

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS



ORGANO PROFESIONAL DE LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

BRASILIA 2009

**XXIII Congreso
Internacional de
Grandes Presas**





tenagar *24 horas*



- Ejecución de obras de urgencia o corto plazo.
- Inauguraciones.
- Aumento de producciones.
- Sustitución/apoyo a otras empresas.
- Imprevistos...

► **compromiso 24 horas tenagar**

- Primera visita a pié de obra en cualquier punto de España en un plazo inferior a 24 h.
- Presupuesto personalizado, y una vez aceptado en 24 h. desplazamiento a obra con encofrados, cimbras, grúas y encofradores altamente especializados más toda la documentación necesaria.



¡¡ somos la solución a su urgencia, avalados por **45** años de experiencia **!!**
y más de **1.100** obras realizadas

Propósito de la Revista de Obras Públicas

La Revista de Obras Públicas es, básicamente, una revista de carácter técnico, que pertenece al mundo cultural de la Ingeniería Civil.

Órgano Profesional de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, su ámbito de divulgación es, pues, tanto el colectivo de éstos como el de su entorno técnico, científico, económico, cultural y social directamente ligado al mismo, de manera que los artículos que en ella se publican presenten el máximo interés para todos sus potenciales lectores.

Tal ha sido su línea editorial desde su fundación en 1853, y su objetivo sigue siendo continuar e innovar esa línea de reflexión sobre el oficio.

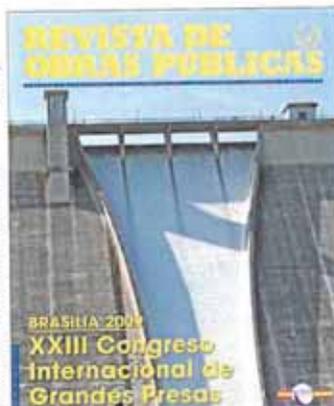
Así, la ROP, dentro de su contenido técnico, se adentra en un mundo más amplio que el de las revistas puramente científicas (cuyo objetivo, de mayor especialización, es el de dar a conocer de manera exclusiva tecnologías muy específicas y trabajos de investigación), atendiendo al ingeniero proyectista y al constructor, al mundo de las enseñanzas técnicas y al de las actividades profesionales, así como a las relaciones de la ciencia, la técnica y la cultura con la política sectorial y la sociedad civil.

Sumario

nº 3.509 • Año 157 • Abril 2010

- 5-7**
Brasilia 2009.
XXIII Congreso Internacional de Grandes Presas
José Polimón López
- 11-14**
De Barcelona 2006 a Brasilia 2009
Luis Berga Casafont
- 15-36**
Síntesis de la actividad de construcción de presas en España en el trienio 2007-2009
Juan Carlos de Cea Azañedo, Francisco Javier Sánchez Cabezas
- 37-46**
Q88. Presas y energía hidroeléctrica
Daniel García-Lorenzana Acasuso
- 47-64**
Q89. Gestión de la sedimentación en embalses nuevos y existentes
Dolores Cordero Page, Alejandro Albert Rodríguez
- 65-72**
Q90. Mejora de presas existentes
Fernando Girón Caro, Fernando Vázquez Brea
- 73-82**
Q91. Gestión de la seguridad de presas
Juan Carlos de Cea Azañedo, Francisco Javier Sánchez Cabezas
- 83-92**
La 77ª Reunión Ejecutiva Anual de ICOLD y XXIII Congreso Internacional de Grandes Presas
Juan Carlos de Cea Azañedo

- 93-98**
Máster Universitario Internacional en Explotación y Seguridad de Presas y Balsas
José Polimón López, Fernando Girón Caro
- 99-102**
Manuel Alonso Franco, maestro de presas
Fernando Sáenz Ridruejo
- 103-106**
VII Premio Internacional José Torán
Nuria Segura Notario
- 107-112**
Manual para el proyecto, construcción, explotación, diseño y mantenimiento de balsas
Jesús Yagüe Córdova, Juan Carlos de Cea Azañedo
- 113-116**
Conclusiones de la Jornada "El papel de las balsas en la gestión sostenible del agua"
José María González Ortega
- 117-124**
La importancia de los pequeños detalles de diseño de la presa de Las Navas del Marqués
Jesús Morán Cabrerros, Isabel Granados García, Alfredo Granados García
- 125-148**
Construcción de la presa de Lechago
Fernando Esteban García, Antonio Soriano Peña, Antonio Soriano Martínez



Portada: Presa de Itolz vertiendo (Navarra). Foto cedida por la Confederación Hidrográfica del Ebro.

- 149-158**
La presa de Villalba de los Barros: 500 años de presas en la cuenca del Guadajira
Fernando Aranda Gutiérrez, Jesús Mº Sánchez Carcaboso, Mº Ángeles Fontán García
- 159-178**
Construcción de presas en el exterior. Periodo entre congresos Barcelona 2006 y Brasilia 2009
Antonio Capote del Villar, Fernando Abadía Anadón, Víctor E. Flórez Casillas

Este número de la Revista de Obras Públicas ha sido coordinado por el Comité Nacional Español de Grandes Presas, bajo la dirección de su Secretario Técnico Nuria Segura Notario.

Se admiten comentarios a los artículos publicados en el presente número, que deberán ser remitidos a la redacción de la ROP antes del 30 de julio de 2010

Director: Juan Antonio Becerril Bustamante (17jbb@ciccp.es)	Redacción: Jesús Benito Torres (17jbt@ciccp.es) Gloria Martín Sicilia (17gms@ciccp.es)	Imprime: Grafolsiet SL impresores.
Redactor Jefe: Juan A. Sánchez Rey (ropi@ciccp.es)	Publicidad: Alejandro Cobelas Martínez (17acm@ciccp.es) 609.909.242 - 91.859.19.50	Depósito Legal: M-156-1958. ISSN: 0034-8619. rop@ciccp.es www.ciccp.es/rop/index.htm
Maquetación: José Luis Saura (jsaura@ciccp.es)	Edita: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.	Suscripciones: suscripcionesrop@ciccp.es Almagro, 42. 28010 Madrid. Tel. 91.308.19.88 Fax: 91.319.15.31
Periodicidad mensual (11 números al año). Publicación decana de la prensa española no diaria. Fundada en 1853		

La Revista de Obras Públicas no se hace responsable del contenido de ningún artículo y el hecho de que proceda a su difusión no implica, necesariamente, conformidad con los tesis expuestas. La opinión de la Revista sobre un tema queda reflejada en los editoriales.
De acuerdo con las disposiciones vigentes, deberá mencionarse el nombre de esta Revista en toda reproducción total o parcial de los trabajos contenidos en la misma, sean textos o fotografías, por cualquier persona o por el propio autor.
Los originales de la Revista de Obras Públicas, publicados en papel ó en versión electrónica, son propiedad de la misma, siendo necesario citar su procedencia en cualquier reproducción parcial o total.

The Revista de Obras Públicas is not responsible for the content of any article and their publication in this journal does not necessarily constitute an endorsement of the opinions expressed therein. The journal's opinion on a subject shall be reflected in the editorial.
In accordance with current legislation, the name of this journal shall be mentioned in all total or partial reproductions of the contents of the same, whether text or illustration, by any person or the author themselves.
The originals of the Revista de Obras Públicas, published in paper or electronic version, are the property of the same and the source shall be cited in any partial or total reproduction.

POR UNAS INFRAESTRUCTURAS DURADERAS

AU SI GE TI

Asociación Nacional
de Auscultación
y Sistemas de Gestión
Técnica de Infraestructuras

Empresas asociadas:



CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN

Presidente:

José Antonio Torroja Cavanillas

Vocales:

Miguel Aguiló Alonso

Luis Berga Casafont

Juan Francisco Lazzano Acedo

José Antonio Revilla Cortezón

Julio Martínez Calzón

Pedro Rodríguez Herranz

Edelmiro Rúa Álvarez

Juan Antonio Santamera Sánchez

Benjamín Suárez Arroyo

Leonardo Torres-Quevedo y Torres-Quevedo

Director:

Juan Antonio Becerril Bustamante

COMISIÓN DE EXPERTOS

Federico Bonet Zapater

Javier Botella Atienza

Gerardo Cruz Jimeno

Javier Díez González

José Luis Gómez Ordoñez

Santiago Hernández Fernández

Antonio Huerto Cerezuela

Ernesto Hontoria García

Javier Manterola Armién

Manuel Melis Moynar

Felipe Mendaña Soavevra

Eugenia Oñate Ibáñez de Navarra

Carlos Oteo Mazo

Mariana Palancar Penella

Santiago Pérez-Fadón Martínez

Ángel Pérez Jamar

José Polimón López

José Rubio Bosch

Javier Rui-Wamba Martija

Fernando Sáenz Ridruejo

Andrés Sahuquillo Herratz

Francisco Javier Samper Calvete

Vicente Sánchez Gálvez

Antonio Soriano Peña

Pedro Suárez Boreas

Ignacio Tejero Monzón

Javier Torres Ruiz

Santiago Uribe Romero

Eugenio Vallarino y Cánovas del Castillo

COMITÉ EDITORIAL

Manuel Arnáiz Ronda

Juan Antonio Becerril Bustamante

Antonio de las Casas Gómez

Jesús Gómez Hermoso

Marta Marco Carmena

José Polimón López

Juan Rodríguez de la Rúa

Presentación

Brasilia 2009. XXIII Congreso Internacional de Grandes Presas

Revista de Obras Públicas
nº 3.509, Año 157
Abril 2010
ISSN: 0034-8619

José Polimón López. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Presidente del Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD).
presidente@spancold.es

El Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD) comenzó, hace ya 49 años, esta colaboración con la Revista de Obras Públicas para transmitir, a la comunidad científica y técnica relacionada con las Presas, las novedades e innovaciones recogidas en los Congresos de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD).

Continuando con esta línea de transmisión de tecnología se presentan en este número los informes sobre las cuatro cuestiones analizadas en el Congreso celebrado en Brasilia el pasado mes de Mayo de 2009, junto con el tradicional informe de Síntesis sobre la actividad de construcción de presas en España en el período entre congresos.

Los días anteriores a cada Congreso, se celebra también la Reunión Anual de ICOLD, en la que los Comités Técnicos Internacionales debaten los problemas asignados a cada uno de ellos, que dan lugar a avances técnicos y posteriormente a la publicación de los Boletines en los que se plasma el estado del arte de los diferentes aspectos tratados y las soluciones recomendadas para la buena práctica en las distintas fases del ciclo de vida de las presas.

En estas reuniones se están teniendo muy en cuenta dos de los mayores retos actuales relacionados con el Agua y la Energía: los efectos del Cambio Climático Global y la necesidad de disponer de un suministro de energía fiable que tenga una mayor cuota de Energías Renovables, entre las que la hidroeléctrica regulada y reversible aumenta su importancia.

Contenido

Este número comienza con el artículo "De Barcelona 2006 a Brasilia 2009" del que es autor Luis Berga, que ha dirigido ICOLD de forma muy eficaz durante su mandato como Presidente en el período mencionado. Se presentan las actividades desarrolladas por ICOLD, con mención especial al 80º Aniversario de ICOLD, a la Declaración sobre la Energía Hidroeléctrica en África, al V Foro Mundial del Agua de Estambul y al Informe de Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo.

A continuación, la "Síntesis de la actividad de construcción de Presas en el trienio 2007 - 2009", recoge la lista de las 36 presas en construcción y las 2 en recrecimiento, así como las 15 que están en fase de puesta en carga, e incluye también las fichas técnicas de varias de estas presas.

Las cuatro cuestiones principales desarrolladas en Brasilia han estado centradas en problemas de gran actualidad como son:

- Q.88. Presas y Energía hidroeléctrica
- Q.89. Gestión de la Sedimentación en embalses nuevos y existentes
- Q.90. Mejora de presas existentes
- Q.91. Gestión de la Seguridad de presas

Agradecemos a los autores de estos informes la excelente labor de síntesis realizada a partir de la documentación recibida y de las presentaciones y debates del Congreso.



Como se ha dicho anteriormente, parece pertinente que se recojan los trabajos de los distintos Comités Técnicos en la Reunión Anual, lo que se hace en el artículo "La 77ª Reunión Anual de ICOLD y el XXIII Congreso Internacional de Grandes Presas", que también destaca la muy cualificada participación, en estas reuniones y en el propio Congreso, de los miembros de la Delegación Española.

Uno de los temas que se ha repetido en las sesiones de trabajo, por parte de representantes de varios países, ha sido la necesidad de contar con planes de formación de personal, especialmente para la explotación, que abarquen aspectos teóricos junto con una importante carga práctica en instalaciones existentes. Esta ha sido la razón fundamental para organizar el "Master Universitario Internacional en Explotación y Seguridad de Presas y Balsas" que se va a iniciar en el próximo mes de Septiembre de 2010, y cuyas características se detallan en el artículo correspondiente.

La reciente y sentida pérdida de Manuel Alonso Franco, uno de los expertos españoles en Presas con mayor prestigio, tanto en su larga y fecunda época de "vigilante de presas" desde la Administración Central, como en su actividad posterior de asesor, y siempre como muy activo Vocal del Comité Nacional Español de Grandes Presas, nos ha llevado a dedicarle un merecido homenaje con la semblanza de este "Maestro de Presas" preparada por Fernando Sáenz Ridruejo.

Preocupación constante de SPANCOLD desde sus orígenes ha sido el avance científico y tecnológico en las Presas, así como la transferencia y difusión del conocimiento en España y en otros países. A este objetivo responde el Premio Internacional José Torán, cuya séptima edición se ha fallado hace unos meses, correspondiendo el Premio al ingeniero venezolano José Daniel Rosales Maniglia, por su sistemática e innovadora evaluación de los factores que intervienen en la seguridad de las presas. Se incluye la reseña de este VII Premio y del Accésit concedido al Ingeniero español Mariano Palancar Penella, junto con un recordatorio de la trayectoria del Premio.

El artículo sobre el "Manual para el proyecto, construcción, explotación y mantenimiento de Balsas" resume el contenido de dicho Manual, que es muy necesario para dotar a estos elementos de unas recomendaciones técnicas que garanticen la Seguridad de las Balsas y que, al mismo tiempo, sean de fácil aplicación por los equipos multidisciplinares que intervienen en ellas. Este Manual ha nacido por iniciativa de la Dirección General de Agua, que encargó su redacción al CEDEX, cuyos Laboratorios Central, de Geotecnia y de Estudios Hidrográficos, lo han desarrollado contando con la colaboración del Comité Técnico de Balsas de SPANCOLD.

La problemática suscitada por el gran número de Balsas existentes o en construcción, que algunas fuentes estiman en más de 100.000, y la necesidad de contar con un órgano de difusión

de buenas prácticas, ha llevado a la creación de la Asociación Técnica de Balsas (ATEBA), que ha celebrado recientemente su primera jornada técnica en la que se ha llegado a las conclusiones que se presentan en el artículo correspondiente.

Como es tradicional, se aprovecha la edición de estos monográficos para presentar también algunas realizaciones en curso en España o en el extranjero con tecnología española. Se incluyen las siguientes realizaciones:

- La importancia de los pequeños detalles de diseño de la Presa de Navas del Marqués
- Construcción de la Presa de Lechago
- La Presa de Villalba de los Barros: 500 años de Presas en la Cuenca del Guadiana
- Construcción de Presas en el exterior: El Bateo (Chile), Río Portugués (Puerto Rico) y Tsankov Kamak (Bulgaria)

Finalmente, nos complace agradecer nuevamente la magnífica colaboración de la Revista de Obras Públicas a esta importante labor de difusión de conocimiento científico y de tecnologías e innovaciones en el campo de la ingeniería civil hidráulica.

IX Jornadas Técnicas de Presas. Valladolid, Junio de 2010

Las Jornadas Españolas de Presas constituyen, en la práctica, el foro de análisis y debate de los problemas encontrados y de las soluciones viables y seguras para la Gestión Sostenible del Agua, apoyadas en la Innovación y la Tecnología, así como para difundir los avances científicos y tecnológicos entre los profesionales de este sector.

Por esta razón, con el patrocinio del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, el Comité Nacional Español de Grandes Presas organiza junto con la Confederación Hidrográfica del Duero y el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y con la colaboración de la Dirección General de Protección Civil, las IX Jornadas Españolas de Presas que se celebrarán en Valladolid entre los días 15 y 17 de Junio de 2010.

En estas IX Jornadas se cuenta también con la colaboración de las Asociaciones AETESS, AETOS, ATEBA, AUSIGETI, SEMR y SEMSIG.

Los dos temas que se analizarán y debatirán son:

- Innovación y Tecnología: Planes de Emergencia y Análisis de Riesgos
- Gestión Sostenible: Las Presas y el Terreno

Invitamos a los profesionales de las presas, las balsas y la gestión sostenible del Agua a participar activamente en estas Jornadas para las que se cuenta con conferenciantes invitados de prestigio internacional y con un importante número de comunicaciones de especialistas del sector. ♦



COMITÉS TÉCNICOS SPANCOLD/ICOLD

COMITÉ SPANCOLD	PRESIDENTE (*)	COMITÉ ICOLD	CHAIRMAN
Actividades del ingeniero en planificación de recursos hidráulicos	A. Burgueño	Engineering activities in the planning process for water resources projects	A. Walz (USA)
Aspectos sísmicos	F. Blázquez	Seismic aspects of dam design	M. Wieland (Suiza)
Auscultación de presas	J. Fleitz	Dam surveillance	B. Goguel (Francia)
Avenidas	L. Berga	Dams and floods	C. Guilaud (Canadá)
Balsas	J. Polimón / F.J. Sánchez Cabezas	Small dams	F. Silveira (Brasil)
Cálculo de presas	M ^o . G. Mañueco / I. Escuder	Computational aspects of analysis and design of dams	A. Carrère (Francia)
Presas de Estériles	J. Polimón/J.L. de Justo	Tailings dams and waste lagoons	R. Williamson (Sudáfrica)
Explotación, mantenimiento y rehabilitación	F. Girón	Operation, maintenance and rehabilitation of dams	P. Cummins (Australia)
Hidráulica	A. Granados	Hydraulics for dams	A. Lejeune (Bélgica)
Hormigón para presas	J.M. Buil	Concrete dams	R. Charlwood (USA)
Materiales para presas de materiales Suelos	C. Olalla	Materials for fill dams	A. Marulanda (Colombia)
Medio ambiente	F. Santos	Environment	K. Baba (Japón)
Papel de las presas en el desarrollo y la gestión de cuencas	E. Cifres	Role of dams in the development and management of river basins	E. Cifres (España)
Presas y cambio climático	F.J. Sánchez Caro	Global climate change	R. Lemons (USA)
Puesta fuera de servicio de presas	A. Pastor	Dam decommissioning	E. D. Edwards (USA)
Registro Mundial de presas	R. Lafuente	Register of dams and documentation	W. Floegl (Austria)
Relaciones públicas	J. Polimón	Public awareness and education	P. Mulvihill (USA)
Sedimentación de embalses	J.C. de Cea	Sedimentation of reservoirs	G. Basson (Sudáfrica)
Seguridad	A. Gil	Dam Safety	A. Zielinski (Canadá)
Presas y transferencias de aguas	M ^o . G. Mañueco	Dams and Water Transfers	C.D. Thatte (India)
Reducción de costes en la construcción de presas	F. Ortega Santos	Cost Savings in Dam Construction	F. Lempérière (Francia)
Presas subterráneas	J.P. de Francisco	Groundwater Dams	H.S. Kim (Corea)
Presas y Energía Hidroeléctrica	A. Román	Dams for hydroelectric energy	G. Ruggeri (Italia)

* El Presidente es normalmente también el representante de España en el Comité Internacional. Cuando aparecen dos nombres corresponde a Presidente / Representante.

