecológico complejo cuya estructura y funcionamiento pueden ser fuertemente alterados por la presencia de embalses. Por otra parte, el elevado número de embalses existente en España (más de 1200) constituye un importante patrimonio del que en gran medida depende la actividad económica y el bienestar de la sociedad: abastecimiento de agua, control del riesgo de inundación, generación de energía eléctrica. En este último caso es de interés señalar el importante papel de los aprovechamientos hidroeléctricos en la generación de energías renovables, ya que la rapidez y la flexibilidad en su puesta operación les hace prácticamente imprescindibles como complemento de la energías eólica y solar.

Reconocer los claros beneficios que en la mayoría de los casos aportan los embalses no debe ser obstáculo para admitir las afecciones negativas a ellos asociadas, ni para desarrollar e implementar una gestión sostenible que las mitigue. Aunque en la mayoría de los casos es imposible retornar el espacio fluvial aguas abajo a las condiciones anteriores a la construcción de la presa, dicha gestión sostenible permitirá al río desarrollar su máximo potencial ecológico de acuerdo con los requerimientos de la Directiva Marco del Agua.



Plataforma flotante para la adquisición automática de información meteorológica y de la calidad de la columna de agua

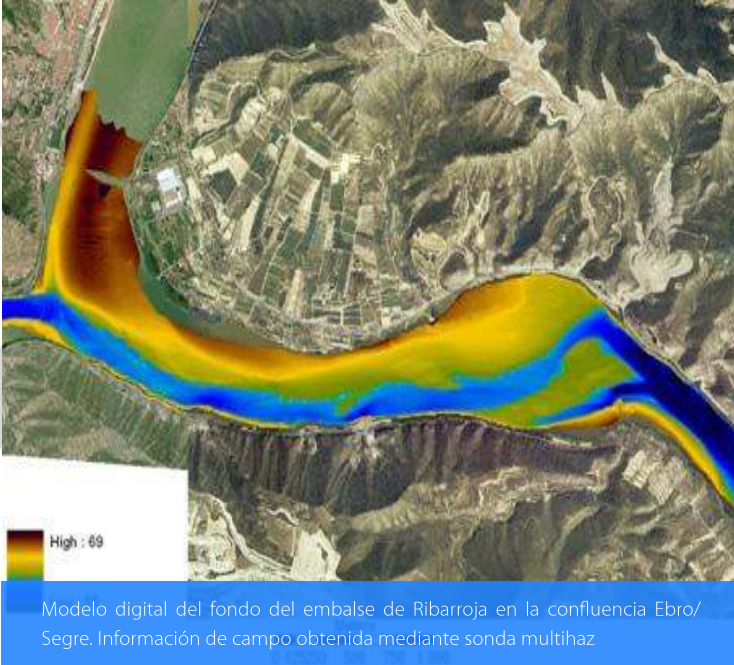
Como es lógico, la gestión sostenible de embalses sólo es posible si se conoce su dinámica, es decir la evolución espacial y temporal de la calidad del agua en ellos almacenada. Únicamente así será posible tomar las decisiones adecuadas en relación a la calidad del agua que sale del embalse, a los sedimentos en él retenidos y al control de las especies invasoras. Para ello es preciso enfatizar el análisis cuantitativo multidisciplinar y no limitarse a la descripción cualitativa de los fenómenos. Este análisis cuantitativo solo puede ser llevado a cabo mediante modelación numérica y ello requiere disponer de información de campo en cantidad y calidad adecuadas.

Actualmente los grandes avances en la instrumentación de medida en campo permiten obtener de forma fiable y relativamente económica, información de las variables hidráulicas y limnológicas, así como de la batimetría. Podemos decir que en cierta medida el campo está sustituyendo al laboratorio en los estudios experimentales de

dinámica fluvial y en particular en la dinámica de embalses.

3.2 Propuesta

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto y la experiencia de los miembros de la Red de los Laboratorios de Hidráulica de España, se proponen los siguientes objetivos para una posible colaboración:



- B1. Puesta a punto de una metodología para facilitar la obtención de la batimetría de embalses y la evolución temporal/espacial de los sedimentos almacenados. Para ello se propone utilizar ecosondas multihaz, posicionamiento GPS y modelos digitales del fondo del embalse.

- B2. A partir de la experiencia ya existente, mejorar el diseño y construir un nuevo prototipo de plataforma flotante para registrar en continuo y de forma automática variables vinculadas a la calidad del agua (temperatura, conductividad y oxígeno disuelto) en la columna de agua de un embalse.

