

# FE DE ERRATAS

Tesis Doctoral

## RECONSTRUCCIÓN HISTÓRICA, ESTRUCTURAL, HIDROLÓGICA, HIDRÁULICA Y SOCIOECONÓMICA DE LA CATÁSTROFE DE RIBADELAGO (ROTURA DE LA PRESA DE VEGA DE TERA)

De acuerdo con las referencias bibliográficas incluidas en la Tesis, página 422, en las que se incluyen dos artículos de los autores *Díez-Cascón, J. (2002)* y *Díez-Cascón, J. y Bueno, F. (2005)*, se han advertido errores en la referenciación del texto una vez realizada la impresión del mismo.

En la página 29, primer párrafo, añadimos al final del mismo la referencia (Díez-Cascón, 2002).

En esa misma página comenzamos el segundo párrafo diciendo:

J. Díez Cascón realiza un exhaustivo análisis histórico de la evolución de la construcción de presas, que se completa en un segundo artículo que firma él mismo junto a F. Bueno. En su análisis dice:

*La disponibilidad de agua siempre ha sido uno de los condicionantes más importantes para el establecimiento y desarrollo de asentamientos humanos. El equilibrio entre necesidades y disponibilidades de agua depende de los condicionantes relativos al entorno natural y a los de las actividades humanas desarrolladas. La búsqueda de este equilibrio ha requerido, en cada circunstancia particular, la adopción de soluciones de distinto tipo, entre las que siempre han destacado los azudes de derivación y las presas de embalse, sobre todo en aquellos países en los que el agua es un bien escaso. En España, donde el agua es abundante, es irregular en su presencia en el tiempo y en el espacio.*

*Desde un principio las presas y azudes han sido actores principales en la historia de España en lo que afecta a la supervivencia y la satisfacción de las necesidades de cada asentamiento o núcleo y, en épocas más recientes, también lo ha sido en lo que afecta a sus procesos de organización, es decir, a los de la planificación territorial.*

*Durante el periodo que ocupa desde dos centurias antes de nuestra Era hasta finales del siglo XIX, y salvo tímidos, inconclusos y variados intentos, no puede hablarse de planificación territorial e hidráulica. En el siglo XX los esfuerzos planificadores han requerido la construcción de un gran número de presas, erigiéndose éstas como motores del desarrollo socio-económico de nuestro país.*

*El diseño y construcción de presas varía en el espacio y en el tiempo. En el espacio, porque los condicionantes de cada emplazamiento son irrepetibles y en el tiempo, porque el conocimiento de los condicionantes que intervienen en la decisión ha ido evolucionando, así como la capacidad de influencia sobre ellos y el peso relativo de cada uno en la decisión final. De este modo podemos clasificar los condicionantes de dos formas:*

En la página 29, último párrafo, añadimos al final del mismo la referencia (Díez-Cascón, 2002).

En la página 30, comenzamos el punto 1.3.1.2, añadiendo al principio:

Continúan los autores desglosando la evolución de estas importantes infraestructuras hidráulicas, y por su interés científico reproducimos una parte importante de sus reflexiones:

*La disponibilidad de los materiales y el avance de la ciencia que los estudia, han condicionado el desarrollo de la ingeniería de presas de fábrica. En el siglo XX, la evolución de los hormigones ha determinado la tipología de las presas, métodos de construcción y calidad y economía de obra. La evolución de los conglomerantes ha estado dirigida por la búsqueda de sistemas de fabricación que garantizaran una calidad uniforme y suficiente, así como por las indagaciones sobre elementos sustitutivos que permitieran mejorar las características del cemento base a la vez que reducir su calor de hidratación. En el desarrollo de los conglomerantes podemos distinguir los siguientes periodos:*

- *Periodo de utilización de cales y cementos naturales, que ocupa desde las primeras civilizaciones hasta los primeros años del siglo XX.*
- *Periodo inicial de los cementos artificiales, que ocupa las primeras décadas del siglo XX. En este periodo se alcanza el conocimiento elemental de los componentes y procesos de hidratación que explican las características de los distintos cementos hidráulicos.*
- *Periodo de desarrollo y mejora de los cementos artificiales, que ocupa desde la década de los 40 hasta la mitad de la de los 60. En este periodo se produce un paulatino y sustancial progreso en los procesos de fabricación y control y, en consecuencia, de la uniformidad del suministro.*
- *Periodo de inicio en el uso de adiciones puzolánicas, que comprende gran parte de la década de los 50 y se extiende hasta finales de la de los 70.*