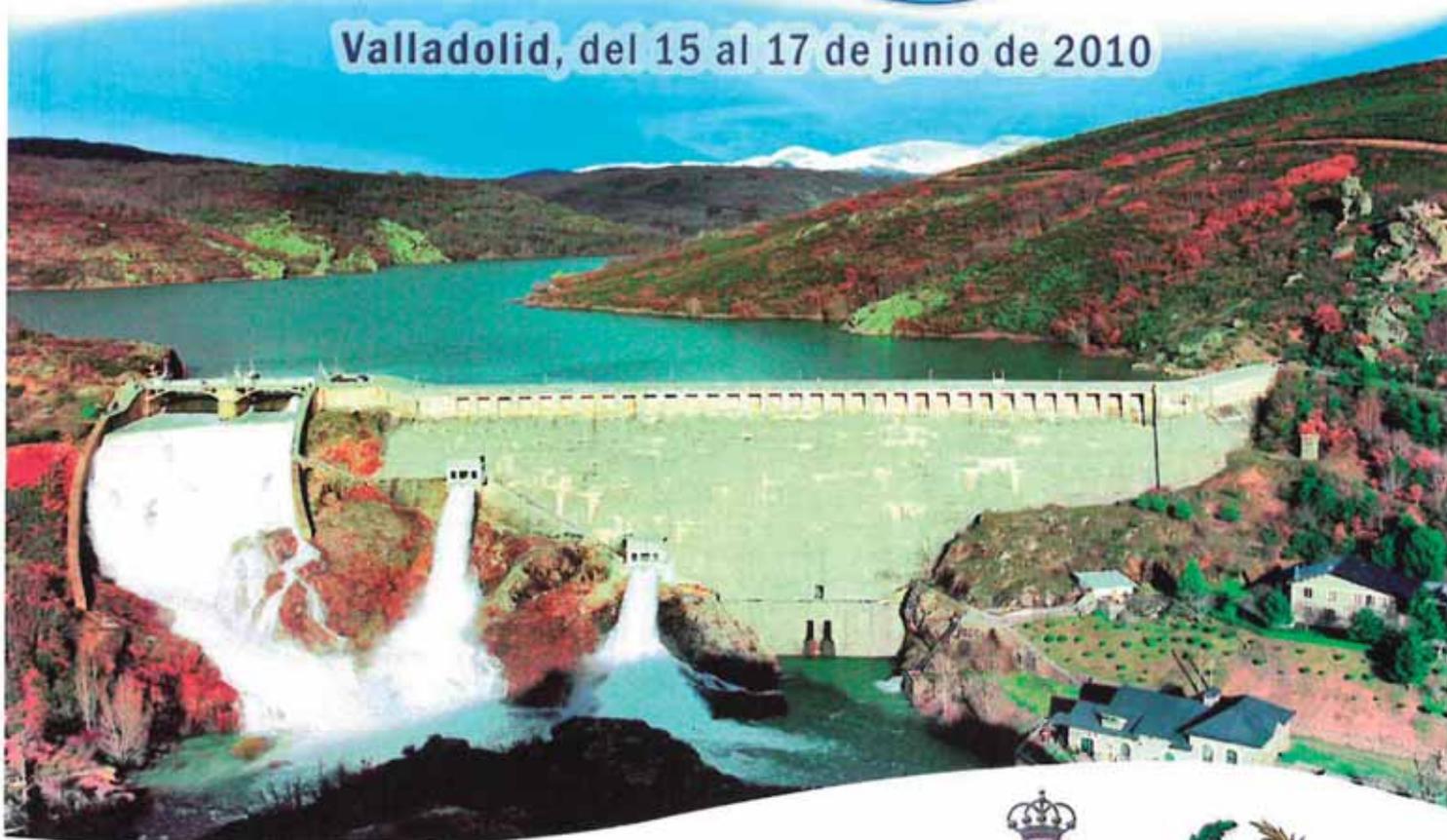
Los profesionales interesados en participar en las actividades de alguno de estos Comités Técnicos pueden ponerse en contacto con SPANCOLD a través de las direcciones, secretariogeneral@spancold.es o secretariotecnico@spancold.es





IX Jornadas Españolas de Presas

Valladolid, del 15 al 17 de junio de 2010



Dirección General de Protección Civil y Emergencias



Colegio de Ingenieros de Caminos, Cañales y Puertos



www.jornadasespanolasdepresas.com

IX Jornadas Españolas de Presas

PROGRAMA TÉCNICO

Martes 15 de junio de 2010

8:00 h.	Recepción y entrega de la documentación.
9:30 h.	Inauguración de las Jornadas.
10:30 h.	Inauguración Exposición Técnica y Comercial.
11:00 h.	Pausa café.
11:30 h.	INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA. PLANES DE EMERGENCIA Y ANÁLISIS DE RIESGOS.
11:30 - 12:00 h.	La información a los ciudadanos en protección civil: Información sobre los Planes de Emergencia de Presas. Carlos Dueñas, Subdirector General de Planificación, Operaciones y Emergencias, Dirección General de Protección Civil y Emergencias, Ministerio del Interior.
12:00 - 13:00 h.	Presentación de Comunicaciones seleccionadas.
13:00 h.	Coloquio.
13:30 h.	Almuerzo.
15:00 - 15:30 h.	Planes Particulares de Intervención e Información a la población. La reglamentación francesa. Patrick Le Delliou, Presidente del Comité Français des Barrages et Réservoirs (Traducción simultánea).
15:30 - 16:30 h.	Presentación de Comunicaciones seleccionadas.
16:30 h.	Pausa café.
17:00 - 17:30 h.	Lecciones aprendidas en la transición a un programa de gestión de seguridad de Presas basado en el análisis de riesgos. Eric C. Halpin, Asesor especial para Seguridad de Presas del US Army Corps of Engineers (Traducción simultánea).
17,30 - 18,30h.	Presentación de Comunicaciones seleccionadas.
18:30 h.	Coloquio.
19:00 h.	Final de la sesión.

Miércoles 16 de junio de 2010

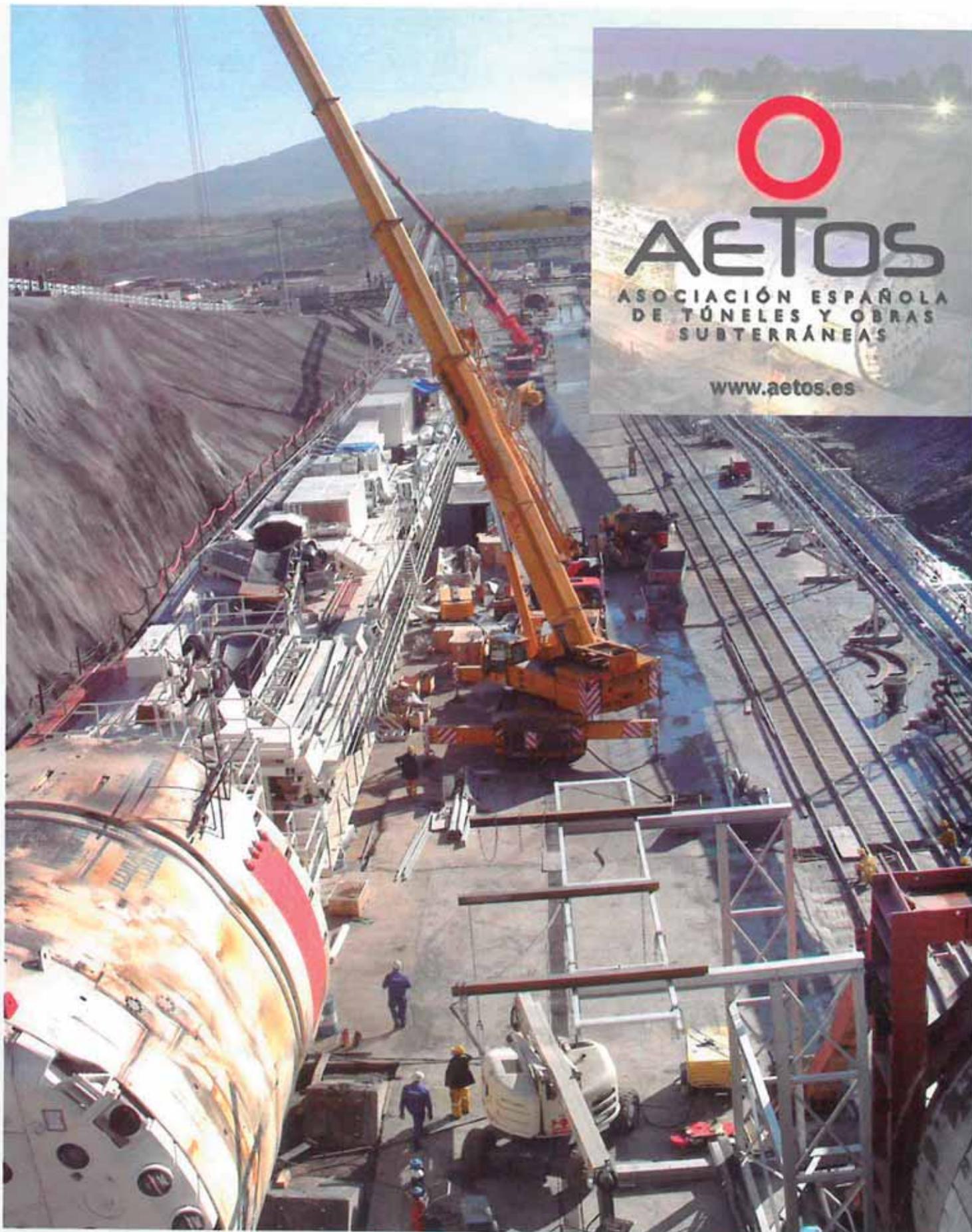
9:00 h.	GESTIÓN SOSTENIBLE. LAS PRESAS Y EL TERRENO.
9:00 - 9:30 h.	La gestión de las Presas y las Balsas en España. Rosa S. Xuclá, Subdirectora General de Infraestructuras y Tecnología, Dirección General del Agua, MAMRM.
9:30 - 11:00 h.	Presentación de Comunicaciones seleccionadas.
11:00 h.	Pausa café.
11:30 - 12:00 h.	Observación de los cimientos durante la primera puesta en carga de las Presas. Antonio Soriano, Catedrático de Geotecnia, Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, UPM.
12:00 - 13:00 h.	Presentación de Comunicaciones seleccionadas.
13:00 h.	Coloquio.
13:30 h.	Almuerzo.
15:00 - 15:30 h.	La utilización de mezclas suelo - roca en Portugal. Laura Caldeira, Directora del Departamento de Geotecnia, Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Portugal.
15:30 - 16:30 h.	Presentación de Comunicaciones seleccionadas.
16:30 h.	Pausa café.
17:00 h.	Exposición y debate de Conclusiones.
18:00 h.	Acto de clausura de las Jornadas.

Jueves 17 de junio de 2010

VISITA TÉCNICA N°1. Presa de Castrovido y ruta del Arlanza. Burgos.
 VISITA TÉCNICA N°2. Presa de Aldeadávila. Salamanca.

Máster en Túneles y Obras subterráneas

enero-octubre
www.master-aetos.com



AETOS
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA
DE TÚNELES Y OBRAS
SUBTERRÁNEAS

www.aetos.es

Organizadores del Máster:



COLEGIO DE INGENIEROS DE
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



Fundación Agustín
de Betancourt

Aetos miembro de:



De Barcelona 2006 a Brasilia 2009

From Barcelona 2006 to Brasilia 2009

Revista de Obras Públicas
nº 3.509, Año 157
Abril 2010
ISSN: 0034-8619

Luis Berga Casafont. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Presidente Honorario de la Comisión Internacional de Grandes Presas. ICOLD. lluis.berga@upc.edu

Resumen: En este breve artículo se presenta una síntesis de las actividades desarrolladas por ICOLD durante los años 2006-2009, haciendo una mención especial al 80 Aniversario de ICOLD, a la Declaración sobre la Energía Hidroeléctrica en África, al V Foro Mundial del Agua de Estambul, y al tercer Informe de Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo.

Palabras Clave: ICOLD; Comité Nacional Español de Grandes Presas; Presas; Agua; Energía hidroeléctrica

Abstract: In this short communication a synthesis of the activities of ICOLD during the years 2006-2009 is presented, making a special mention to the 80 Anniversary of ICOLD, to the Declaration on the hydropower in Africa, to the V World Water Forum of Istanbul, and to the third Report of United Nations on the Development of World Water Resources in the World.

Keywords: ICOLD; SPANCOLD; Dams; Water; Hydropower

Para mí ha sido un honor, y evidentemente un placer, presidir durante estos tres años las actividades de ICOLD.

La Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD) es un gran equipo, con 90 países miembros, con más de 10.000 miembros individuales, y con unos 500 expertos de todo el mundo que trabajan en 24 Comités Técnicos, que han publicado más de 140 Boletines técnicos. En estos Comités Técnicos participan representantes de los países miembros de ICOLD, y España esta representada en la mayor parte de ellos. Para ello el Comité Nacional Español tiene los correspondientes Comités Técnicos, tal como se detalla en un artículo de esta revista, (1). La participación en estos Comités esta abierta a todos los profesionales, y desde aquí quiero hacer una llamada para que los ingenieros interesados en el campo de las infraestructuras hidráulicas y de las presas, se integren en estos Comités, para poder intercambiar con otros expertos internacionales conocimientos científicos y técnicos, y también para mostrar las experiencias y realidades españolas en el campo de las grandes presas. Para los jóvenes interesados en esta materia es el mejor camino para progresar en los campos de la ingeniería del agua y de las grandes presas. Recuerdo que siguiendo

de esta ruta, yo empecé mi andadura en las organizaciones técnicas internacionales, con la ilusión y la voluntad de trabajar activamente en el Comité de Hidráulica de ICOLD. También, para conocer y seguir el estado del arte en la ingeniería de presas, recomiendo la consulta y lectura de los Boletines de ICOLD. Con el fin de facilitar su difusión ICOLD los distribuye de forma gratuita hasta el Boletín 112 en su página Web (<http://www.icold-cigb.net>).

Durante estos años uno de los objetivos más importantes de ICOLD, y también míos personalmente, ha sido el de ayudar a nuestros Comités Nacionales y a las naciones del mundo en general, para prepararse para los grandes retos del Siglo XXI, para los cambios globales (aumento de la población y su concentración en grandes ciudades, desarrollo económico y social, objetivos del Milenio, y cambio climático), siguiendo el camino del desarrollo y gestión sostenible de los recursos de agua y energía.(2). También, ICOLD ha prestado una especial atención a la diseminación de la tecnología de presas para el progreso de los países en vías de desarrollo.

Desde el Congreso de ICOLD de Barcelona en Junio del 2006 hasta el Congreso de Brasilia en Mayo del 2009, (Fig.1) ICOLD ha organizado, colaborado y

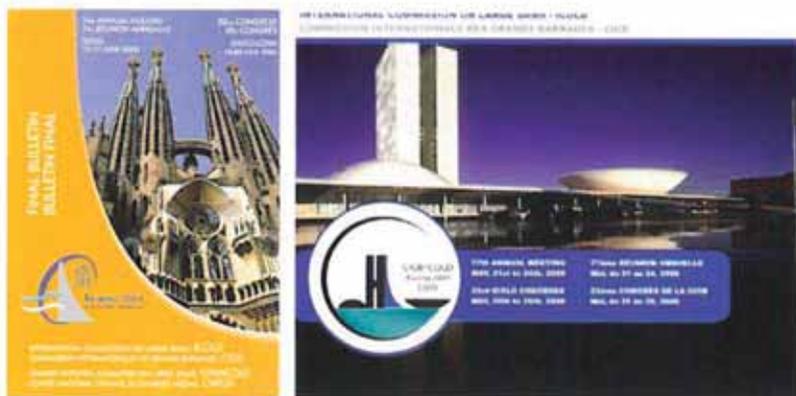


Fig. 1. Congresos de ICOLD de Barcelona (2006) y Brasilia (2009).

participado en innumerables Congresos, Simposios, Workshops y otras reuniones internacionales y nacionales. Las reuniones Ejecutivas de ICOLD se celebraron en San Petersburgo Rusia, en 2007, y en Sofía, Bulgaria, en 2008. Ambos eventos con un gran número de participantes e importantes actividades técnicas.

ICOLD mantiene excelentes y cordiales relaciones con nuestras organizaciones hermanas: ICID, IHA, WEC, IAHR, IWRA, IWALC, y WWC, que se han visto reforzadas. También esta presente y colabora con numerosas organizaciones internacionales, ONU, UNESCO, UE, WB, BEI, ADB, BAD, Arab and Kuwait funds, Islamic Development bank, NEPAD, COFACE, etc. En el año 2008 ICOLD fue admitida como observador en la UN FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE,

y desde entonces ha asistido a las conferencias de las partes (COP) en Bali, Barcelona y Copenhague.

No es el momento aquí de describir con detalle las actividades de ICOLD durante estos años, pero si quisiera hacer una mención especial, pero escueta, de algunas actuaciones internacionales destacadas.(3).

Declaración sobre la energía hidroeléctrica en África

ICOLD ha participado en un grupo de trabajo formado por ICID, IHA, UPDEA, WEC, y AU) para preparar una declaración sobre la energía hidroeléctrica en África. Bajo la dirección de ICOLD se ha aprobado conjuntamente esta declaración, que fue ratificada en la reunión Ejecutiva de Sofía en 2008 (Fig.2). En esta declaración se concluye que las condiciones están maduras para el desarrollo hidroeléctrico en África, y estamos en un periodo de oportunidad única. Ahora es el tiempo para que África use sus propios recursos, para lanzarse hacia el desarrollo. Ahora es el tiempo para ir hacia un desarrollo significativo de las presas y la energía hidroeléctrica en África.

EL 80 ANIVERSARIO DE ICOLD

ICOLD se fundó en París el 6 de Julio de 1928. Así, en el año 2008 la Comisión celebró sus 80 años de ac-



Fig. 2. Declaración sobre las presas y la energía hidroeléctrica en África. A la derecha, Fig. 3. 80 Aniversario de ICOLD. París 24 de noviembre de 2009.



tividad. El 24 de Noviembre ICOLD celebró su 80 Aniversario con una conmemoración especial y una conferencia sobre Agua y Energía. El acto tuvo lugar en el "Palais of the Decouverte" en París, con la participación de más de 450 delegados procedentes de 45 países. (Fig.3).

Para esta ocasión tan especial ICOLD ha publicado el libro del 80 Aniversario (4), en el que se describe su historia, el desarrollo de la organización, y se recuerda a las personalidades que han trabajado desde 1929 en la dirección y gestión de la Comisión. También se describen y exponen los retos que las presas y embalses tienen en el desarrollo futuro de los recursos de agua y energía (5). Quisiera señalar que el Comité Nacional Español de Grandes Presas ha colaborado intensamente en los objetivos y trabajos de la Comisión, con numerosos miembros en los Comités Técnicos, y con una de las participaciones más importantes en los Congresos y reuniones Ejecutivas. Destacados ingenieros españoles han intervenido activamente en los órganos de gobierno de ICOLD: como Vice-Presidentes: J. Torán (1965-1968), R.Urbistondo (1980-1983), J.L. Guitart (1992-1995), y L.Berga (2000-2003), y como Presidentes: J. Torán (1970-1973), y L. Berga (2006-2009).

V Foro Mundial del Agua. Estambul 2009

El V Foro Mundial del Agua se celebró en Estambul en Marzo del 2009. Los Foros Mundiales del Agua son las reuniones internacionales con más participación y difusión en los temas relativos al agua. El V Foro constituyó un gran éxito: 33.058 participantes de 192 países, 9 jefes de Estado, 84 Ministros y 19 Vice- Ministros, 250 parlamentarios y 200 autoridades locales, incluyendo 59 Alcaldes, y 1,027 periodistas acreditados.

El V Foro fue organizado conjuntamente por el Consejo Mundial del Agua (WWC) y el DSI de Turquía. ICOLD es gobernador del WWC, y desde su fundación ha venido colaborando en el desarrollo de los Foros Mundiales del Agua. En el Foro de Estambul ICOLD ha sido coordinador del Topic 3.2 "Ensuring Adequate Water Resources and Storage Infrastructure to Meet Agricultural, Energy and Urban Needs". (Fig.4).

Yo creo que es muy importante la participación activa de ICOLD en estos Foros mundiales, para poder enseñar el papel de las presas y embalses en el desarrollo sostenible. En estos Foros se lanzan recomenda-



Fig. 4. V Foro Mundial del Agua. Sesión de clausura del Tema 3.

ciones y mensajes que sirven de guía para las políticas mundiales sobre el agua y su gobernanza, y se diseminan las visiones actuales para el desarrollo y gestión de los recursos de agua.(6)

Por ejemplo, en la Declaración Ministerial del Foro de Estambul, los ministros indicaron de manera clara que: nosotros tenemos que trabajar para construir nuevas infraestructuras para objetivos múltiples, incluyendo los embalses, regadíos, producción de energía. También que es necesario esfuerzos de inversión para establecer las infraestructuras necesarias, para aumentar la capacidad de embalse y drenaje...

Tercer informe de Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2009

ICOLD ha colaborado con el Programa Mundial de la Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP), que es el programa insignia relacionado con el agua de Naciones Unidas. Dirigido por la UNESCO, el WWAP analiza los temas relativos al agua para dar recomendaciones generales, desarrolla estudios de casos, y promueve evaluaciones a niveles nacionales, informando sobre los procesos de decisión. Su trabajo principal es el Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, que es una revisión amplia sobre el estado de los recursos de agua, y se publica periódicamente cada tres años. La realización del Informe es una labor conjunta de 24 Agencias de Naciones Unidas y entidades que conforman la ONU-Agua, que trabajan en colaboración con gobiernos, organizaciones internacionales, y organizaciones no-gubernamentales. La tercera edición



de Informe se presentó durante el V Foro Mundial del Agua en Estambul, el 16 de Marzo del 2009. En la tercera edición del Informe se han introducido nuevos planteamientos entre los que cabe destacar la creación de Grupos Expertos, para reforzar las bases científicas. Así, se formaron siete grupos expertos entre los cuales había uno dedicado al almacenamiento de agua y a los embalses. El grupo experto de embalses tenía 34 miembros con experiencia en los temas de almacenamiento de agua y embalses. El grupo elaboró un informe sobre "El almacenamiento de agua en un mundo cambiante: Opciones y alternativas". ICOLD fue co-presidente del grupo.