- B3. Mediante la información obtenida en campo (puntos anteriores) desarrollar una metodología para la simulación numérica bidimensional de la dinámica de embalses (evolución espacio/temporal de la temperatura y velocidad) al objeto de facilitar la toma de decisiones que hagan posible una gestión sostenible.

- B4. A partir de información de campo, analizar la recuperación de las características naturales del río aguas abajo de la presa, en particular el régimen térmico y el transporte sólido en suspensión.

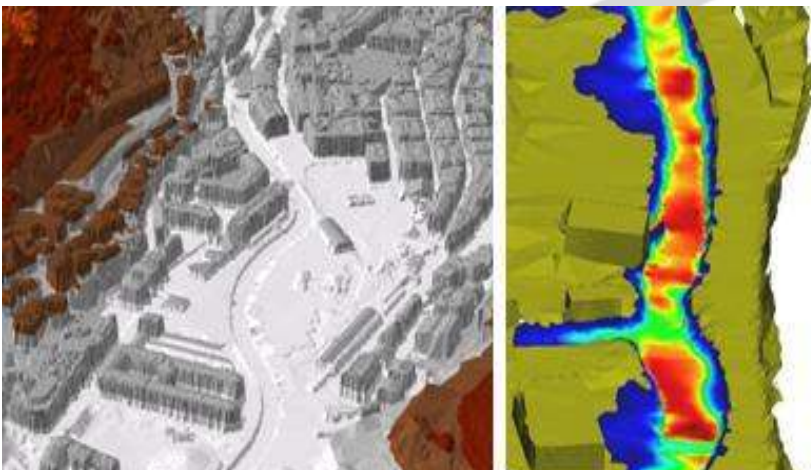
- B5. Desarrollar un proyecto piloto que incorpore los objetivos alcanzados en los puntos anteriores.



Análisis de la calidad del agua en el llenado del hueco de la mina de carbón de Meirama (A Coruña) (146 hm3)

Línea prioritaria C. Riesgo asociado a la escorrentía urbana

El Plan Nacional de Calidad de las aguas consigna una cantidad de 18.000 millones € para la mejora de las redes de saneamiento, estaciones de depuración y la mejora de la calidad del agua de los medios receptores (ríos, estuarios, frente costero). Del orden de 3.000 millones € se destinan a tanques de tormenta (depósitos para el control de la contaminación).



Modelo digital del terreno (LIDAR) en un **área urbana de Andorra** y altura de inundación obtenida mediante modelación numérica bidimensional.

La Directiva Marco del Agua obliga en 2015 a garantizar el buen estado ecológico de las aguas. Una de las agresiones fundamentales de las aguas continentales y costeras es la producida por vertidos desde sistemas de saneamiento. Las cantidades referidas en el párrafo anterior tienen como fin último cumplir estos objetivos de calidad.

El tipo de actuación que está proliferando con el objeto de la protección del medio se resume en la terminología norteamericana como BMP (Best Management Practices), en la británica como SUDS (Sustainable Urban Drainage Systems) y en la española con diversas traducciones o interpretaciones de

las anteriores: TGEU (técnicas de gestión de la escorrentía urbana), TDUS (Técnicas de Drenaje urbano Sostenible), etc...

En esencia, estas técnicas, de muy variada plasmación práctica, se basan en pocos principios:

- Reducir el caudal de agua pluvial que se transforma en escorrentía, aumentando la infiltración y la detención inicial en el lugar donde llueve.
- Laminar las aguas de sistemas unitarios para no verter agua contaminada al medio receptor
- Tratar las aguas pluviales de sistemas separativos con sistemas específicos para eliminar la contaminación de las aguas de escorrentía

Aunque hay profusa información tecnológica y de actuaciones reales en Europa y Estados Unidos, apenas hay normativa o criterios de diseño de estas estructuras, no ya de las más complejas (humedales,...) sino de las más conceptualmente simples, como los depósitos de retención.

Instrumentación del modelo a escala de un tanque de tormenta



Ensayo de escorrentía con lluvia artificial y distintos entramados urbanos



Las variables a optimizar en estas estructuras o sistemas son incontables: la idoneidad de las formas de entrada/salida para garantizar la decantación, los elementos de control de caudal hacia EDAR, los rendimientos en eliminación de contaminación, la garantía de autolimpieza,...

Desde el punto de vista global, el volumen total implantado y su distribución en la cuenca, o la posible reutilización del agua pluvial tras su pretratamiento también son materias que requieren estudios, a nivel numérico y conceptual

Las líneas de trabajo que surgen de esta problemática abarcan trabajo en laboratorio, trabajo numérico y también, y sobre todo, trabajo en campo. La medición de rendimientos en eliminación de contaminación es algo difícilmente escalable y la única aproximación posible es la medición sobre obra ejecutada.