- *Periodo de intensificación en el uso de adiciones puzolánicas, que comprende desde finales de los 70 hasta la actualidad y coincide con el desarrollo de las presas de hormigón compactado con rodillo (HCR).*

*En el desarrollo evolutivo de los hormigones se pueden establecer distintos periodos y escuelas.*

*En lo que se refiere a las escuelas se puede en esencia distinguir, la escuela americana, que abogaba por bajas dosificaciones de conglomerante y altos contenidos de puzolanas, y la europea, que lo hacía por las altas dosificaciones de conglomerante y reducidos contenidos de puzolanas. Respecto a los periodos evolutivos se pueden señalar los siguientes:*

- *Periodo previo, que ocupa en el tiempo hasta 1940. Durante este periodo se desarrollan los aspectos básicos, se utilizan distintos tipos de hormigones, se alcanza un estadio mínimo en la ciencia y tecnología y se publican las primeras normas.*
- *Periodo de desarrollo, cuya franja temporal ocupa desde 1940 hasta 1970. Durante este periodo se le da una progresiva importancia a las arenas. Se produce un cambio en la concepción de la calidad y su control y se hace un uso progresivo de las puzolanas.*
- *Periodo de desarrollo del hormigón compactado con rodillo (HCR), que ocupa desde 1970 hasta la actualidad.*

*La evolución de la tecnología en la construcción de presas ha estado condicionada por el desarrollo tecnológico general y por el incremento de la velocidad de construcción. Ambos conllevan la necesidad de utilizar conglomerantes de baja energía y técnicas de refrigeración del hormigón y/o de sus componentes, así como de revisar los criterios de diseño. Se pueden considerar los siguientes periodos en la evolución tecnológica:*

- *Periodo pretecnológico, que ocupa en el tiempo hasta 1900. Este periodo se caracteriza por la utilización de medios manuales y métodos intuitivos.*
- *Periodo en el que se dan los primeros pasos del desarrollo tecnológico, que ocupa los años desde 1900 hasta 1930. Durante este periodo coexisten las fábricas de mampostería con las de hormigón. Los medios e instalaciones de puesta en obra son cada vez más potentes y se construyen las presas por ménsulas, es decir aparecen las juntas funcionales.*
- *Periodo de desarrollo de los actuales métodos de puesta en obra, que ocupa los años desde 1930 hasta 1970. Durante este periodo las plantas de tratamiento de áridos son cada vez más fiables y regulares. Se introduce la clasificación hidrodinámica de las arenas (a partir de la década de los 60) y las técnicas de enfriamiento de los componentes del hormigón y/o del hormigón colocado. Se construyen las presas por bloques (juntas longitudinales y transversales), se desarrollan las técnicas de inyección en general y se incrementa el distanciamiento entre el "regulado pragmatismo" americano y la "practicidad" europea.*
- *Periodo de desarrollo de la técnica de construcción de presas de fábrica con hormigones consolidados con vibración y compresión externas (Rollcrete o HCR), que ocupa los años desde 1970 hasta la actualidad.*

*La evolución del conocimiento de la interacción de la presa con su entorno y del cómo las acciones actuantes generan las respuestas en la presa-embalse, depende del grado de desarrollo del conocimiento teórico y empírico alcanzado al respecto (modelos a escala reducida y auscultación de presas). Se pueden considerar los siguientes periodos de evolución:*