Para finalizar, quisiera recordar que en la feliz ceremonia de clausura del Congreso de Brasil dije que para mí era el tiempo de terminar mi trabajo como presidente de ICOLD. Tres años de intenso trabajo en los cuales he tenido la alegría de ver que las presas y embalses juegan otra vez un papel importante en el desarrollo y gestión sostenible de los recursos de agua y energía. Durante estos años hemos estado en la are-

na de las reuniones internacionales para enseñar y diseminar nuestros objetivos y logros. Igualmente ICOLD ha celebrado con orgullo su 80 Aniversario. ICOLD es una antigua organización, una de las organizaciones profesionales mundiales más grandes y dinámicas, aún joven y vigorosa a la edad de 80 años, y con grandes retos a alcanzar en el futuro.

Y todo este trabajo ha sido una labor de equipo. Quiero agradecer a todos vuestra amigable colaboración durante estos años. A los Comités Nacionales de ICOLD, a los Comités Técnicos, a la oficina central de ICOLD en París, y muy especialmente a los miembros del Comité Nacional Español de Grandes Presas, y a su Presidente, por su continuado soporte y apoyo. Y a la Revista de Obras Públicas que desde el Congreso de ICOLD de Roma en el año 1961, dedica un número especial a los Congresos Internacionales de Grandes Presas, lo que contribuye de manera muy significativa a difundir nuestras actividades entre los ingenieros presistas de habla hispana. ♦

Referencias:

1.- Polimón, P. 2010. Presentación del presidente del SPANCOLD del Número especial dedicado al XXIII Congreso Internacional de Grandes Presas de Brasilia de la Revista de Obras Públicas.

2.- ICOLD.2007. "Dams and the World's Water". ICOLD, Paris..

3.-Berga, L., Jinsheng, J. 2009."ICOLD's main activities and future challenges". . Hydropower & Dams Issue Four, 52-56.

4.- ICOLD.2008."80 years. Dams for sustainable development." ICOLD. Paris.

5.-Berga, L. 2008. EL 80 aniversario de la Comisión Internacional de Grandes Presas. ICOLD". ROP Noviembre. 3493,9-14.

6.- Berga, L.2009."Dams and storage in the context of the World Water Forums: ICOLD's contributions. Hydropower & Dams Issue Two, 2-8.



Síntesis de la actividad de construcción de presas en España en el trienio 2007-2009

Revista de Obras Públicas
nº 3.509. Año 157
Abril 2010
ISSN: 0034-8619

Summary of dam construction activity in Spain from 2007-2009

Juan Carlos de Cea Azañedo. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Ministerio de Medio Ambiente. Secretario del Comité Nacional Español de Grandes Presas. jcdecea@mma.es
Francisco Javier Sánchez Cabezas. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
PYCSA Infraestructuras, S. L. fjsanchez@pycsa.es

Resumen: En el artículo se analiza cual ha sido la actividad de la construcción de presas a nivel nacional dentro del trienio comprendido entre los años 2007-2009 período de tiempo transcurrido entre los Congresos Internacionales de Grandes Presas XXII y XXIII, celebrados en Barcelona y Brasilia, respectivamente. El número de presas en construcción continúa a creciendo a buen ritmo, y es algo mayor que el del período comprendido entre 2003-2006.

Palabras Clave: Presas; Construcción; Puesta en carga; Capacidad; Tipología; Recrecimiento

Abstract: The paper describes the current national activity on dam construction in 2007-2009 period. The number of large dams under construction in Spain continues growing on a good rhythm, being greater than in 2003-2006 period.

Keywords: Dam; Construction; First filling; Typology; Enlargement; Capacity

1. Introducción y antecedentes

Se describe a continuación cual ha sido la actividad relativa a la construcción de presas en España en el trienio 2006-2009, período de tiempo comprendido entre los Congresos Internacionales de Grandes Presas, XXII (Barcelona) y XXIII (Brasilia). Al igual que en otros artículos publicados con motivo de otros Congresos Internacionales de Grandes Presas en esta misma revista, se ha dividido el artículo en dos partes claramente diferenciadas. Una *primera* en la que se describe la actividad general de la construcción de presas en España, mientras que en la *segunda* se incluyen en forma de fichas las principales características de algunas de las presas que se encuentran en construcción o han finalizado la misma a lo largo del trienio. En cada una de ellas se describe, de manera sintética, su tipología, geología, y algunos otros datos de interés.

2. Presas en construcción

En la actualidad (Febrero 2010) se encuentran en construcción un total de 39 presas, dos de las cuales

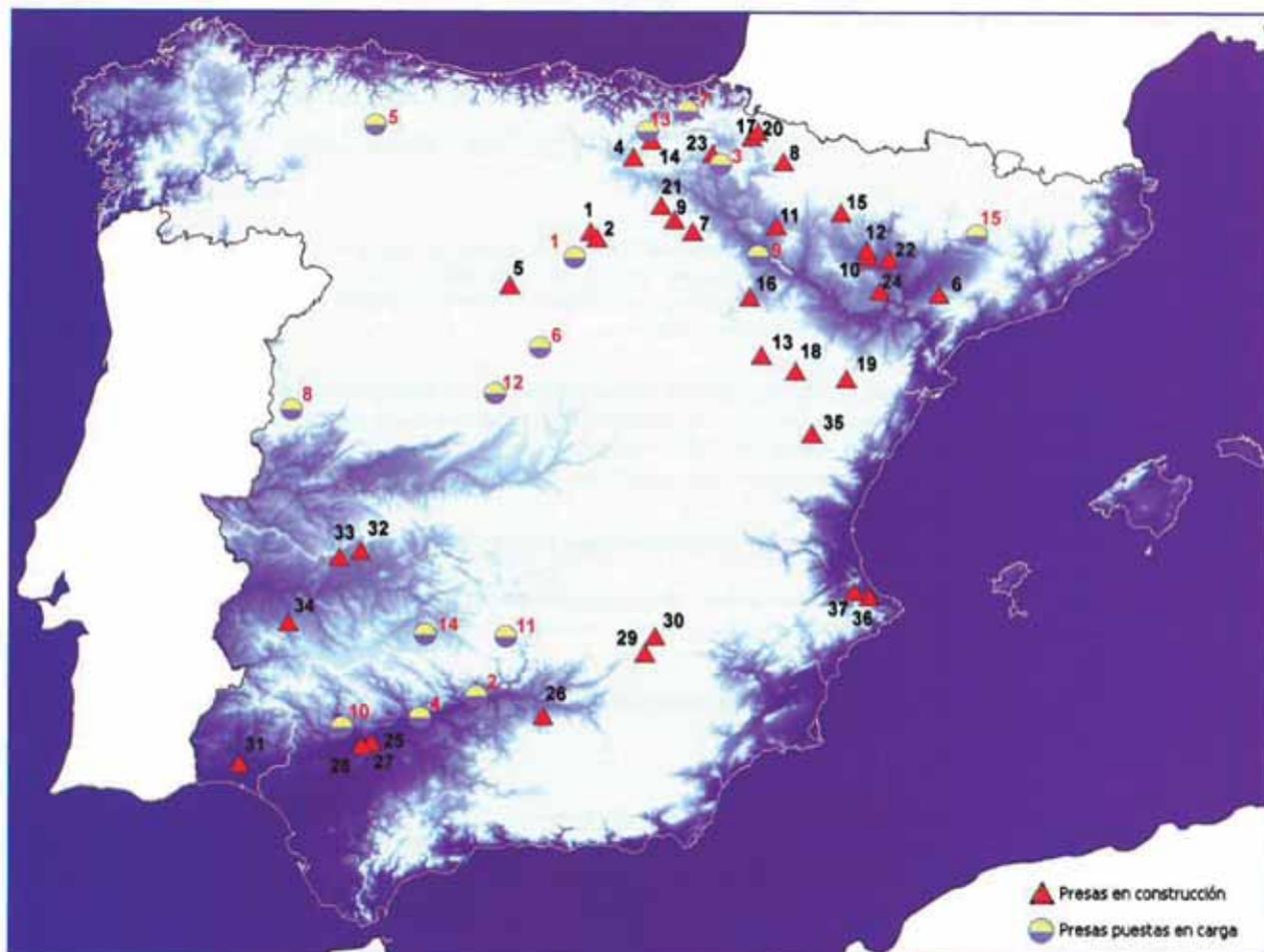
son recrecimientos de presas o embalses existentes. De todas ellas, 25 se han puesto en marcha en este período de tiempo, encontrándose el resto ya en construcción en la etapa anterior, 2003-2006

La distribución por Demarcaciones Hidrográficas concluye que la que mayor número de presas tiene en construcción actualmente es la del Ebro, con 21 presas, seguida de la del Guadalquivir, con 6; la del Duero tiene 5, la del Guadiana 4 y, por último, la del Júcar con 3.

Es destacable el importante aumento de dicha actividad en el caso de las sociedades estatales, y muy especialmente de una de ellas, Aguas de la Cuenca del Ebro, que en este momento acomete la construcción de un total de 5 presas. Con respecto a presas construidas con fines hidroeléctricos, un titular privado está construyendo una, Sarría I, que forma parte de un grupo de otras cuatro con el mismo fin. A nivel autonómico, dos Comunidades, Aragón y Castilla-León promueven y ejecutan otras tantas presas.

En relación a las tipologías de las presas en construcción, aproximadamente el 55% de ellas son de materiales suntuos y el 45% de fábrica. Su detalle se resume a continuación:

Fig. 1.
Distribución
Geográfica de
las presas en
construcción o
en su fase de
puesta en
carga.



- a) De Fábrica:
- Hormigón Convencional: 13
 - Hormigón Compactado: 3
 - Bóveda: 1
- b) Materiales Suelos:
- Núcleo Central: 15
 - Homogénea: 3
 - Núcleo Asfáltico: 1
 - Pantalla de Hormigón: 2
 - Pantalla Asfáltica: 1

Se recogen en la Tabla 2 y en la Tabla 3 (Recrecimientos) los datos más básicos de todas ellas, y en la Tabla 3, los de las construidas en períodos anteriores que se encuentran actualmente en fase de puesta en carga. La ubicación geográfica de estas últimas y de las que están en construcción, se muestra en la figura 1, mientras que en la figura 2 se recoge cual es su distribución por tipologías.

3. Recrecimientos

Al aumentar las demandas de las zonas situadas aguas abajo de un gran número de embalses y al ir agotándose las cerradas con buenas características geológico-geotécnicas e hidráulicas, ha surgido la necesidad de proyectar y construir soluciones a base de recrecimientos (Tabla 2).

En el período se ha terminado el recrecimiento del embalse de la Breña, que ha consistido en la construcción, aguas abajo de la existente, de una presa exenta de hormigón compactado de 119 m de altura, en la que se han colocado más de 1,4 millones de metros cúbicos de hormigón compactado con rodillo (Record de Europa). Actualmente se encuentra en fase de puesta en carga.

Como recrecimiento de presas existentes se incluyen Yesa y Santolea, en la Demarcación Hidrográfica del Ebro. En el caso de la primera, el recrecimiento consistirá en adosar aguas abajo de la presa actual,



Tabla 1. Presas en Construcción

Nombre	Río	Demarcación	Provincia	Tipo	Altura (m)	Capacidad Embalse (hm ³)	Uso
1. Castrovido	Arlanza	Duero	Burgos	G	95,5	82,0	AVEN
2. Castrovido (Cola)	Arlanza	Duero	Burgos	B	19,0	4,475	HUM
4. El Barrançal (**)	Rojo	Duero	Burgos	MSNC	31	1,7	RIEGO
5. Valdemudarra	Valdemudarra	Duero	Valladolid	MSH	34,0	4,66	RIEGO
6. Albages (*)	Set	Ebro	Lerida	MSNC	85,0	79,80	REG
7. Arroyo Regajo (*)	Regajo	Ebro	La Rioja	MSNC	45,0	1,7	ABAS/RIEGO
8. Esca	Esca	Ebro	Navarra	G-MSH	24,0	2,86	HUM
9. Enciso	Cidacos	Ebro	Logroño	G (HC)	103,5	48,0	-
10. Las Filas	Gállego	Ebro	Huesca	MSNC	41,0	8,0	RIEGO
11. Laverné (*)	Barranco de Laverné	Ebro	Zaragoza	MSNC	54,5	37,8	RIEGO
12. Lastanosa (**)	-	Ebro	Huesca	MSNC	41,0	9,7	RIEGO
13. Lechago	Jiloca	Ebro	Zaragoza	MSNC	39,0	18,2	RIEGO
14. El Molino (*)	Arroyo del Valle	Ebro	Álava	MSPH	29,0	1,0	-
15. Montearagón	Fiumen	Ebro	Huesca	G	78,0	51,5	ABAS/RIEGO
16. Mularroya	Grió	Ebro	Zaragoza	MSNC	91,0	103,0	REG/ RIEGO
17. Nagore	Úrrobi	Ebro	Navarra	G (HC)	36,5	4,7	RIEGO
18. Las Parras	Las Parras	Ebro	Teruel	MSNC	53,0	5,8	-
19. Puente de Santolea (*)	Guadalupe	Ebro	Teruel	G (HC)	44,0	17,7	HUM
20. Oroz-Betelu	Irañi	Ebro	Navarra	G	12,5	0,1	HUM
21. Terroba (Leza)	Leza	Ebro	Logroño	MSPA	45,6	8,1	ABAS/RIEGO
22. San Salvador	Esera	Ebro	Huesca	MSNC	51,0	133,1	RIEGO/ABAS
23. Sarriá I	Arga	Ebro	Navarra	G	17,0	1,6	HELEC
24. Valdepatao	Gallego-Cinca	Ebro	Huesca	MSNC	35,0	5,7	-
25. La Gitana	Azanaque	Guadalquivir	Sevilla	MSNC	26,60	9,8	REG/RIEGO
26. Llano del Cadlmo	-	Guadalquivir	Jaén	MSNC	42,5	19,75	REG/RIEGO
27. Restinga	Arroyo Restinga	Guadalquivir	Sevilla	MSNC	23,0	2,73	REG/RIEGO
28. Rosario	Arroyo Fuente de la Parra	Guadalquivir	Sevilla	MSH	17,0	2,12	REG/RIEGO
29. Siles	Guadalimar	Guadalquivir	Jaén	MSNC	55,0	30,5	ABAS/RIEGO
30. Zapateros (*)	Arroyo Crucetas	Guadalquivir	Albacete	G	37,0	0,57	ABAS/RIEGO
31. Alcolea (*)	Odíel	Guadiana	Huelva	G	65,0	274,0	ABAS/RIEGO /REG
32. Alcollarín	Alcollarín	Guadiana	Cáceres	G	32,0	51,6	REG
33. Búrdalo	Búrdalo	Guadiana	Cáceres	G	35,0	79,3	REG
34. Villalba de los Barros	Guadajira	Guadiana	Badajoz	MSH	45,5	106,0	RIEGO
35. Mora de Rubielos	Tosquillas	Júcar	Teruel	MSNAs	35,0	1,0	ABAS/RIEGO
36. Oliva (*)	Rambra Gallinera	Júcar	Valencia	G	62,5	6,8	AVEN
37. Terrateig (*)	Serpis	Júcar	Valencia	G	26,5	0,3	AVEN

Notas:

Se muestran en rojo las presas cuya ejecución ha comenzado en el período 2006-2009 mientras que las que están en negro, ya se encontraban en ejecución en el período 2003-2006.

(*) Presas promovidas por Sociedades Estatales
 (**) Presas promovidas por C.C.A.A.

Tipología

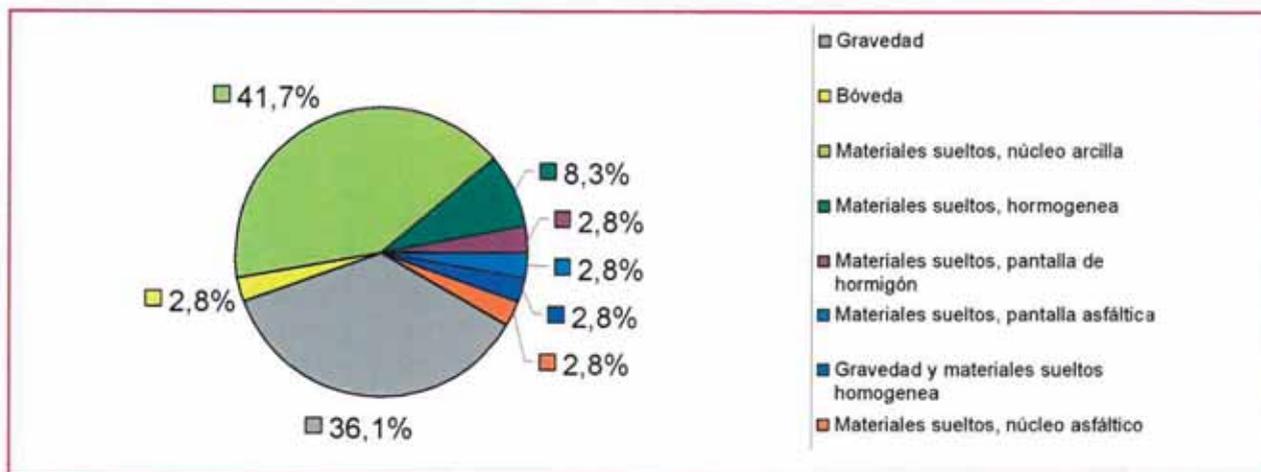
G: Gravedad
 A: Bóveda
 HC: Hormigón compactado
 MSPH: Materiales sueltos con pantalla de hormigón
 MSNC: Materiales sueltos con núcleo de arcilla
 MSH: Materiales sueltos homogénea

Destino

ABAS: Abastecimiento
 AVEN: Defensa frente a avenidas
 HELEC: Hidroeléctrico
 HUM: Creación de zona húmeda
 REG: Regulación
 RIEGO: Riego



Fig. 2.- Distribución por tipologías de las presas actualmente en construcción.



un cuerpo a base de gravas impermeabilizado mediante una pantalla de hormigón. Su construcción permite, por lo tanto, mantener el embalse en explotación mientras duren las obras.

En el otro extremo, se encuentra el recrecimiento de Santolea. Se trata en este caso de adosar al paramento de aguas arriba de la presa existente una nueva, por lo que es preciso vaciar el embalse para acometer las obras.

4. Presas en fase de puesta en carga

En el momento de escribir estas líneas, administrativamente, 15 presas se encontraban en fase de puesta en carga, la mayoría de titularidad estatal y distribuidas de la siguiente forma por Demarcaciones Hidrográficas: 4 en el Ebro, 4 en el Guadalquivir, 5 en el Duero, 1 en el Guadiana y 1 en el Cantábrico (Tabla 3 y Figura 1).

Con respecto a la relación que figuraba en el Monográfico dedicado al Congreso Internacional de Grandes Presas celebrado en Barcelona en 2006, en este período de tiempo, cuatro de ellas (Arenoso, Casares de Arbas, Ullivarrí, La Colada y Rialb), siguen en

fase de puesta en carga, e Itoiz, Arroyo del Fresnillo, Casasola, El Esparragal, Gargantafría, Monreal, La Trapa, Valcomuna, Villaveta, Yalde y Zorita de los Molinos, han cambiado de fase, encontrándose actualmente en explotación. Otras han sido transferidas a la Junta de Andalucía, estando ésta a cargo del control de su seguridad.

5. Capacidad de embalse

La capacidad máxima de agua embalsada por el parque presístico español en el año 2006 se cifraba en 60.930,5 hm³ (3). Una vez se incorpore al sistema el volumen de embalse asociado a las 37 presas que actualmente se encuentran en construcción, el incremento de volumen de los 2 recrecimientos, y de los embalses de las presas que están en este momento en fase de puesta en carga, la capacidad de embalse total aumentará hasta los 62.776,5 hm³.

Teniendo en cuenta esa cifra y el volumen anual de escorrentía que circula por los ríos españoles, el grado de regulación en el futuro será del 57,70%, frente al 9% que se alcanzaría como regulación natural, es decir, sin la existencia de éstas infraestructuras.