Existen además otras líneas de trabajo importantes asociadas al Plan Nacional. Las redes de drenaje actúan en muchos casos como decantadores, y acumulan en su fondo una gran cantidad de sólidos, que son movilizados durante los episodios de lluvia, provocando así grandes puntas de contaminación. Se requiere más conocimiento sobre formas de colectores que generen tensiones de corte importantes para pequeños caudales (secciones con formas distintas de la circular), y sobre arrastre de sólidos cohesivos (lo que puede hacerse en laboratorio y de nuevo también en campo).

Otra línea con una fuerte demanda en ciudades con orografías accidentadas son los elementos de disipación de energía en redes de saneamiento y drenaje. Existe un catálogo de tipologías (saltos, rápidas escalonadas, vórtices, etc...) pero apenas hay información cuantitativa sobre el rendimiento real de estas obras, ni criterios de diseño unificados, ni guías que permitan discernir cuál es la mejor solución para un problema concreto. Este es un campo en el que la experimentación de laboratorio tiene mucho que aportar. El número de estas obras en una red es importante, y desgraciadamente no se les suele prestar el tiempo de análisis necesario, salvo en el caso de obras de gran envergadura.

Por último, la hidrología urbana, incluyendo los procesos de transformación lluvia-escorrentía y la circulación del agua por el entramado urbano, presentan lagunas importantes. Los modelos numéricos comerciales, aún los más avanzados, simplifican excesivamente las geometrías y utilizan parámetros globalizadores que no responden a la realidad física: las cuencas se asocian a rectángulos, la rugosidad real de los tejados no se tiene en cuenta, el bombeo de las calles se obvia, las rejillas de los imbornales no se condieren en el cálculo, etc. En este campo se pueden proponer muchos estudios para contrastar hasta qué punto los modelos están reflejando adecuadamente la realidad, y si las simplificaciones que se realizan son asumibles. En el caso concreto de las rejillas y los imbornales, ya hay una gran experiencia que demuestra la importancia de su adecuada modelización. En esta misma línea, el flujo por las calles, y el riesgo asociado (arrastrés de personas y bienes) también requiere estudios específicos, que los modelos convencionales no recogen.

4.2 Propuesta

Atendiendo a lo anteriormente expuesto se plantean las siguientes actividades objeto de posible colaboración:

- C1. Realizar ensayos en modelo y prototipo orientados a la optimización de las estructuras de retención y detención de aguas pluviales y/o mixtas.
- C2. Analizar en prototipo el potencial de reutilización de aguas pluviales retenidas en estructuras de detención.
- C3. Análisis en laboratorio de secciones de colector y elementos de disipación de energía, orientados a la optimización de su funcionamiento teniendo en cuenta los aportes sólidos.
- C4. Campañas de laboratorio orientadas a la calibración y verificación de los modelos numéricos comúnmente utilizados en hidrología urbana.

Línea prioritaria D. Seguridad de presas. Aspectos hidrológicos e hidráulicos

Desde el año 1967, la Reglamentación en materia de presas en España la constituyen básicamente la Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas, la cual se complementó en el año 1996 con el Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses.

La Instrucción del año 1967 (redactada en una época en la que en España apenas había 600 presas en explotación) establecía unos criterios de seguridad comunes a todas las presas consistentes, de manera resumida, en que los aliviaderos de las nuevas presas debían ser capaces de evacuar (con o sin resguardo respectivamente) las denominadas Avenidas Normal (50 años de periodo de retorno) y de Proyecto (500 años de recurrencia).

El Reglamento de 1996 fijó unos criterios más modernos (en la línea de la Reglamentación de otros países) clasificando a las nuevas presas en tres categorías (A, B ó C) en función del riesgo derivado de una potencial rotura de las mismas, dejando a criterio del respectivo proyectista los valores de los periodos de retorno de las Avenidas de Proyecto y Extrema que tendrán que ser capaces de desaguar las presas, respectivamente, con un resguardo mínimo o agotando el resguardo.

Ante la indefinición en el Reglamento de 1996 de dichos valores de los periodos de retorno de las citadas Avenidas de Proyecto y Extrema, han sido generalmente utilizados en la práctica los propuestos al respecto por la Guía Técnica nº5 "Aliviaderos y desagües" del Comité Español de Grandes Presas y que se resumen en la tabla adjunta.