- *Periodo de conocimiento "exclusivo" e "intuitivo", que comprende desde el 3000 a.C. hasta las primeras décadas del siglo XIX.*
- *Periodo de inicio de la aplicación de los principios de la Mecánica Racional, que ocupa gran parte del siglo XIX, fundamentalmente la segunda mitad. Durante este periodo se observa una gran desorientación en los diseños y se descubre la "realidad física" de la subpresión (roturas de las presas de El Habra y Bouzey).*
- *Periodo que abarca las primeras cuatro décadas del siglo XX. Durante ese periodo se aplican las teorías de Levy (Cristóbal, 1972), que superan los principios del estado tensional de Rankine, introduciéndose el concepto de subpresión en el cálculo de dicho estado tensional. Se mejora la modelización de las presas de gravedad y arco, se dan los primeros pasos en la instrumentación y se desarrollan los primeros ensayos en modelos estructurales e hidráulicos, con una modelización del terreno simplista. En este periodo se produce la expansión de las presas de hormigón y el gradual abandono de las de mampostería, así como el gran desarrollo de las instalaciones y medios de puesta en obra.*
- *Periodo que transcurre en los años centrales del siglo XX (1940-1965). Durante este periodo se utiliza la auscultación de las presas para el refinado de modelos físicos y numéricos de cálculo, se mejora la técnica de los ensayos elásticos, se inician y desarrollan los ensayos geomecánicos y a rotura y se desarrollan soluciones hidráulicas "novedosas". En este periodo se producen las roturas de las presas de Vega de Tera y Malpasset, y el deslizamiento de ladera en el embalse de Vaiont.*

- *Periodo que abarca las últimas décadas del siglo XX. Durante este periodo se desarrolla el método de los elementos finitos (MEF), se utilizan de forma progresiva medios informáticos, se mejora el conocimiento de algunas acciones (sismos) y la respuesta de otras (sismos, envejecimiento, efectos térmicos, fisuraciones, etc.), se desarrollan técnicas de auscultación y se produce un cierto "desinterés" por la realización de ensayos estructurales.*

*España ha estado, salvo cortos periodos de tiempo, en el grupo de países con mayor desarrollo de la ingeniería de presas, con las siguientes puntualizaciones y hechos destacables:*

- *Durante el periodo intuitivo en la ingeniería de presas España ha sido referencia en la construcción de presas. En particular durante la época de dominación romana y en los siglos XVI y XVII, con la construcción de las modernas presas levantinas.*
- *En la segunda mitad del siglo XIX nuestro país adoptó rápidamente los principios de la Mecánica Racional y su traslado al campo de las realizaciones prácticas. La experiencia y buenos resultados del periodo "intuitivo" evitaron la desorientación existente en otros países.*
- *Durante las primeras décadas del siglo XX, se utilizó de forma casi exclusiva la tipología de presas de gravedad y de forma esporádica la de arco. En la construcción de las primeras grandes presas de aprovechamiento hidroeléctrico se utilizaron instalaciones auxiliares y medios de construcción de primer nivel, repercutiendo de forma negativa en los medios y financiación de las presas del Estado la descoordinación existente en la administración. Los ensayos hidráulicos en modelo reducido y tratamiento del terreno adquirieron un alto nivel y la instrumentación y control de las presas era casi nula. Durante este periodo, los ingenieros tenían un alto nivel técnico y consiguieron que un buen número de proyectos figuraran entre los más importantes del mundo.*
- *En las décadas centrales del siglo XX, la mala situación económica existente desde el final de la guerra hasta el levantamiento del embargo y bloqueo internacional (1953) generó el mayor desfase que ha existido nunca con el resto del mundo. Los precarios medios de puesta en obra fueron causa de un estancamiento de los rendimientos y en algunos casos de la falta de calidad en las décadas de los 40 y gran parte de los 50. Sin embargo, en determinados casos y con instalaciones utilizadas dos décadas antes, se consiguieron realizaciones notables en cuanto a calidad y rendimiento. El Servicio de Vigilancia de Presas, creado a finales de la década de los 50, sirvió en gran medida de catalizador y generador del saber hacer de la ingeniería de presas. El despegue económico de las décadas de los 60 y 70 necesitó del gran desarrollo de la política hidráulica en sus facetas hidroeléctrica y de regadío. La capacidad técnica general permitió que en un plazo de 10 años se corrigiesen los atrasos tecnológicos y se alcanzase un alto nivel en todos los aspectos.*
- *Y es en las últimas décadas del siglo XX, cuando se produce una rápida adopción y desarrollo de la técnica del hormigón HCR (Rollcrete), permitiendo que España pueda considerarse como un país pionero en este campo. En este periodo se concedió especial importancia a la adecuación de las presas existentes a las normativas y conceptos de seguridad vigentes en la actualidad.*