Tabla 2. Recrecimientos de Embalses o Presas

Nombre	Demarcación	Provincia	Tipología	Altura Incrementada (m)	Capacidad Incrementada (hm ³)
Yesa	Ebro	Navarra	Gravas con pantalla de hormigón	22,0	659,0
Santolea	Ebro	Teruel	Gravedad	14,8	51,1



Tabla 3. Presas en Fase de Puesta en Carga

Nombre	Río	Demarcación	Provincia	Altura (m)	Capacidad Embalse (hm ³)
1. Arauzo	Sinovas	Duero	Burgos	26,0	4,8
2. Arenoso	Arenoso	Guadalquivir	Córdoba	80,0	160,0
3. Artajona	-	Ebro	Navarra	45,5	2,0
4. Breña II, La	-	Guadalquivir	Córdoba	71,0	698,0
5. Casares de Arbas	Casares	Duero	León	52,0	37,0
6. Ceguilla	Ceguilla	Duero	Segovia	40,0	1,0
7. Ibiur	Ibiur	Cantabro	Guipúzcoa	69,5	7,5
8. Iruña	Águeda	Duero	Salamanca	75,4	110,0
9. Loteta, La	Carrizal	Ebro	Zaragoza	29,0	96,7
10. Melonares, Los	Viar	Guadalquivir	Sevilla	50,0	180,4
11. Montoro III	Montoro	Guadalquivir	Córdoba	60,3	102,4
12. Navas del Marques	Valtravies	Duero	Ávila	36,0	2,0
13. Ullivarri-Arazua	Arroyo Iturrichu	Ebro	Álava	44,0	7,2
14. Colada, La	Guadalmatilla	Guadiana	Córdoba	48,5	57,7
15. Riaib	Segre	Ebro	Lérida	101,0	402,0

6. Breve síntesis estadística

A efectos puramente didácticos, la figura 3 muestra cual es la distribución por tipologías de todas las presas españolas (en explotación, en construcción y

en fase de puesta en carga). Un 69,7 % de ellas son presas de fábrica, representando las de gravedad, un 58%. En cuanto a las de materiales sueltos suponen un 28,7% del total, siendo el porcentaje de las presas homogéneas un 13,4%, siendo su altura media de unos

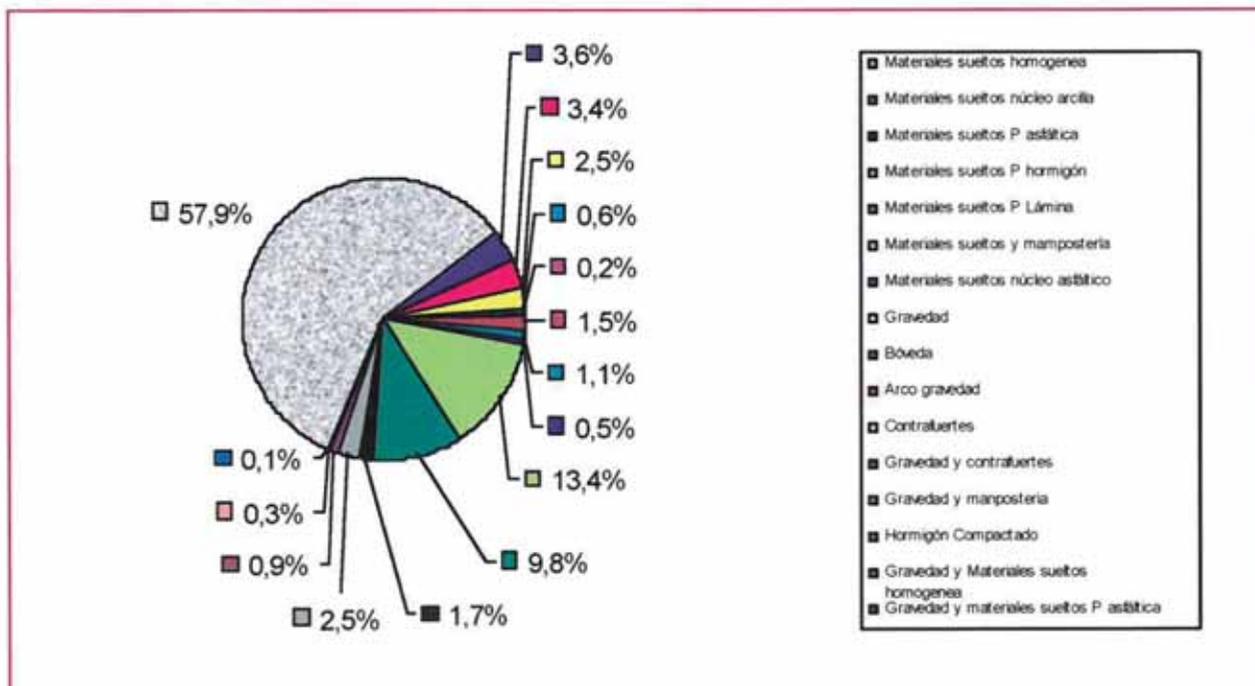
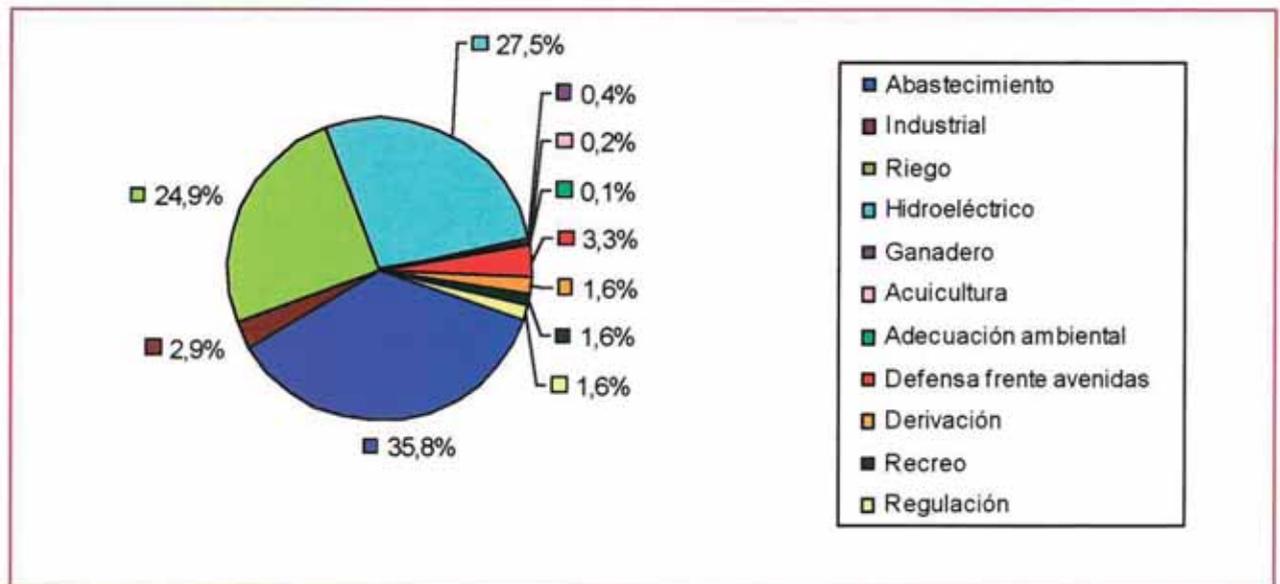


Fig. 3. Distribución por tipologías de todas las presas españolas.



Fig. 4. Uso principal al que se destinan los embalses.



35 a 40 m. En cuanto a las presas heterogéneas con núcleo de arcilla, suponen un 9,8 % del total y, el resto, un 1,6%, aproximadamente, son presas de tipología mixta.

Con respecto a los principales usos de los embalses (Figura 4), el uso más frecuente es el de abastecimiento, representando un 37% aproximadamente del total, seguido del hidroeléctrico con un 27,5% y el de riego, con un 25%, suponiendo entre los tres algo más del 88 %.

7. Fichas técnicas

Se recogen a continuación un total de 8 fichas técnicas de algunas de las presas que se encuentran o encontraban en construcción en el trienio, en cada una de las cuales se realiza una breve descripción de sus principales características técnicas, se incluye una fotografía de la construcción y/o algún plano de detalle. Son las siguientes reflejadas en la tabla 4. ♦

Tabla 4.

Nombre	Río	Cuenca	Provincia	Altura (m)	Capacidad Embalse (hm ³)
1. Albages	Set	Ebro	Lerida	85,0	79,8
2. Fitos, Los	Gállego	Ebro	Huesca	41,0	8,0
3. Llano del Cadmio	-	Guadalquivir	Jaén	42,5	19,7
4. Alcollarín	Alcollarín	Guadiana	Cáceres	32	51,6
5. Búrdalo	Búrdalo	Guadiana	Cáceres	35	79,3
6. Enciso	Cidacos	Ebro	Logroño	103,5	48,0
7. Puente de Santolea	Guadalupe	Ebro	Teruel	44,0	17,7
8. Los Vados	Arlanza	Duero	Burgos	24,5	4,475

Referencias:

- De Cea Azañedo, J. C. y Sánchez, Fco. J. 2004. Síntesis de la actividad de construcción de presas en España en el trienio 2000-2002. Revista de Obras Públicas. Febrero.
- De Cea Azañedo, J. C. y Berga, L. 2004. Current dam engineering activities in Spain. Hydropower & Dams. Issue 5.
- De Cea Azañedo, J. C. y Sánchez Cabezas, F.J. 2007. Inventario de Presas Españolas de 2006 y síntesis de la actividad de construcción de presas en el trienio 2004-2006. Revista de Obras Públicas. Marzo.
- Berga, L y De Cea Azañedo, J. C. 2006. The Role of Dams in Spain. Hydropower & Dams. Issue 3.



— Presa de L'Albagés —

Situada en el río Set, perteneciente a la cuenca del Segre, en la provincia de Lleida, el embalse abarca los municipios de Albagés, Cervià de les Garrigues, La Pobla de Cérvoles y Juncosa. Se concibe como regulación final del Canal Segarra-Garrigues, permitiendo almacenar los caudales trasvasados desde el embalse de Rialb, a fin de cubrir las demandas de riego de la zona.

La superficie de la cuenca del embalse es de 160 km², obteniéndose unos caudales de diseño de la presa de 599 m³/s y 1083 m³/s para las avenidas de 500 y 10.000 años respectivamente. El carácter hiperanual lo adquiere al almacenar caudales sobrantes del Segre en Rialb, que cuenta con una aportación media anual de 1.100 hm³. Así, se prevé atender una demanda total anual de 42,95 hm³,

que según las garantías de riego indicadas en el Plan Hidrológico de Cuenca, requieren un embalse con 80 hm³ de capacidad.

La cerrada se dispone sobre facies del Terciario continental de la Unidad Castellidans, Oligoceno Superior, con recubrimientos cuaternarios en superficie. Se caracteriza por la alternancia de niveles de lutitas y argilitas con areniscas y conglomerados, con frentes de potencia que dificultan el aprovechamiento diferenciado, y cuya alteración genera el material cuaternario.

La presa es de materiales sueltos zonificada, con núcleo impermeable de limos arcillosos y espaldones de "todo uno" de naturaleza argilítica con inclusiones de arenisca, armados con niveles drenantes horizontales para eliminar las presiones intersticiales y

mejorar la estabilidad. Es una presa de planta recta de 735 m de longitud, con 85 m de altura sobre cimientos y sección tipo trapecial. Consta de 10 m de ancho en la cota 386,50 de coronación y taludes 3H:1V en el paramento mojado, con presencia de una berma en la cota superior de la ataguía, y 2,5H:1V en el paramento de aguas abajo, con 4 bermas intercaladas cada 15 m. El núcleo central presenta taludes 1H:4V.

En la cimentación de la presa se proyectan, a cada margen del río, sendas galerías para el desagüe de fondo y la toma de riego, que en primera instancia facilitan el desvío del agua durante la ejecución de las obras. El desvío de margen izquierda tiene una longitud de 445 m y consta de una sección de radio 7 m, por donde discurrirán las dos conducciones de diámetro 1900 mm de desagüe de fondo reguladas por doble válvula de compuerta tipo Bureau colocadas en serie. La restitución del agua al cauce se realiza mediante salida al cuenco amortiguador del aliviadero. En la margen derecha, se dispone una galería de 5 m de radio y 448 m de longitud, siendo dos conducciones de diámetro 1500 mm las que suministrarán el caudal de riego. A lo largo del eje de la presa, en contacto con el núcleo y empotrada en el terreno, se encuentra la galería perimetral visitable de 670 m de longitud, que da acceso a las galerías de desvío y permite la evacuación de los caudales de filtración. Tiene una sección de 2 m de anchura por 2,7 m de altura, y al igual que el resto de galerías, se proyecta con hormigón armado HA-30.



El aliviadero se localiza en la margen derecha. Se compone de un canal de alimentación convergente hasta los 50 m, un vertedero de planta curva con 3 m de altura en perfil Bradley a la cota 381,00, un canal de descarga con pendientes del 4%, 8%, 16,57% y 18,16%, de 490 m de longitud y ancho variable hasta alcanzar los 15 m en el trampolín, y un cuenco amortiguador a cota 304,00 de escollera recibida con hormigón.

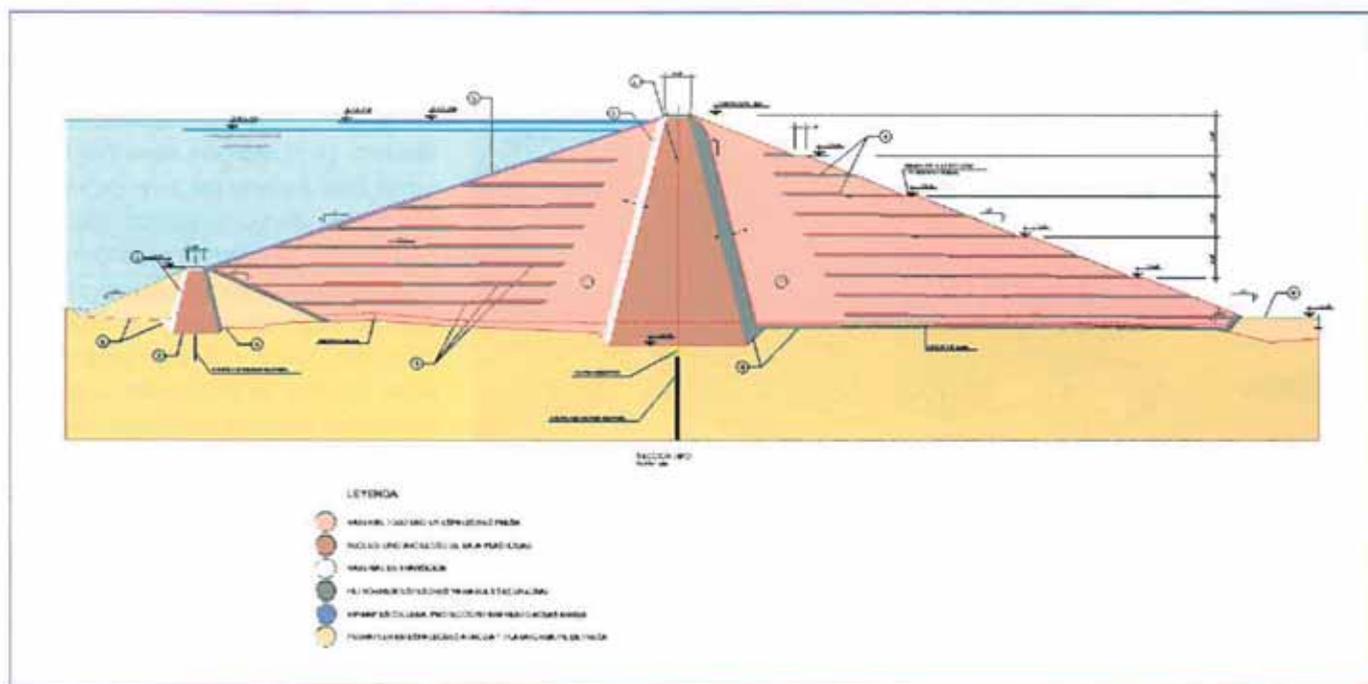
Cumpliendo con la Declaración de Impacto Ambiental, se incluyen prospecciones, sondeos y seguimiento arqueológico de las obras, así como de los yacimientos constatados por la Direcció General del Patrimoni Cultural del Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, con especial atención al molino de Les Besses. Por otra parte, se mantendrá un caudal ecológico para la conservación biogénica del cauce y se repondrá la vía pecuaria de Cerviá a Solerás.

Salvo los áridos para hormigones y zahorras, la totalidad de los mate-



riales se obtienen del vaso del embalse, reduciendo el impacto ambiental. Con este fin, se respetará la época de cría, pues las extracciones con voladura no se realizarán durante los meses de abril y mayo. Tanto el cuenco amortiguador como el en-

cauzamiento posterior del río Set se realizan con revestimiento de escollera, que junto a la revegetación del espaldón aguas abajo y la repoblación forestal, dotan a la presa de una mayor integración paisajística en el entorno. ♦



– Presa de Alcollarín –

La presa de Alcollarín se encuentra en el término municipal del mismo nombre, en la provincia de Cáceres.

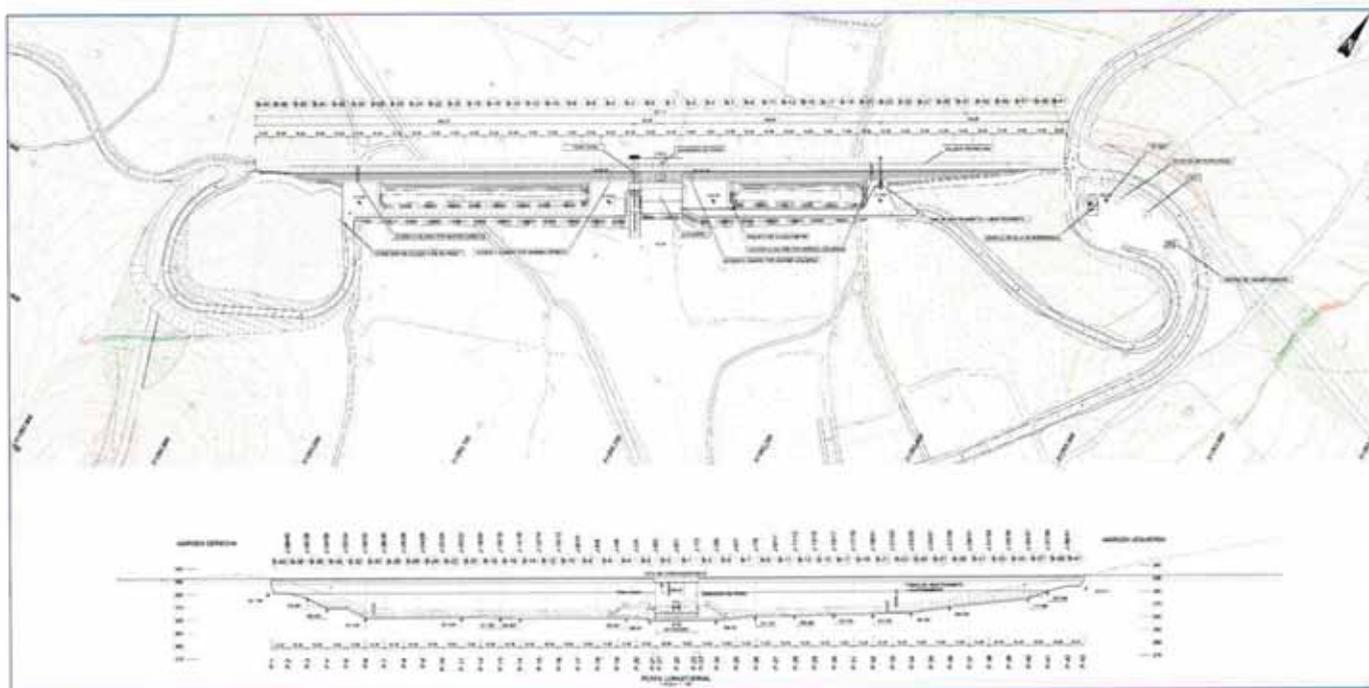
La cerrada de la presa está constituida por pizarras y grauwacas del complejo esquistograuwácico, con una estructura oblicua al eje de la presa, y más concretamente, por las facies heterolíticas pertenecientes a formaciones de pizarras y areniscas de Estomiza. En relación a la tectónica, cabe destacar que las deformaciones producidas en la zona se corresponden con la Orogenia Hercínica acaecida por la intrusión del plutón de Zorita sobre los materiales precámbricos producidos en tres fases.