Criterios de diseño en la Guía Técnica nº5

"Aliviaderos y desagües" del Comité Español de Grandes Presas

	Avenida de Proyecto (resguardo mínimo 0,5 a 1,0 m)	Avenida Extrema (agotamiento del resguardo)
Categoría A	1.000 años	5.000 a 10.000 años
Categoría B	500 años	1.000 a 5.000 años
Categoría C	100 años	100 a 500 años



Modelo reducido de la presa de Montearagón



En cualquier caso, son muchas las reflexiones y comentarios susceptibles de ser realizados a dicha Reglamentación de 1996. Por ejemplo, cabe destacar su falta de concreción en los criterios de diseño de los órganos de desagüe de las presas al dejar los mismos a criterio de cada Proyecto, a diferencia de la Instrucción de 1967 que sí fijaba dichos valores. Esta circunstancia ha generado una laguna jurídica que ha hecho que, a falta de referencias más sólidas, los criterios de las Guías del Comité Español de Grandes Presas hayan pasado a ser la referencia unánimemente aceptada como criterios de diseño de los aliviaderos de las nuevas presas.

Otro aspecto también opinable de la Reglamentación de 1996, y que se ha convertido en fuente de numerosos debates, es la forma en la que dicha normativa debe ser aplicada a las presas en la actualidad en servicio, puesto que en muchos casos la adecuación de los órganos de desagüe de presas de cierta antigüedad a los criterios de la nueva Reglamentación es tarea ciertamente compleja. Por ejemplo, a veces los aliviaderos existentes tienen capacidad suficiente para desaguar la avenida extrema sin necesidad de ampliar sensiblemente su capacidad, siendo suficiente plantear solamente pequeñas reformas (mejora de las embocaduras o de las rápidas de los aliviaderos, por ejemplo) para mejorar su funcionamiento; en otras ocasiones, sí es necesario recurrir a obras más complejas, pues la capacidad de los aliviaderos existentes de las presas es insuficiente para evacuar la avenida extrema, siendo necesario proceder a su ampliación mediante aliviaderos complementarios, recrecimientos de la presa o rebaje de la cota del aliviadero. Incluso en casos más complejos, a veces se recurre a aliviaderos mediante dispositivos especiales, como laberintos o sifones.

De lo dicho en apartados anteriores se desprende una situación de cierta confusión en la que conviven diferentes normativas redactadas en distintos momentos y con diferente aplicabilidad en función de la titularidad, de la antigüedad de la presa o del ámbito geográfico en el que se ubique, lo cual motiva la necesidad de unificar la reglamentación y dar a la seguridad de las presas la importancia que se merece regulándola a través de una Ley estatal. Con este motivo, el actual Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino viene trabajando desde hace unos años en la publicación de una Ley de Seguridad de Presas que resuelva esta compleja situación.

5.2 Propuesta

La mejora de la seguridad de las presas en servicio en España (canalizada básicamente con el objetivo de adecuarlas a las exigencias del Reglamento de 1996) es una línea prioritaria de actuación del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, MARM. De hecho, tiene puesto en marcha un programa de adecuación de las presas de titularidad estatal a dicha normativa mediante el cual se van a ir acometiendo las actuaciones de mejora propuestas por los responsables de la explotación de las presas (en concreto se propone actuar en unas 225 presas).

Los organismos que integran la Red de Laboratorios de Hidráulica de España podrían colaborar con el MARM en la consecución de los anteriores objetivos en numerosos campos, como los siguientes:

- **D1.** Estudios específicos (en modelo matemático o en modelo físico a escala reducida) para dar solución a casos concretos de aquellas presas en las que sea necesario aumentar la capacidad de desagüe de sus aliviaderos. Esta actuación ya se realiza en la actualidad, si bien podría aumentar su eficacia si se actuase de una forma coordinada
- **D2.** Redacción de Guías Técnicas que permitiesen generalizar el conocimiento acumulado en los estudios anteriores
- **D3.** Aumentar el conocimiento disponible relativo a los aliviaderos mediante dispositivos especiales (aliviaderos en laberinto, fusibles o en sifón). El conocimiento y la experiencia derivada del empleo de estos dispositivos es aun escasa en nuestro país, si bien su uso resulta tentador para aumentar notablemente la capacidad de desagüe de los aliviaderos de las presas existentes
- **D4.** Aumentar el conocimiento disponible en relación con la capacidad de verter por coronación (con las debidas protecciones) las presas de materiales sueltos; así como la evaluación de las acciones hidrodinámicas al pie de presa, en el caso de vertido libre por coronación en las presas de fábrica.