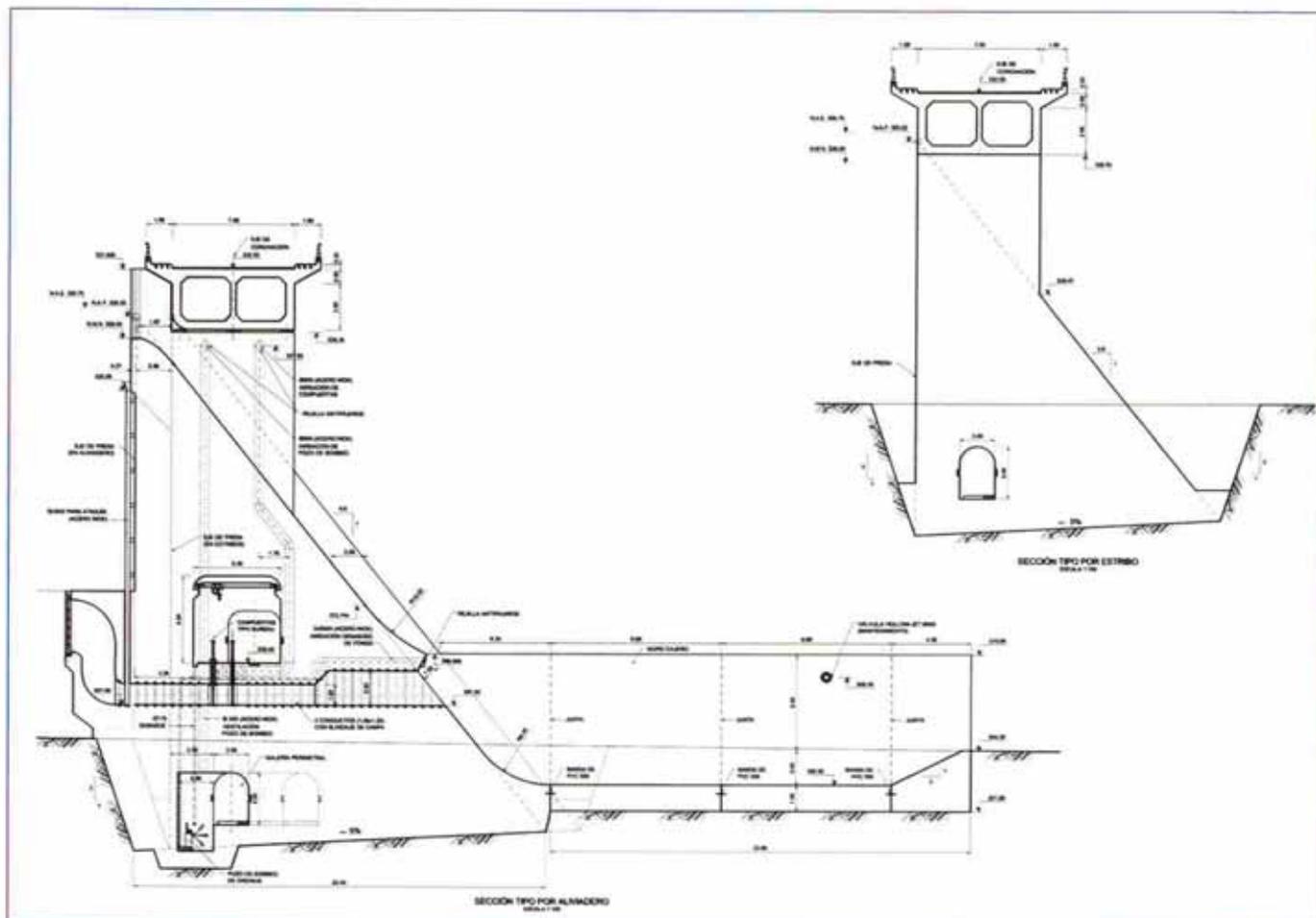
Se trata de una presa de gravedad ejecutada a base de hormigón convencional, de planta recta de 625,80 m de longitud y 31,00 m de altura sobre cimientos, que corona a la cota 332,00 m, cerrando un embalse de 51,64 hm³ de capacidad.



En cuanto a la inclinación de sus taludes se proyecta vertical aguas arriba y 0,80 (H)/1 (V) aguas abajo, suma de taludes ligeramente más reducida de lo

que suele ser habitual en este tipo de presas (0,85). La cimentación de la presa se diseña en contrapendiente con una inclinación del 5%.





El número total de bloques es de 42, dando un volumen total de hormigón de 163.505 m³. El cuerpo de presa dispone de una galería perimetral de inspección y drenaje con una sección de 2,00 x 3,00 m².

Se define un tratamiento de consolidación realizado desde la galería perimetral y desde el pie de aguas abajo con una profundidad de 5 m.

El estudio hidrológico efectuado en el proyecto para una superficie de cuenca aportadora de unos 127,00 km² y una pluviometría media anual de la cuenca del orden de unos 698 mm, deduce una aportación media anual de 25,29 hm³, del orden de la mitad del volumen previsto para el embalse.

La presa se ha proyectado con un aliviadero de labio fijo centrado en los bloques 0 y 1, con umbral a la cota 328,00, de 3 vanos de 10,00 m de longitud útil cada uno (longitud total 30 m), separados por 2 pilas intermedias de 1,0 m de anchura.

Su capacidad de desagüe en el caso de evacuación de la avenida de proyecto es de 89,60 m³/s, presentando la lámina vertiente un calado de 1,22 m; igualmente, en el caso de presentación de la avenida extrema, esa misma capacidad de evacuación resulta ser de 152,18 m³/s y el calado de la lámina, 1,75 m.

El perfil de vertido es parabólico de tipo Creager y ha sido dimensionado

para la altura de lámina de agua correspondiente a la avenida de proyecto, enlazando el perfil tangencialmente con el paramento de aguas abajo de la presa y desembocando directamente en un cuenco simple (USBR)

El proyecto prevé la construcción de unos desagües de fondo a base de dos conductos en presión de 1.000x1.200 mm de sección alojados en los bloques 0 y 1, que tras la cámara de válvulas pasan a tener unas dimensiones de 2,0x2,0 m, circulando el agua en lámina libre, y cediéndola finalmente al cuenco de la presa. Cada conducto dispone de 2 compuertas de tipo Bureau de 1,00 x 1,20 m² de sección. ♦



– Balsa del LLano del Cadimo –



La balsa del Llano del Cadimo, de 19,75 hm³ de capacidad, surge por la necesidad de regular el Alto Guadalquivir. Es una de las infraestructuras del conjunto de obras alternativas a la de la presa de Úbeda la Vieja, y está situada en Jaén, en el término municipal del mismo nombre. Se ha diseñado para regular el río Guadalbullón y para satisfacer algunas demandas de riego existentes.

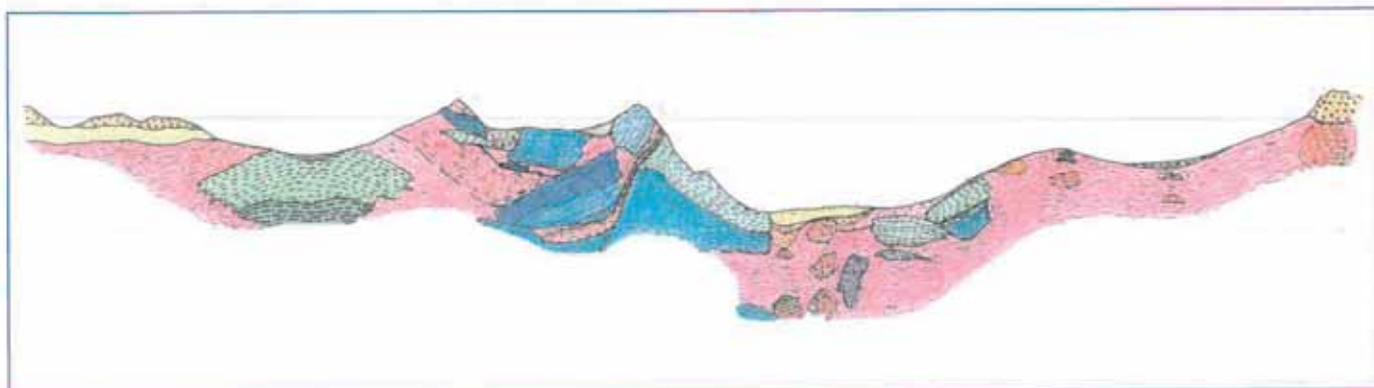
Tanto el vaso de la balsa, como el dique con el que se cierra, están situados sobre la *Unidad Olistostrómica* del conocido como *complejo caótico bético*, denominación indicativa de la complicada geología encontrada en la zona. Esta unidad está compuesta esencialmente por materiales de diversa naturaleza, pero mayoritariamente arcillas y margas de colores variados, entre los que aparecen olistolitos, bloques de areniscas rojas, dolo-

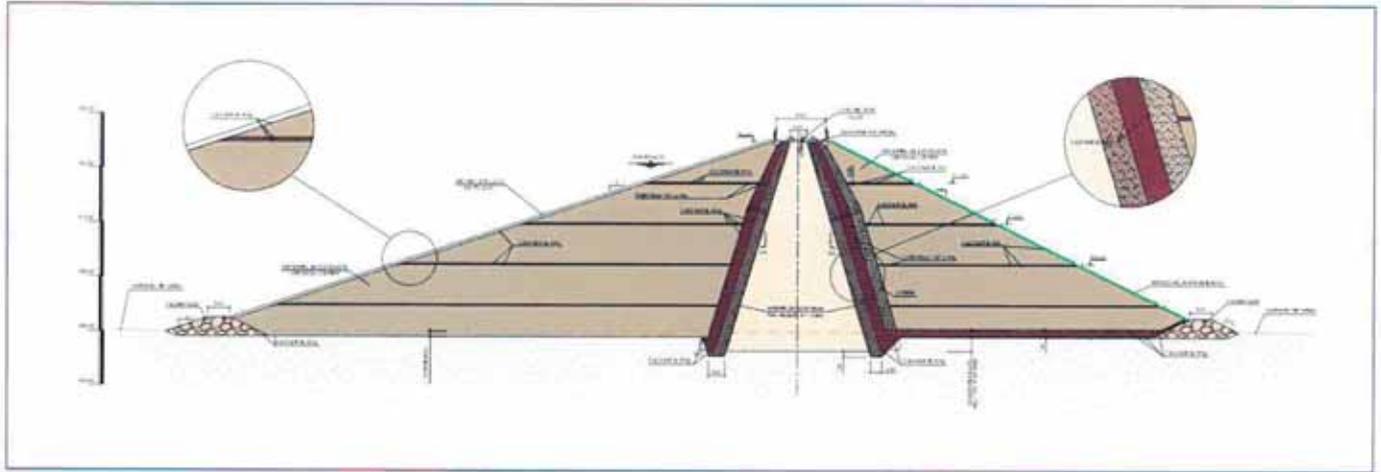
mías, yesos, etc., que se reconocen claramente como procedentes de unidades triásicas, aunque también se han detectado olistolitos de margas, margocalizas y areniscas calcáreas, pertenecientes al Cretácico y Terciario, materiales margosos del Mioceno inferior y parte del Medio. Sobre esta unidad, y orlando todo el perímetro del vaso se localizan lo que en la zona se conocen como albarizas, materiales de naturaleza más arenosa.

La balsa se cierra por algunas partes por el terreno natural y por otras mediante diques de materiales sueltos y núcleo de arcilla, materiales procedentes del vaso y de los cerros que lo rodean. En la figura 3 se muestra la sección tipo del principal, de 43 m de altura máxima, y cuyo eje, de una longitud total de unos 1100 m, es de planta quebrada. De la sección tipo se destacan los mantos drenantes hori-

zontales situados aguas arriba y aguas abajo del núcleo, a distintas alturas, por la más que previsible impermeabilidad de los materiales con los que se va a acometer la construcción de los espaldones. De forma complementaria, esos mismos materiales presentan una cierta complejidad geotécnica, consecuencia de su origen, por su contenido de Sulfatos (SO₃²⁻) y por su densidad máxima Proctor, lo que según el PG3, les catalogaría entre tolerables y marginales.

Debido a la presencia de olistolitos permeables en la margen derecha de la balsa, para asegurar la impermeabilidad de toda esta zona se ha previsto la construcción de un tapiz que, además de cubrirla, tapizaría el fondo de la balsa. El tapiz está constituido por materiales drenantes en el contacto con el terreno natural, sobre los que se sitúa el material impermeable.





La inclinación del talud del tapiz es variable en función de la zona, al objeto de adaptarse al terreno. Esa inclinación oscila entre un 3H:1V y un 7,5H:1V. Las aguas filtradas a través de él se recogerán en una galería construida a su pie, convenientemente empotrada en el terreno natural.

En lo que se refiere a los órganos de desagüe, una estructura que atraviesa todo el cuerpo del dique princi-

pal, aloja la galería en la que se sitúan los desagües de fondo, la toma de agua, parte del aliviadero, y la galería a través de la que se accede al pie del tapiz.

Aliviadero y desagües de fondo permitirán evacuar las avenidas de 1000 y 10.000 años de periodo de retorno, que han sido las consideradas como de proyecto y extrema para la balsa, clasificada en la categoría A,

por resolución de la Dirección General del Agua. Los caudales punta de ambas y sus volúmenes respectivos, son 68,38 m³/sg y 76,23 m³/sg y 0,44 hm³ y 0,49 hm³, respectivamente.

Se ha proyectado un aliviadero de tipo Morning Glory con embocadura circular de 4,10 m de diámetro, con 4 vanos de 2,23 m de longitud cada uno de ellos separados entre sí por pilas. ♦

— Presa de Búrdalo —

La presa de Búrdalo se encuentra dentro de los términos municipales del Escorial, Villamesias, Almoharín y Robledillo de Trujillo, provincia de Cáceres.

Tanto el vaso del embalse como la cerrada en la que se va a construir la presa, están constituidos por una formación granítica con grados de alteración II y III en la que se observan intercalaciones verticales, o cuasi verticales, de brechas arena arcillosas y granitos fracturados o muy fracturados (zonas milonitizadas) originados por una importante tectónica regional que se corresponde con las fases segunda y tardía de la Orogenia Hercínica.

Se ha diseñado una presa de gravedad a base de hormigón convencional, de planta recta de 768 m de longitud, 6 m de anchura de coronación, cota de ésta 318,50 y 35,50 metros de altura sobre cimientos. Cierra un embalse de 79,3 hm³ de capacidad.

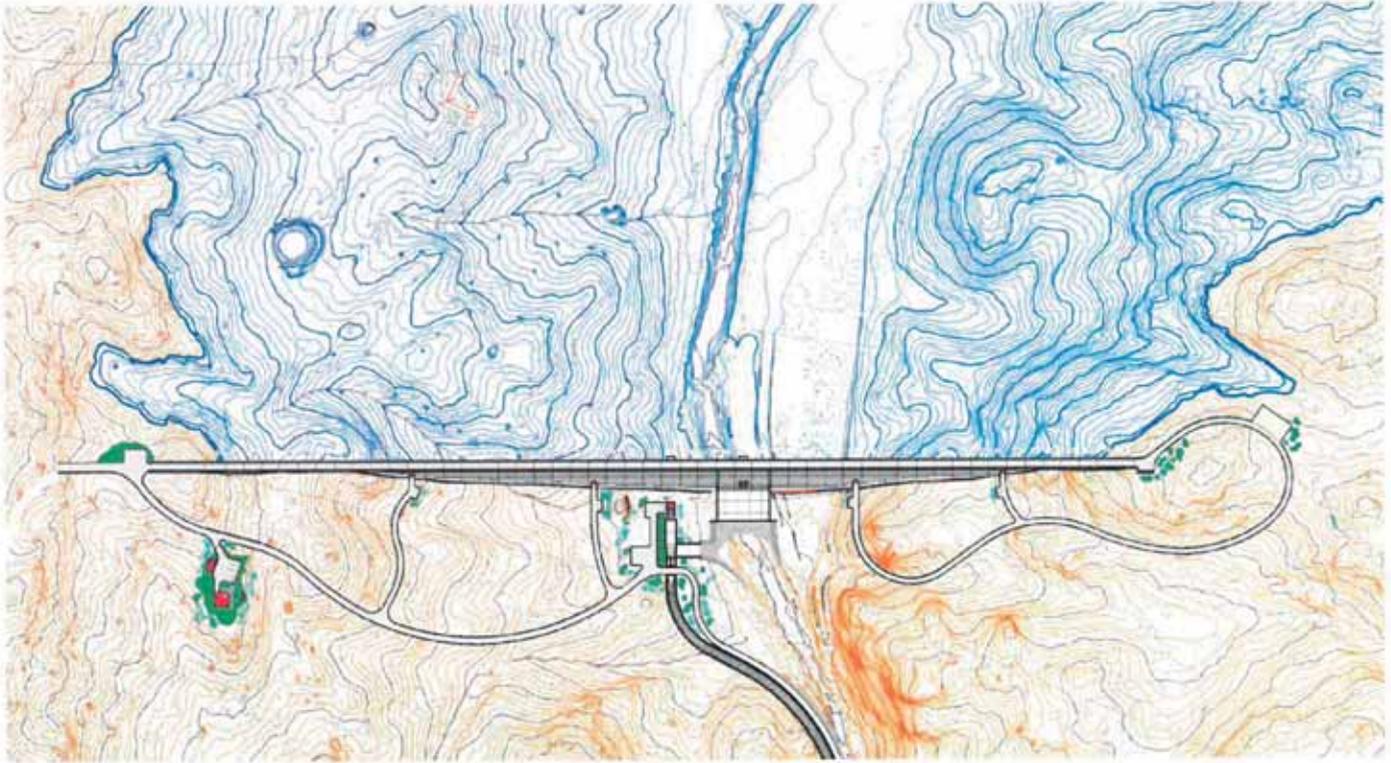
En cuanto a la inclinación de sus taludes se proyecta vertical aguas arriba y 0,80 (H)/1 (V) aguas abajo, suma de taludes ligeramente más reducida de lo que suele ser habitual en este tipo de presas (0,85). La cimentación de la presa se diseña en contrapendiente con una inclinación del 5%. Se ha previsto

en la sección tipo una galería perimetral de inspección y drenaje con una sección de 2,00 x 3,00 m² en la zona de las laderas y de 3 x 3 m² en las partes más horizontales.

El cuerpo de presa está formado por un total de 51 bloques, lo que da lugar a un volumen total de hormigón de 166.000 m³.

Para una superficie de cuenca aportadora de unos 215,7 km² y una pluviometría media anual de la cuenca del orden de unos 630 mm, resulta una aportación media anual de 38,6 hm³, del orden de la mitad del volumen previsto para el embalse.



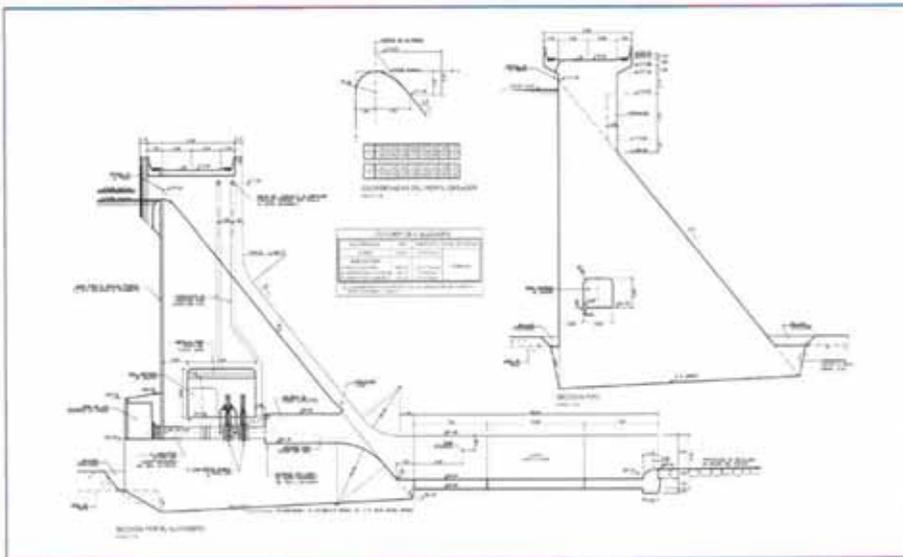


Dispone de un aliviadero central de labio fijo centrado en los bloques 0, 1 y 2, con umbral a la cota 315,50, de 4 vanos de 9,75 m de longitud útil cada uno (longitud total 39 m), separados por 3 pilas intermedias de 1,0 m de anchura. El perfil de vertido es pa-

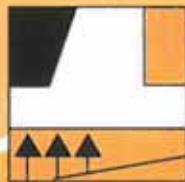
rabólico de tipo Creager y ha sido dimensionado para una altura de lámina de 1,30 m de altura. El perfil enlaza tangencialmente con el paramento de aguas abajo de la presa desembocando directamente en un cuenco simple (USBR).

Su capacidad de desagüe en el caso de evacuación de la avenida de proyecto es de 85 m³/s, presentando la lámina vertiente un calado de 1,0 m; igualmente, en el caso de presentación de la avenida extrema, su capacidad de evacuación resulta ser de 166 m³/s y el calado de la lámina, 1,50 m.

Como conductos de desagüe dispone de dos alojados en el bloque 0 de sección rectangular de 1 x 1,2 m, con embocadura a la cota 290,80 m. Tras la cámara de válvulas, pasan a tener unas dimensiones de 2,0x3,0 m, circulando el agua en lamina libre, y cediéndola finalmente al cuenco amortiguador. Cada conducto dispone de 2 compuertas Bureau de 1,00 x 1,20 m² de sección. Su capacidad de evacuación es de 40 m³/s en total, lo que permitiría vaciar el embalse, en caso de necesidad, en menos de 30 días, encontrándose el embalse en su máximo nivel normal. ♦



SOCIEDAD ESPAÑOLA DE
MECANICA DEL SUELO
E INGENIERIA
GEOTECNICA



— Presa de Enciso —

La denominada Presa de Enciso se ubica en una cerrada situada a unos 700 m aguas arriba del municipio del mismo nombre, en la Comunidad Autónoma de La Rioja, creando un embalse que ocupa terrenos de dicha Comunidad y en la de Castilla y León, ya en la provincia de Soria, concretamente en el municipio de Yanguas.

La Presa de Enciso cierra una cuenca vertiente de 270 km², con una aportación media de 58 hm³/año, equivalente a un caudal medio anual de 1,84 m³/s. La avenida de 1.000 años de periodo de recurrencia tiene un caudal punta de 605,65 m³/s y un volumen de 32 hm³.

El embalse de Enciso con un volumen útil de 46,50 hm³ permitirá regular un total de 46,10 hm³/año para regadío y usos ecológicos. Con las necesidades de agua consideradas de 8.094 m³/ha y año se podrán regar un total de 5.486 ha en los términos municipales de Arnedillo, Santa Eulalia, Herce, Arnedo, Quel, Autol y Calahorra. En la actualidad se está planteando emplear el agua regulada como fuente de abastecimiento a los municipios de la cuenca del Cidacos. La superficie del embalse para la cota de coronación es de 160 ha.

La presa proyectada responde a la tipología de gravedad de hormigón compactado. Su coronación se sitúa a la cota 878,50, mientras que la longitud de la misma es de 375,60 m. La mínima cota de cimentación, en el pie de aguas arriba, es la 775,38 por lo que la altura máxima sobre cimientos resulta ser de 103,12 m. La anchura máxima de la presa en su base es de 81,20 m.

El eje de definición de la presa es vertical, coincidiendo con el paramento de aguas arriba, y desde el punto del eje situado a la cota de coronación (878,50)



arranca el talud teórico del paramento de aguas abajo que es del 0,8H:1,0V. Los taludes del paramento de aguas abajo se realizarán escalonados con escalones de 1,20 m de alto por 0,96 m de ancho. El paramento de aguas arriba es vertical. La coronación tiene una anchura total de 8,00 m, distribuidos en una calzada

de 6,00 m de anchura y 2 aceras de 1,00 m cada una.

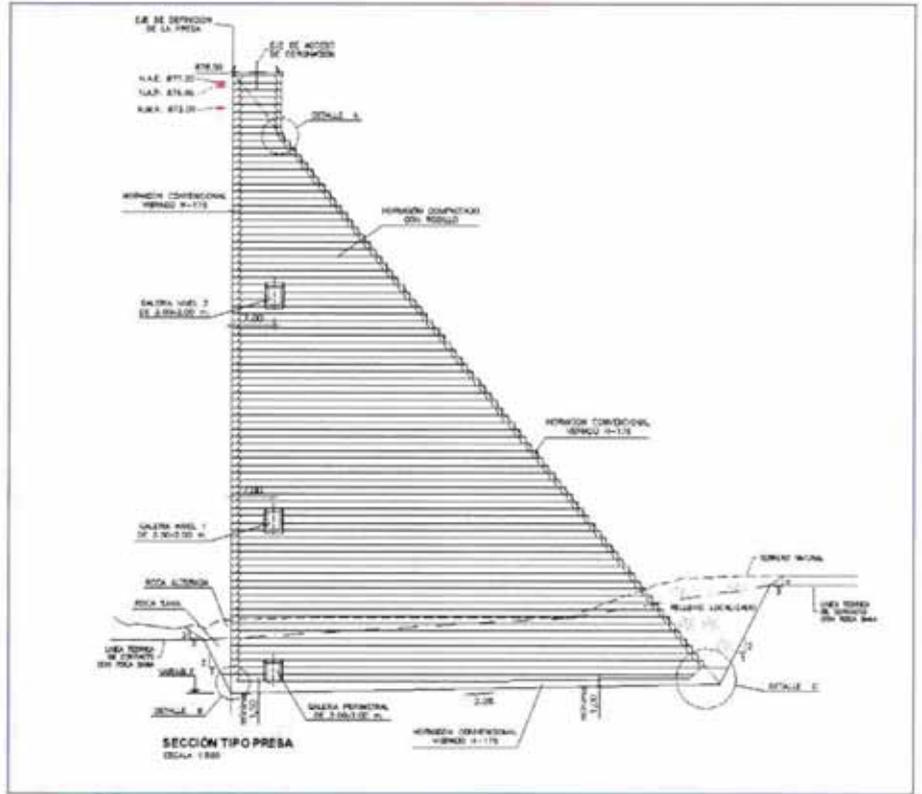
El cuerpo de presa se ejecutará de forma íntegra con hormigón compactado. En los paramentos de aguas arriba y abajo, sin embargo, se colocará hormigón vibrado convencional en masa, dando forma a ambos.



El aliviadero proyectado es de labio fijo y se sitúa en el cuerpo de presa, centrado en el cauce. La sección de la parte superior del aliviadero desde la cota 873,00 hasta la cota 867,30 es de hormigón convencional H-175.

El umbral del labio de vertido se encuentra a la cota 873,00 y la máxima sobreelevación para la avenida de 1.000 años de periodo de recurrencia es de 3,60 m lo que sitúa el N.A.P. a la cota 876,60. El máximo caudal desagüado por el aliviadero es de 589,54 m³/s, para este período de retorno. Se ha comprobado la capacidad de alivio de caudales para las avenidas de 10.000 años y P.M.F., comprobándose que en ninguno de los dos casos vierte la presa por coronación.

Se han dispuesto 2 desagües de fondo idénticos, con un caudal de desagüe suficientemente amplio para poder controlar el embalse por medio de ellos, de forma que el vertido por el aliviadero de superficie solo se realice en ocasiones extraordinarias. Además realizarán también las funciones de toma de los caudales regulados para uso ecológico y de riego. Su embocadura se sitúa a la cota 794,00. Son dos conductos rectangulares gobernados cada uno por doble compuerta Bureau



de 1,25 x 1,50 m. El caudal máximo desagüado para embalse a N.M.N. es de 128 m³/s.

La presa incorpora dos tomas de agua, ubicadas en la parte derecha de la presa, con embocaduras a las cotas 801,00 y 843,29. El diámetro de las tuberías

de estos elementos es de 1000 mm y están reguladas por válvulas de mariposa motorizadas.

El proyecto de la presa se completa con los tratamientos de consolidación del cimentación, pantalla de impermeabilización y pantalla de drenaje, así como con un completo sistema de instrumentación automatizado.

Los trabajos se completan con una serie de obras accesorias, algunas de las cuales contribuirán a mejorar las comunicaciones en la zona, entre las que destacan la Variante de la carretera LR-115, en un tramo de 6,8 km de longitud, bordeando el nuevo embalse, la mejora de un tramo de 9 km de esta misma carretera entre Arnedillo y Enciso y la Variante de Enciso, esta última para evitar el tráfico por esta población de los camiones que transportan los materiales necesarios para la confección de los hormigones de la presa. ♦



— Presa de Las Fitas —

La zona de emplazamiento de la presa se sitúa al Sureste de la capital de la provincia de Huesca, a unos 9 kilómetros al Este de la localidad de Sariñena y a unos 4 km al Oeste de Castelflorite en la parte septentrional del término municipal de Villanueva de Sigüenza (provincia de Huesca). La cerrada se dispone con dirección NE-SO. El vaso del embalse se prolonga hacia el Noroeste, a lo largo del Valle de Las Fitas, así como por vaguadas adyacentes.

Esta presa de materiales sueltos, que crea un embalse de unos 9 hm³, se encuadra dentro del Sistema de Riegos del Alto Aragón y permite mejorar la regulación interna del Canal de Terreu y su zona regable. Su llenado se realiza con los caudales sobrantes del Canal de Terreu a través de una conducción a presión, la cual también se utiliza para revertir los caudales a dicho canal, en el momento que sea necesario.

Desde el punto de vista litológico, en la zona de cerrada aparecen materiales de edad terciaria (Mioceno) y cuaternaria. El sustrato rocoso lo constituyen limolitas y limolitas arenosas, que alternan con niveles de areniscas, y tamaño de grano medio a fino generalmente, apareciendo tramos de grano grueso. El vaso del embalse está ocupado fundamentalmente por materiales del sustrato rocoso, constituido por limolitas y areniscas en paleocanales y niveles tabulares. Estos materiales del sustrato se encuentran parcialmente recubiertos por depósitos cuaternarios coluviales y de fondo de valle. El apoyo del núcleo se realizará sobre sustrato Mioceno (limolitas y areniscas) una vez eliminado el material cuaternario y el sustrato Mioceno alterado.

Con estos condicionantes geológicos y geotécnicos, se ha diseñado una presa



de materiales sueltos cuyo cuerpo de presa presenta las siguientes características geométricas y de materiales constitutivos:

- La planta de la presa es recta con 756 m de longitud en coronación, estando ésta a la cota 401,50 y teniendo una anchura de 8 m. La altura máxima sobre el cimiento es de 41 m.
- Espaldón de aguas arriba. Talud exterior 1,8H:1,0V. Constituido por gravas de terraza con un porcentaje en contenido de gravas superior al 75 %.
- Núcleo. Con taludes 0,3H:1,0V. Material constituido por limos del recubrimiento cuaternario (coluviales y fondo de valle) o las limolitas alteradas del sustrato conteniendo un porcentaje de finos mayor del 75% y un coeficiente de permeabilidad menor de 10⁻⁷ cm/s.
- Filtro aguas arriba y aguas abajo de 3,00 m de espesor mínimo, para cuya ejecución se emplearán los materiales de las terrazas colgadas del entorno del vaso.
- Espaldón de aguas abajo. Talud exterior 1,80H:1,00V, con una banquetta a cota 385,00 m y un repié de escollera coronado en una berma a cota 370,00. Material igual al espaldón de aguas arriba.
- Rip-Rap de protección del paramento aguas arriba de 1,00 m de espesor.
- Protección del paramento aguas abajo con hidrosiembra sobre capa vegetal.

Se consideró la necesidad de realizar un tratamiento de impermeabilización de la cimentación por los siguientes motivos:

- Riesgo de que se puedan producir erosiones internas en la cimentación de la presa, fundamentalmente en los niveles más someros de ésta, en el contacto del núcleo con los primeros metros del sustrato terciario.
- Permeabilidad del sustrato de la cimentación y caudal de pérdidas estimado.

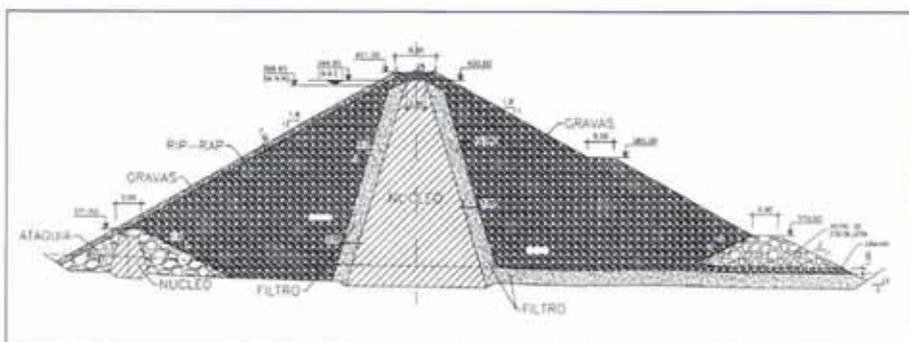
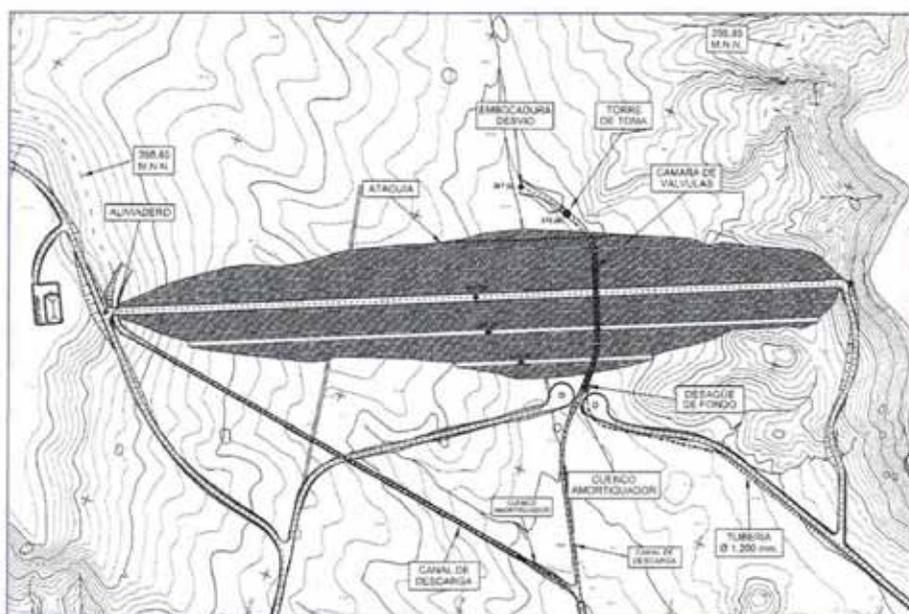


El tratamiento proyectado consiste en una pantalla continua impermeable dispuesta a lo largo de toda la cimentación de la presa. Dado que la presa se apoya sobre terrenos que se pueden considerar "blandos", limolitas y limolitas arenosas, se empleará una pantalla plástica de bentonita-cemento. El espesor mínimo de la pantalla será de 0,80 m. La pantalla penetrará 1 m en el núcleo de la presa, asegurando de esta manera la unión entre núcleo y pantalla. Se prolongará en profundidad hasta alcanzar las capas impermeables del sustrato.

Se ha diseñado un aliviadero lateral con vertedero de labio fijo. El aliviadero se sitúa en la ladera de la margen derecha de la presa, pues esta ladera presenta una disposición más favorable para la ubicación del canal de descarga del aliviadero. El aliviadero consta de un canal de aproximación al vertedero, un perfil vertedero USBR de calado de diseño 1,00 m de altura con cota de la cresta la 398,85 m, una rápida de 485 m de longitud, un cuenco amortiguador de 25 m de longitud y un encauzamiento con sección protegida con escollera, que conecta con el encauzamiento que proviene del desagüe de fondo.

La toma y desagües de fondo de la presa se localizan en una galería situada próxima al centro de la presa. Esta galería tiene como objeto evitar atravesar el terraplén de la presa con tuberías en presión y su disposición es tal que se encuentra completamente por debajo de la línea de cimentación de la presa, con el fin de evitar posibles asentamientos diferenciales de los rellenos sobre ella. En una primera fase la galería se utiliza para el desvío del río.

La presa está dotada con dos desagües de fondo. Aguas abajo de la cámara de compuertas el primero de ellos parte con un diámetro de 1200 mm. Este conducto se utiliza también para alimentar el embalse con la tubería Ø



1200 mm procedente del canal de Tereu, y como toma para restitución de caudales al canal. A la salida de la galería de desagües hay una bifurcación en el conducto, de la que parte un ramal Ø 600 mm que corresponde al desagüe de fondo izquierdo. El segundo conducto, que actúa exclusivamente como desagüe de fondo, tiene diámetro de 600 mm. Al final de ambos desagües se colocan válvulas Howell-Bunger Ø 600 mm, las cuales efectúan su descarga contra un cuenco de rotura de energía, al que sigue un canal que conecta con el encauzamiento que proviene del aliviadero. La entrada de caudales a las conducciones en presión se efectúa por medio de una torre

de toma de forma hexagonal situada en el extremo aguas arriba de la galería de desagües.

Como medidas de protección ambiental se realizan, durante las actividades de movimientos de tierras, seguimientos para localizar posibles restos ocultos arqueológicos y paleontológicos. Del mismo modo, se efectúa una prospección botánica intensa, a fin de determinar áreas con presencia de especies en peligro de extinción y de interés especial. Asimismo, se lleva a cabo un seguimiento de la avifauna, en concreto del alimoche común y del cernícalo primilla, especies catalogadas como vulnerables y sensibles a la alteración de su hábitat. ♦



– La presa de Los Vados –

La presa de Los Vados se ubica en el río Arlanza, en el T.M. de Salas de los Infantes. (provincia de Burgos) y se construye con el propósito ambiental de generar un espejo de agua en la cola del embalse de Castrovido.

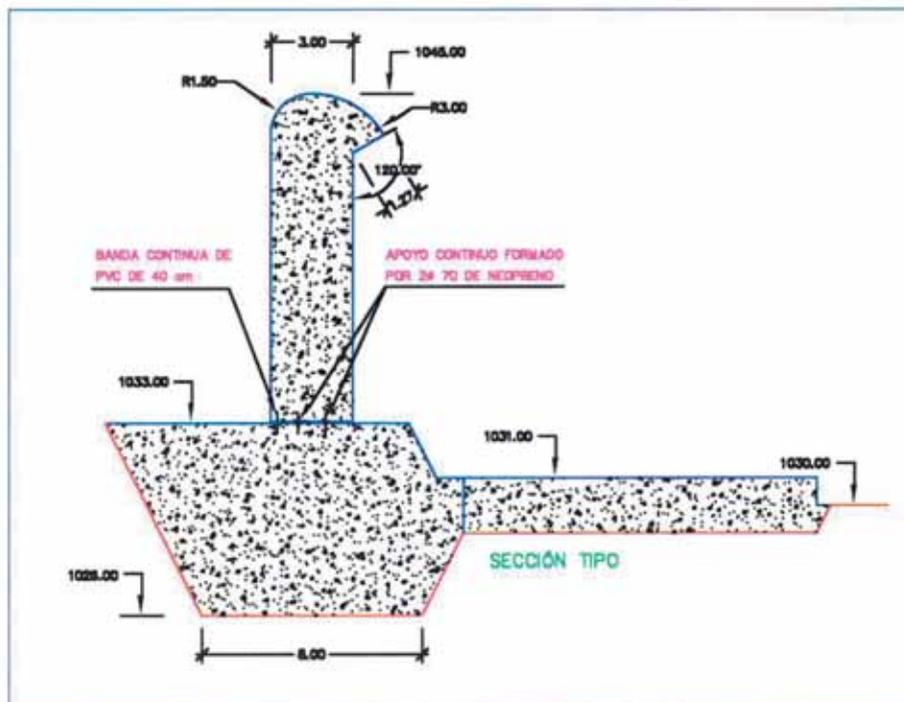
Este espejo de agua, además, cubrirá la zona en la que se están extrayendo los áridos utilizados para la fabricación de hormigones, generando una solución de gran valor ambiental al problema técnico inicial de regeneración de la amplia zona de extracción.

Es del tipo bóveda cilíndrica con junta en la base, tipología ésta que aunque ha sido poco empleada, posee una gran aplicabilidad en el caso de contemplar, en fase de proyecto, una presa arco de altura moderada.

Sirvan como ejemplos la ataguía de la presa de Santa Eulalia (Orense), la ataguía de la presa de El Atazar (Madrid), la presa de Edrada (Orense), la presa de Cerro Alarcón (Madrid), la de Los Altarejos (Sevilla) y la de Cabo (Pontevedra).

Todos los ejemplos comentados poseen una disposición similar, esto es, una bóveda cilíndrica, de generatrices verticales y espesor constante, que empotra lateralmente en sendos estribos, y que apoya inferiormente, mediante una junta deslizante, en un zócalo que reparte las cargas al cimiento. La junta deslizante se materializa mediante un doble cordón de neopreno.

La presa de Los Vados se ubica, como se ha dicho, en la cola del embalse de Castrovido, en la parte inicial de un desfiladero situado al final de una plana aluvial del río Arlanza. En este desfiladero, bajo el suelo aluvial de unos 3 m de espesor medio, las formaciones geológicas predominantes son conglome-



rados y areniscas de edad Cretácica. Tanto las formaciones aluviales como la roca decomprimida y degradada se excavan para el apoyo del zócalo, que corona constituyendo una plataforma horizontal a cota 1033,00 m y con una altura máxima de 7 m.

Sobre el zócalo apoya la bóveda cilíndrica de generatrices verticales, de espesor constante de 3 m y una altura, constante también, de 12 m. La directriz es un arco de círculo de 90° de ángulo en una cuerda de 97 m. El radio resultante es de 70 m.

La junta deslizante se materializa mediante dos cordones de neopreno, continuos en todo el apoyo, de 70 mm de anchura cada uno. Por aguas arriba de éste se dispone de una banda water-stop.

La bóveda está compuesta por un total de 7 bloques delimitados por jun-

tas encofradas, verticales y de dirección radial, que se inyectan al objeto de dotar del necesario monolitismo a la estructura. A tal efecto se disponen los recintos de inyección, delimitados por bandas water-stop en los planos de junta y las consiguientes tuberías de inyección y purga.

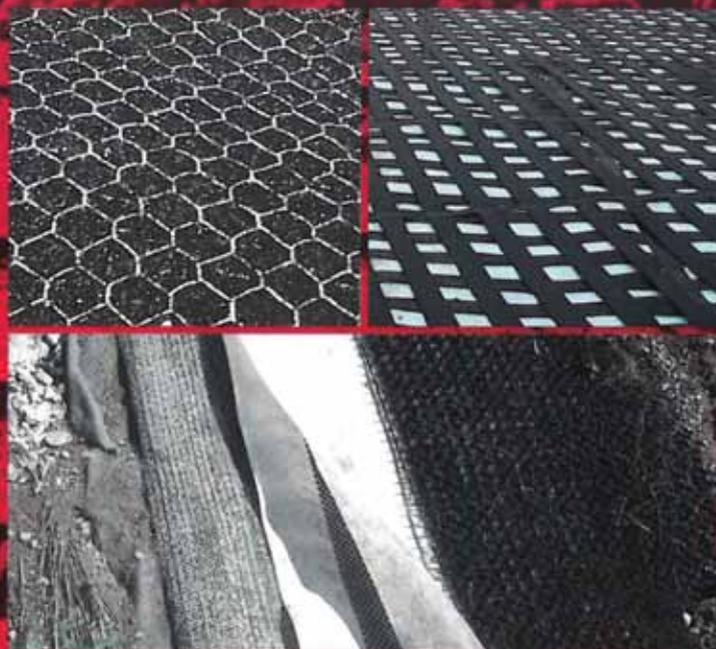
La continuidad de la estructura se consigue lateralmente mediante el empotramiento de los bloques extremos de la bóveda en sendos estribos en contrafuerte. La posibilidad de disponer juntas deslizantes en dirección radial en los apoyos laterales de la bóveda (en su contacto con los estribos) se desechó debido a la esbeltez de los arcos, que son capaces de absorber los desequilibrios tensionales generados por el hiperestatismo del empotramiento. El empotramiento lateral confiere a la presa una seguridad global mayor.



BIANCHINI INGENIERO GEOSINTÉTICOS

CON MÁS DE 100 AÑOS DE TRAYECTORIA, BIANCHINI ES UNA REFERENCIA EN EL SECTOR DE LA OBRA CIVIL, PROPORCIONANDO SOLUCIONES INNOVADORAS Y DE CALIDAD PARA TODOS LOS NIVELES DE LA OBRA. LA GAMA DE GEOSINTÉTICOS BIANCHINI HA SIDO DISEÑADA PARA DAR RESPUESTA A LAS PROBLEMÁTICAS MÁS HABITUALES EN LOS TRABAJOS DE TRATAMIENTO DEL TERRENO.

- PROTECCIÓN CONTRA LA EROSIÓN
- REFUERZO DEL TERRENO
- REFUERZO DEL ASFALTO
- DRENAJE
- IMPERMEABILIZACIÓN
- GEOTEXILES



SOLUCIONES
EN GEOTECNIA Y
MEDIO AMBIENTE
WWW.ABIANCHINI.ES



OFICINAS
Diputació, 279 1^o 3^a
08007 Barcelona
T. +34 93 496 13 00
F. +34 93 496 13 01
bianchini@abianchini.es



INITEC INFRAESTRUCTURAS



Tranvía de Campello. Alicante.



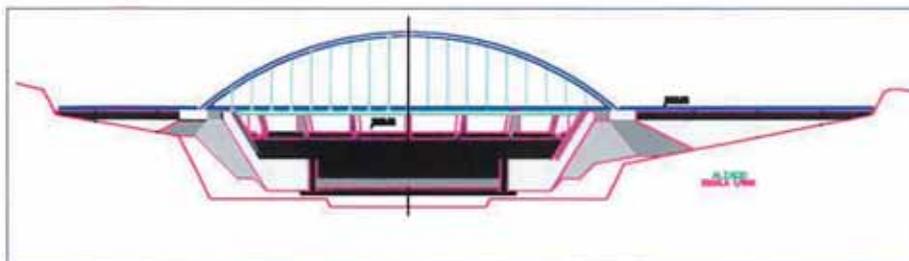
Desaladora Rambla Morales. Almería.

AL SERVICIO DE SU CIUDAD

Más de 300 especialistas en las áreas de Aeropuertos y Transporte Aéreo, Puertos y Costas, Transporte Terrestre, Arquitectura, Edificación y Urbanismo, Ecología e Hidráulica

- Con gran diversificación de clientes y proyectos
- Más de 200 millones de euros de construcción de obras en curso
- Más de 100 contratos de servicios de ingeniería en vigor
- Más de 600 millones de euros de cartera de explotación

Rafael Calvo 3-5. 28010 MADRID. Tfno.: (34) 91 592 39 00. Fax: (34) 91 592 39 01/02. www.tecnicasreunidas.es



Los estribos en contrafuerte poseen un talud de 2H/1V y cierran contra el propio talud de excavación lateral de la presa. Por el estribo izquierdo discurren los desagües de fondo mediante una doble conducción metálica circular de 1,00 m de diámetro, regulada y controlada desde una cámara alojada en el interior del citado estribo a la que se accede desde coronación.

El cierre hidráulico de la presa se consigue mediante dos aletas que se adelantan a cada estribo por aguas arriba y según la perpendicular a la dirección del cauce en el desfiladero. Estas aletas poseen una sección de gra-

vedad, con talud de 0,80H/1V en el paramento de aguas abajo.

Sobre la bóveda se dispone el aliviadero de la presa. En el vertedero se ha empleado un perfil curvo según dos alineaciones en arco de círculo y tangentes entre sí en el umbral del mismo, a la cota 1.045,00 m. Este perfil favorece la aireación inferior de la lámina, que en caída libre impacta contra una losa de protección, situada en prolongación, por aguas abajo, del zócalo y a cota 1.031,00 m.

El dimensionamiento del aliviadero se ha realizado partiendo de la condición de que la sección de control del

embalse la constituya, para niveles de agua en el embalse principal superiores a la 1.045,0 m, el aliviadero de la presa de Castrovido.

Así, el aliviadero de la presa de Los Vados se compone de 8 vanos de unos 13,90 m delimitados por pilas - tajamares que favorecen la aireación lateral de la lámina.

Tanto las aletas como las pilas - tajamares del aliviadero coronan a la cota 1.050,50 m, con lo que la altura de la presa, medida desde el punto más bajo de la cimentación, es de 24,50 m.

Asimismo, por la margen izquierda de la presa y atravesando la aleta del mismo lado, se dispone una escala de peces para ciprínidos.

Finalmente, el proyecto contempla la restitución de una Cañada Real, mediante la construcción de un puente arco, con tablero inferior (tipología "bou string") de 107 m de luz que salva el embalse de Los Vados, apoyado en los estribos de la presa. ♦

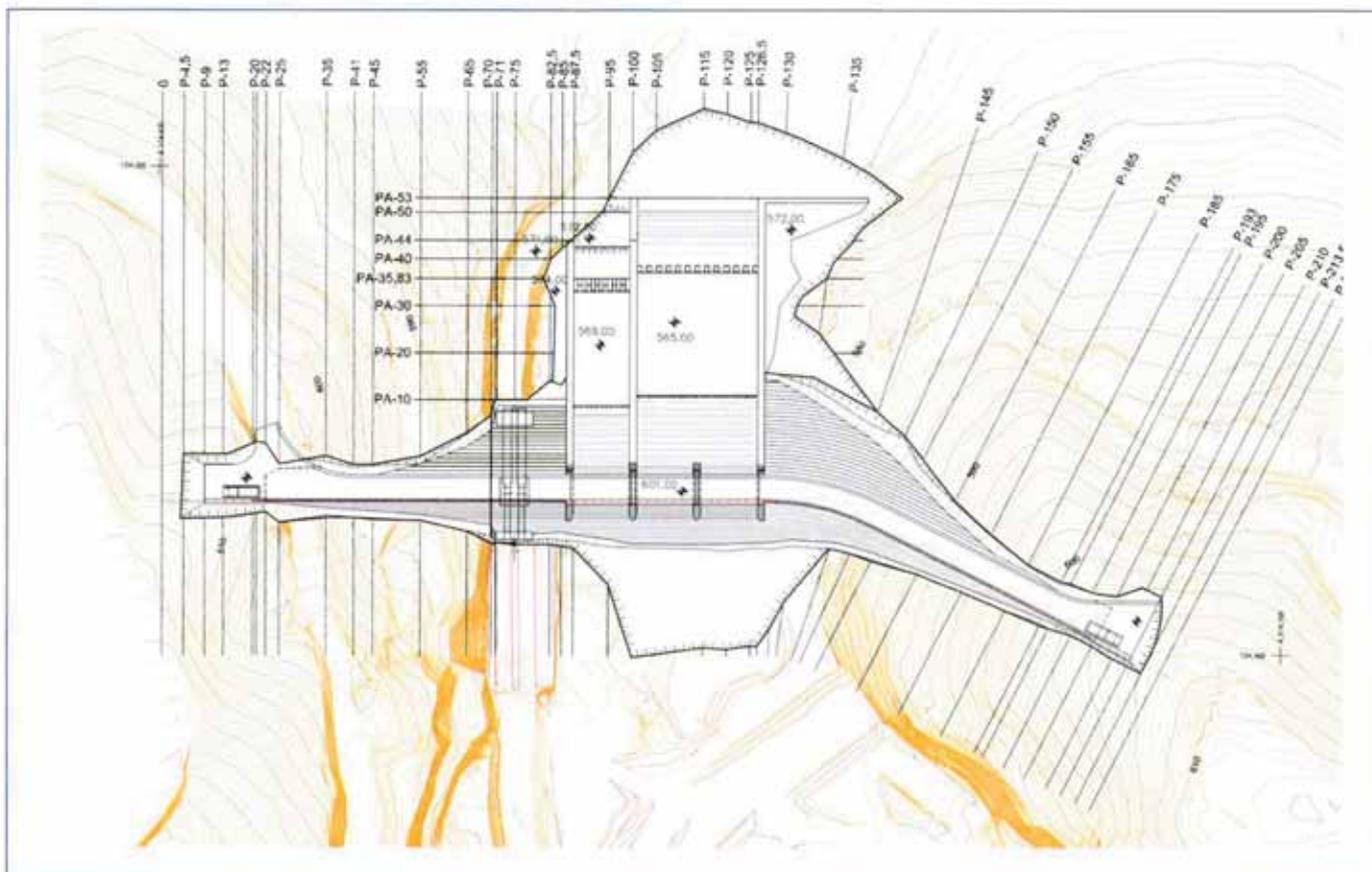
— Presa del Puente de Santolea —

La presa del Puente de Santolea es una presa situada en la cola del actual embalse de Santolea, dentro del término municipal de Castellote, provincia de Teruel.

La presa se sitúa sobre la formación Utrillas, constituida por margas y arenas, que en la cerrada está recubierta por un paquete de conglomerados pertenecientes al Oligo-Mioceno que buza unos 30° hacia aguas abajo.

La presa, de gravedad, y planta curvilínea, se ejecutará con hormigón compactado. Su coronación se sitúa a la cota 601,00 m y la cimentación a la 557,00 m, por lo que tendrá una al-





tura máxima de 44 m. Cerrará un embalse de 17,7 hm³.

En lo que se refiere a sus taludes, se han previsto éstos con una inclinación 1(V):0,20(H) el de aguas arriba y 1(V):0,60(H) el de aguas abajo. La sección tipo dispone en su interior una galería perimetral con dimensiones adecuadas para poder realizar desde su interior los tratamientos del cimientó y acceder a la cámara de válvulas.

La presa estará formada por un total de 10 bloques de 20 m de anchura cada uno, si se exceptúa en el que se alojarán los desagües de fondo y que servirá como desvío del río, que tendrá 15 m.

Se ha previsto realizar un tratamiento de consolidación clásico del cimientó y una pantalla de impermeabilización que atraviesa el paquete de con-

glomerados. Al pie de aguas abajo del cuerpo de presa se ha previsto la ejecución de una fila de taladros de drenaje, separados entre sí 6 m, y, en los tres bloques centrales una segunda situada a 15 m de la anterior a base de taladros con la misma separación. La parte inferior de los taladros de ambas líneas quedarán siempre unos 3 m por encima del contacto entre ambas formaciones (conglomerados y formación Utrillas). La idea de esta última es la de disminuir las subpresiones bajo el cuenco amortiguador.

El aliviadero diseñado es de labio ficho con perfil USBR con la cota del umbral a la 596,00 m y con una longitud libre de vertido 36,00 m. La disipación de la energía del agua se ha llevado a cabo mediante un cuenco amortiguador tipo III según USBR.

El estudio de laminación de las avenidas de proyecto y extrema concluye que el agua alcanzaría, en el caso de presentación de la primera, la cota 599,46 m, desaguándose por el aliviadero en ese momento, un caudal máximo de 405,45 m³/s, lo que supone un caudal unitario de 11,26 m³/s/m. En el caso de la avenida extrema, esas mismas cifras serían 600,33 m, 563,78 m³/s y 15,63 m³/s/m, respectivamente.

En cuanto al cuenco amortiguador, para adaptar éste a la geometría de la cerrada, lo que se ha hecho ha sido en realidad diseñar dos con sus soleras situadas a diferentes cotas. Ambos son del tipo III del Bureau y pueden llegar a tener que funcionar con unos niveles de sumergencia del 100%. ♦





Presas y energía hidroeléctrica

Dams and hydropower

Revista de Obras Públicas
nº 3.509. Año 157
Abril 2010
ISSN: 0034-8619

Daniel García-Lorenzana Acasuso. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Jefe de Área de gestión de Infraestructuras. División de Obras Hidráulicas. Técnica y Proyectos S.A. (TYPESA)
dgarcial@typsa.es

Resumen: Se resume y comenta en este artículo, el informe del ponente general de la cuestión Q.88 "Presas y energía hidroeléctrica", así como las contribuciones orales y escritas presentadas en el XXIII Congreso de Grandes Presas celebrado en Brasilia.

Palabras Clave: Presas; Energía hidroeléctrica; Energía renovable; Esquemas reversibles; Desarrollo sostenible; Objetivos del Milenio; Mecanismos de desarrollo limpio; Mercado de derechos de emisión de CO₂

Abstract: The article summarizes and comments on the report by the General Reporter on question Q.88 "Dams and hydropower", and the oral and written contributions presented in the XXIII Congress on Large Dams held in Brasilia.

Keywords: Dams; Hydropower; Renewable energy; Pumped storage schemes; Sustainable development; Millennium Development Goals; Clean Development Mechanisms; Carbon Credits Market

1. Introducción

La cuestión nº 88 tratada en este congreso corresponde a los aspectos hidroeléctricos de las presas, entre ellos:

- El papel de las presas en el ámbito de las energías renovables. Potencial hidroeléctrico y proyectos actuales.
- La energía hidroeléctrica y el desarrollo sostenible. Contribución a los objetivos del milenio⁽¹⁾ en relación a la reducción de los gases de efecto invernadero; mecanismos de desarrollo limpio (CDM) y accesibilidad al mercado internacional de derechos de emisión de CO₂.
- Planificación, diseño y construcción de presas hidroeléctricas. Aspectos técnicos, financieros, sociales y ambientales; buenas prácticas ambientales y sociales.
- Objetivos hidroeléctricos en embalses de usos múltiples. Reglas de operación e interacción con otros usos.

(1) Millennium Development Goals (MDGs).

- Esquemas reversibles: requerimientos específicos y de diseño de la presa.

Los aspectos hidroeléctricos de las presas y los embalses no habían sido tratados de forma específica en ninguna cuestión en congresos anteriores del ICOLD.

Esta cuestión responde a la preocupación de la opinión pública por el calentamiento global y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero como medida para tratar de frenarlo. En este escenario de desarrollo sostenible, toma importancia la energía hidroeléctrica como fuente renovable de energía y con una nula emisión de gases de efecto invernadero.

Dentro del desarrollo sostenible, hay que prestar atención a diferentes aspectos de los proyectos: técnicos, financieros, sociales y ambientales; y toman importancia los esquemas de usos múltiples y los reversibles, que optimizan el recurso y potencian el crecimiento de los países en vías de desarrollo.

A esta cuestión se ha dado respuesta a través de 40 comunicaciones, cuyos países de origen son los que se reflejan en la tabla 1.



Tabla 1. País de origen de las comunicaciones en relación a la cuestión Q.88.

País	Nº de comunicaciones	Referencias
Austria	2	R.31, R.39
Brasil	4	R.06, R.30, R.37, R.38
Canadá	2	R.13, R.16
China	8	R.17, R.18, R.20, R.21, R.22, R.23, R.26, R.35
Costa Rica	1	R.14
Eslovaquia	1	R.02
Eslovenia	1	R.05
Francia	2	R.32, R.33
Islandia	1	R.34
Irán	1	R.28
Italia	1	R.25
Japón	1	R.01
Noruega	1	R.07
Pakistán	2	R.08, R.09
Reino Unido	2	R.03, R.04
Republica Checa	1	R.24
Rumania	1	R.10
Rusia	2	R.11, R.27
Suecia	1	R.36
Suiza	1	R.29
USA	3	R.12, R.15, R.19
Venezuela	1	R.40

Agrupadas por continentes corresponden: once a América, catorce a Asia, quince a Europa y ninguna tiene su origen en África. Tampoco hay representación española, quizá por la limitación del recurso hídrico y el reducido número de proyectos nuevos, a pesar de que la potencia instalada es significativa en relación a países con mayores recursos hidráulicos, tal como muestra la tabla 2.

En esta cuestión han participado 22 de los 32 países intervinientes en las cuatro cuestiones planteadas para este congreso, y ha sido la tercera cuestión con más participación, con el 21% de las comunicaciones, después de la gestión de seguridad de presas (Q.91) y la adecuación de presas existentes (Q.90), únicamente por delante de la cuestión sobre la gestión de la sedimentación en embalses existentes (Q.89).

Cabe destacar que los temas más tratados son los problemas técnicos específicos en los proyectos de las presas (16 comunicaciones), los aspectos ambientales y sociales de los proyectos (10 comunicaciones), los proyectos reversibles (6), proyectos actuales en desarrollo (4) y el resto (4) sobre políticas, programas o iniciativas relacionadas con el desarrollo de la energía hidroeléctrica.

2. Ponencia general

El ponente general de esta cuestión fue el Sr. Giovanni RUGGERI (Italia), de la Unidad de Ingeniería Civil de ENEL, que trató los siguientes temas:

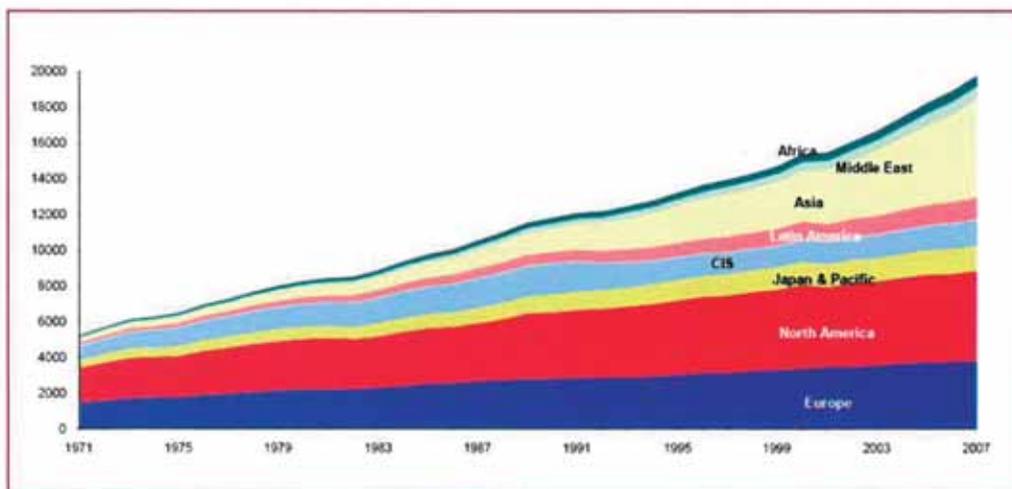


Fig. 1. Producción de energía desde 1970.

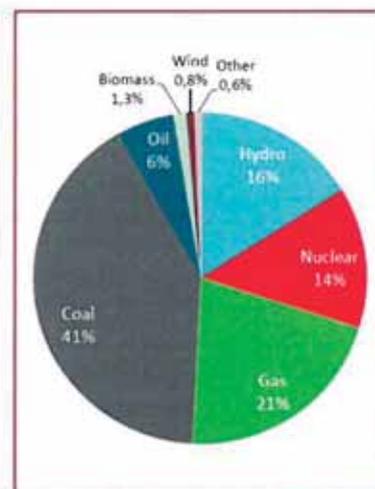


Fig. 2. Mix energética actual.



Tabla 2. Producción hidroeléctrica por países.

Productor	Producción TWh	% del total mundial	País	Potencia instalada GW	País (sólo 10 primeros productores)	% hidro de la generación Para consumo interno
China	436	14,0	China	118	Noruega	98,5
Canadá	356	11,3	USA	99	Brasil	83,2
Brasil	349	11,2	Brasil	71	Venezuela	72,0
USA	318	10,2	Canadá	72	Canadá	58,0
Rusia	175	5,6	Japón	47	Suecia	43,1
Noruega	120	3,8	Rusia	46	Rusia	17,6
India	114	3,6	India	32	India	15,3
Japón	96	3,1	Noruega	28	China	15,2
Venezuela	79	2,5	Francia	25	Japón	8,7
Suecia	62	2,0	Italia	21	USA	7,4
Resto	1.016	32,7	Resto	308	Resto	14,3
Total	3.121	100,0	Total	867	Total⁽³⁾	16,4
España	29	0,9	España	19	España	9,6

Fuente: IEA-Naciones Unidas y UNESA.⁽²⁾

2.1. Introducción a la situación energética mundial

Se analiza el crecimiento continuo de la producción de electricidad en el mundo desde hace más de 30 años, que sigue creciendo a una tasa superior al 2%, así como el papel de Asia y en concreto China, que actualmente produce el 16% del total de la energía mundial.

La evolución de la producción mundial de energía y el mix de generación a nivel mundial se representan en las figuras 1 y 2.

Algunas predicciones a las que hace referencia la ponencia general, indican que en el periodo 2005-2020:

- el consumo mundial crecerá un 30%, liderado por China e India,
- el sector hidroeléctrico será el principal en la satisfacción del aumento de demanda con un crecimiento del 40% en este periodo.

(2) Los datos de la EIA corresponden a los años 2005-2006 y los de UNESA para España a 2006.

(3) Se han excluido los países que no tienen producción hidroeléctrica.

- las emisiones mundiales de CO₂ crecerán un 30%, correspondiendo a Asia el 70%.

También se hace referencia a los Objetivos del Milenio, y a la importancia del acceso a la energía para su cumplimiento. Como conclusión adelantada de las comunicaciones remarca que de todas ellas se deduce que *el mundo necesita energía, energía limpia, energía barata*.

2.2. La energía hidroeléctrica

La importancia de la energía hidroeléctrica queda patente en que, en unos 60 países la energía hidroeléctrica contribuye en más del 50% al total de la generación, y que, de acuerdo al Registro Mundial de Presas, el primer propósito de las presas es el regadío (38%), seguido del hidroeléctrico (18%). Esta importancia se concreta en que en el mundo más de 8.200 presas en operación tienen como única finalidad la producción de energía.

En la tabla 2 se muestran los datos más significativos a nivel mundial, extraídos de la ponencia general,



Tabla 3. Mayores proyectos del mundo en Operación.

Presa	País	Año de finalización	Potencia instalada (MW)	Max producción anual (TWh)
Three Gorges ⁽⁴⁾	China	2009	17.600	>100
Itaipu	Brasil/Paraguay	1984/2003	14.000	90.0
Guri (Simón Bolívar)	Venezuela	1986	10.200	46.0
Tucuruí	Brasil	1984	8.370	21.0
Grand Coulee	USA	1942/1980	6.809	22.6
Sayano Shushenskaya	Rusia	1985/1989	6.400	26.8
Krasnoyarskaya	Rusia	1972	6.000	20.4
Robert-Bourassa	Canadá	1981	5.616	
Churchill Falls	Canadá	1971	5.429	35.0
Bratskaya	Rusia	1967	4.500	22.6
Ust Ilimskaya	Rusia	1980	4.320	21.7
Yacretá	Argentina/Paraguay	1998	4.050	19.2
Longtan ⁽⁵⁾	China	2009	3.500	18.7
Tarbela	Pakistán	1976	3.478	13.0
Ertan	China	1999	3.300	17.0
Ilha Solteira	Brasil	1974	3.200	
Xingó	Brasil	1994/1997	3.162	
Gezhouba	China	1988	3.115	17.0
Nurek	Tajikistán	1979/1988	3.000	11.2

Tabla 4. Mayores proyectos del mundo en Construcción.

Presa	País	Potencia instalada (MW)	Inicio de la construcción	Finalización prevista
Xiluodu	China	12.600	2005	2015
Xiangjiaba	China	6.400	2006	2015
Longtan	China	6.300	2001	2009
Nuozhadu	China	5.850	2006	2017
Jinping 2 Hydropower Station	China	4.800	2007	2014
Laxiwa	China	4.200	2006	2010
Xiaowan	China	4.200	2002	2012
Jinping 1 Hydropower Station	China	3.600	2005	2014
Pubugou	China	3.300	2004	2010
Goupitan	China	3.000	2003	2011
Boguchan	Rusia	3.000	1980	2012

(4) La potencia final instalada será de 22.500 MW. (5) La potencia final instalada será de 6.300 MW.



Tabla 5. Proyectos actualmente desarrollados.

Comunicación	País	Resumen	Nombre del proyecto	Datos principales
R.05	Eslovenia	Proyecto de usos múltiples. Aspectos ambientales y participación pública	Río Sava	6 centrales en cascada entre 25 y 40 MW de pequeño salto (7,6-10,95 m).
R.11	Rusia	Plantas mareomotrices. Nuevas tecnología de construcción y en tipos de turbinas. Turbinas ortogonales	Kislogubs-kaya TPP	Detalles del diseño y la construcción de otras cinco centrales existentes o en proyecto.
R.15	USA	Nuevo embalse superior realizado con HCR de bajo contenido en pasta. Sustituye a la presa anterior que colapsó.	Taum Sauk	450 MW en dos unidades reversibles. Datos del incidente de 2005 y su análisis.
R.16	Canadá	Descripción del proyecto y discusión sobre la elección del tipo de presa entre pantalla de hormigón y núcleo asfáltico.	P. H. La Romaine	4 centrales con una capacidad total de 1550 MW. La presa Romaine-2 tiene 121 m de altura y 505 m de longitud de coronación.

a los que se ha añadido los datos correspondientes a España en la última línea.

El ponente general repasa también los mayores proyectos hidroeléctricos del mundo, tanto en operación como en construcción, destacando el papel actual y futuro de China, como se puede ver en las tablas 3 y 4.

Las comunicaciones que tratan sobre proyectos actuales se resumen en la tabla 5 y en la tabla 6 se incluyen aquellas que tratan sobre problemas técnicos específicos de las presas.

2.3. Aspectos clave de la energía hidroeléctrica

En este epígrafe se trata los aspectos generales de la energía y su particularización en el caso de la hidro-

eléctrica, como son: el coste, los beneficios adicionales de la hidroelectricidad, la emisión de gases de efecto invernadero, y los aspectos ambientales y sociales.

Se da información sobre los costes de las diferentes tecnologías de generación, ya sea renovable o no, se desarrollan los beneficios adicionales de los aprovechamientos hidroeléctricos y las ventajas de los proyectos reversibles, y se dan datos sobre las emisiones de gases de efecto invernadero de las diferentes tecnologías.

Las comunicaciones que tratan sobre los aspectos ambientales y sociales se resumen en la tabla 7, el resto de aspectos son tratados, conjuntamente con otros temas, en comunicaciones como la R.05 de Eslovenia y R.09 de Pakistán.



Fig. 3. El embalse superior de Taum Sauk (Missouri, USA), antes y después de su rotura en diciembre de 2005.



Tabla 6. Problemas técnicos específicos en los proyectos de presas para fines hidroeléctricos.

Comunicación	País	Resumen	Nombre de los proyectos referenciados	Datos principales
R.01	Japón	Utilización de prefabricados en galerías, voladizos, cámaras y pozos, etc. para reducción costes.	Otaki dam Fuefuki dam	Presas de 1.000.000 y 228.000 m ³ de volumen de hormigón, respectivamente.
R.03	UK	Estudio de las interrupciones en el proceso de puesta en obra del HCR.	Yeywa H. P. (Myanmar)	790 MW. Presa de 2,8 M de m ³ y 134 m de altura. Puesta en obra de 74.000 m ³ /mes de HCR.
R.04	UK	Estudio del hormigón a emplear y el proceso constructivo.	Ghatghar (India)	3 presa de HCR de 14.850, 36.750 y 643.050 m ³ .
R.06	Brasil	Evaluación práctica de filtraciones a través de presas de hormigón.	3 presas de HCR y 7 de hormigón convencional	Aplicación de los criterios de Lugeon y Pautre.
R.07	Noruega	Núcleos asfálticos en presas de materiales sueltos.	-	Historia, ventajas, criterios de diseño y ejecución, y control de calidad.
R.19	USA	Problemas en el diseño de la mezcla y parámetros resistentes en presas de hormigón compactado.	Taum Sauk	Estudio de las mezclas, los áridos, la reactividad álcali-árido de las cenizas y las losas de ensayo.
R.20	China	Análisis de respuesta sísmico y registros de terremotos. Modelización del comportamiento por elementos finitos.	Yele Dam	Presa de escollera con núcleo asfáltico de 125,5 m de altura.
R.21	China	Efecto de la variación de áridos en la deformabilidad.	-	Se analiza el comportamiento de áridos graníticos, areniscos, cuarcitas y calizas.
R.26	China	Criterios de diseño y comportamiento de presas de escollera con pantalla de hormigón.	Mohale Dam (Lesoto) Barra Grande y Campos Novos (Brasil) Tianshengqiao-1 (China)	Nuestra los casos de rotura correspondientes a las presas indicadas, entre 145 y 202 m de altura, y analiza el mecanismo de rotura y los factores que afectan.
R.28	Irán	Análisis de daños en presas arco debido a planos de micro-fractura.	-	Describe un modelo matemático por elementos finitos para analizar el comportamiento del hormigón.
R.29	Suiza	Decisiones sobre el diseño y construcción de una presa de HCR	-	Análisis de las mezclas de alto contenido en cemento, el proceso constructivo, instalaciones y control de calidad.
R.30	Brasil	Gestión de grandes avenidas durante la construcción. Esquema del desvío del río.	P.H. Xingo	3000 MW. CFRD de 120 m de altura. Desvío del río para 10.500 m ³ /s mediante 4 túneles de 16 m de diámetro.
R.34	Islandia	Descripción del proyecto y su comportamiento	Kárahnjúkar dam	CFRD de casi 200 m de altura con una geometría de la pantalla innovadora.
R.35	China	Modelo dinámico simplificado del terreno (SZJ) basado en el modelo no lineal de Hardin.	-	Análisis de las diferencias en los resultados, y consideraciones sobre su irrelevancia para el cálculo a sísmo en presas de materiales sueltos.
R.37	Brasil	Parámetros resistentes de hormigones compactados con alto contenido de finos	Dona Francisca HPP	Simulación del proceso de puesta en obra en laboratorio, validación y análisis de la resistencia al corte
R.38	Brasil	Problemas y remedios para cimentaciones en rocas con alto contenido en azufre.	Irapé HPP	360 MW. Presa de 208 m de altura de escollera con núcleo de arcilla. Aliviadero en túnel para 6000 m ³ /s.



Tabla 7. Aspectos ambientales y sociales de la energía hidroeléctrica

Comunicación	País	Resumen	Nombre de los proyectos referenciados	Datos principales
R.08	Pakistán	Estudio de alternativas. Influencia de los aspectos sociales y medioambientales en el diseño en una zona arqueológica	Dasu HPP (río Indo)	4.320 MW
R.10	Rumania	Situación actual de la energía hidroeléctrica en Rumania y papel de la regulación en los embalses. Comparación con la hipotética situación sin regulación	Río Lotru	5 presas y embalse, 3 centrales de 510, 18 y 115 MW y 3 estaciones de bombeo.
R.12	USA	Historia del proyecto. Compatibilización de usos: paisajístico, navegación, suministro de agua y generación. Uso compartido con Canadá.	Niágara	La primera planta de generación a gran escala data de 1895 con una potencia instalada de 80 MW
R.13	Canadá	Monitorización automática y análisis espacio-temporal de emisiones de gases de efecto invernadero en grandes proyectos hidroeléctricos.	Robert-Bourassa Eastmain-1 Rivière-des-Prairies	Instrumentos NDIR y FTIR para la medida de los gases
R.14	Costa Rica	Estudio de alternativas en base a la viabilidad ambiental y social.	P. H. Diquís	608 MW. Evolución del proyecto Boruca que satisface los condicionantes sociales y ambientales
R.17	China	Beneficios del proyecto y gestión de la adecuación ecológica. Monitorización.	The Three Gorges	Capacidad de 22.500 MW. Embalse de más de 600 km de largo y un vaso de 1.000 km ²
R.18	China	Medidas tomadas para proteger los recursos acuáticos en el río Yangtze y bajo Jinsha.	The Three Gorges	Construcción de reservas naturales, reproducción artificial, investigación, monitoreo, etc.
R.22	China	Estudios realizados sobre los efectos ambientales de la operación del embalse.	-	Índice de evaluación de la salud en ríos con presas para su operación ecológica.
R.23	China	Análisis numérico del transporte de la contaminación en la segunda etapa de construcción.	The Three Gorges	Comparación entre el modelo numérico y los valores registrados.
R.40	Venezuela	Medidas tomadas en plantas en operación para beneficiar a las comunidades afectadas y minimizar los impactos al ecosistema.	Río Caroní	Guri (8850 MW), Macagua (2930 MW), Caruachi (2196 MW) y Tocoma (2160 MW)

2.4. Desarrollo de la energía hidroeléctrica

El ponente general analiza el desarrollo de esta energía en el mundo, diferenciando entre las regiones en las que el recurso ha sido explotado y aquellas en las que aun esta por explotar. En este último caso se trata sobre la gestión integrada de los recursos hídricos, la cooperación internacional y las directrices de Naciones Unidas.

La comunicación R.24 de la Republica Checa contribuye al conocimiento de los modelos de desarrollo actual, en países con el recurso desarrollado y con un potencial hidroeléctrico muy limitado, mediante el impulso al desarrollo de pequeñas centrales en

presas existentes. La comunicación R.36 de Suecia trata sobre el Centro de Energía Hidroeléctrica de Suecia cuya finalidad es transmitir el conocimiento tecnológico para su desarrollo.

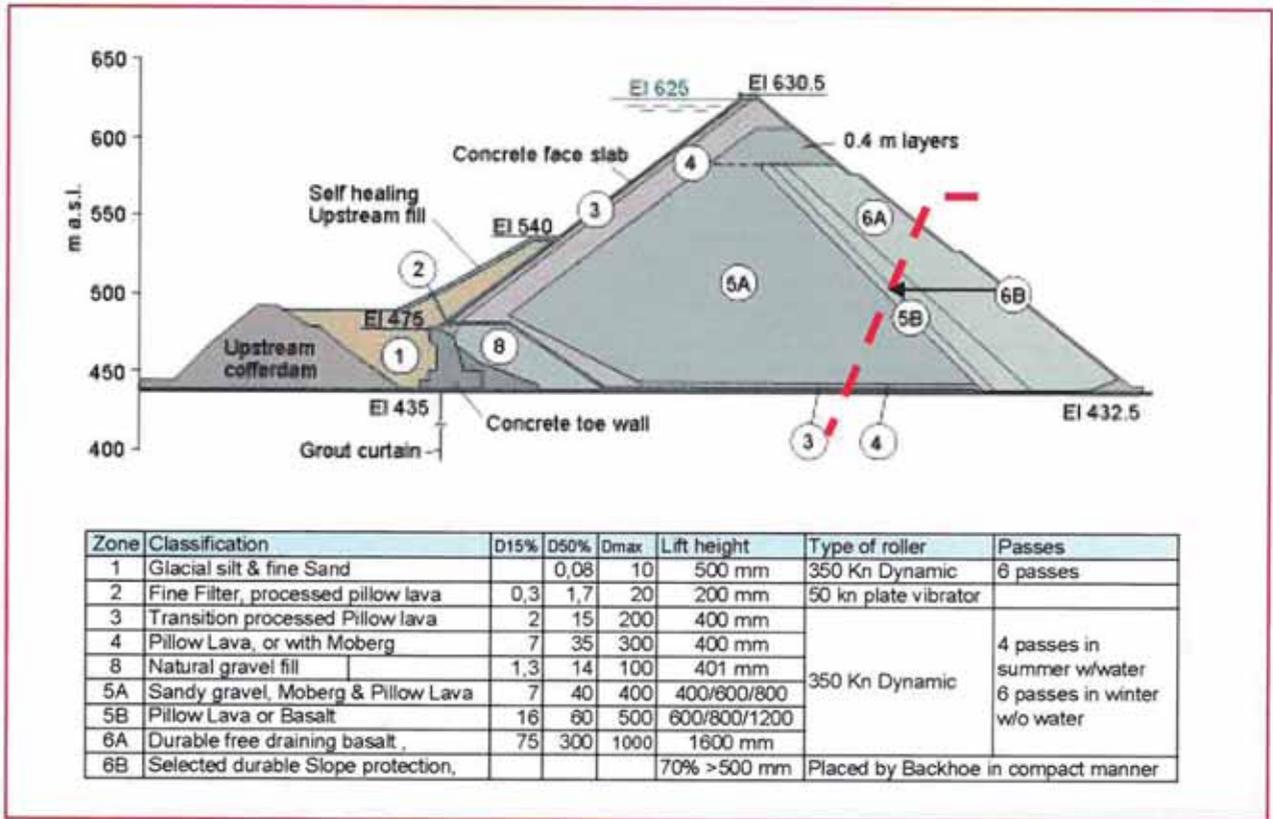
2.5. Políticas y programas

Se resumen la situación actual en el mundo respecto al cumplimiento del Protocolo de Kioto y la promoción de las energías renovables, así como la influencia de los modelos de financiación.

A la discusión de estas políticas y programas, contribuyen las comunicaciones R.09 de Pakistán, sobre los aspectos que deben promover el desarrollo de la ener-



Fig. 4. Sección tipo de la presa de Kárahnjúkar (Islandia).



gía hidroeléctrica como fuente más eficiente desde el punto de vista de la sostenibilidad, y R.27 (Rusia), sobre aspectos de financiación, analizando el potencial hidroeléctrico de Rusia y describiendo un nuevo programa de 4900 MW en regiones poco desarrolladas.

3. Comunicaciones

El ponente general clasifica las comunicaciones presentadas, agrupándolas según los aspectos tratados y los temas planteados en la cuestión. Esta agrupación ha sido el punto de partida de la clasificación

Fig. 5. La presa de Susa (Italia). 1-Nivel máximo, 2-Nivel normal, 3-Desagüe de fondo, 4-Cortina de inyecciones, 5-Consolidación, 6- Pantalla de drenaje y 7- Mezcla de rocas y hormigón.

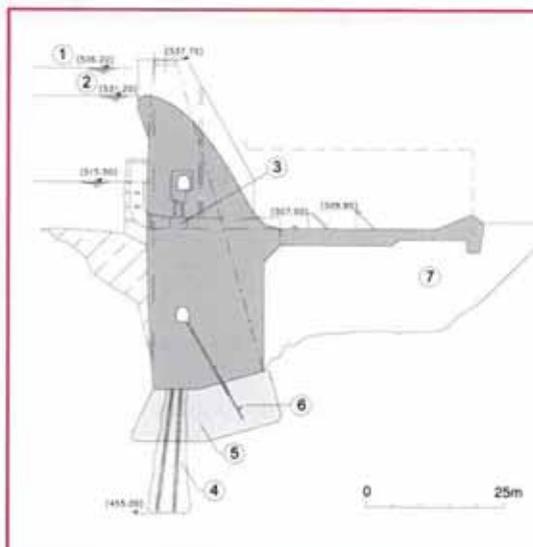


Tabla 8. Proyectos reversibles.

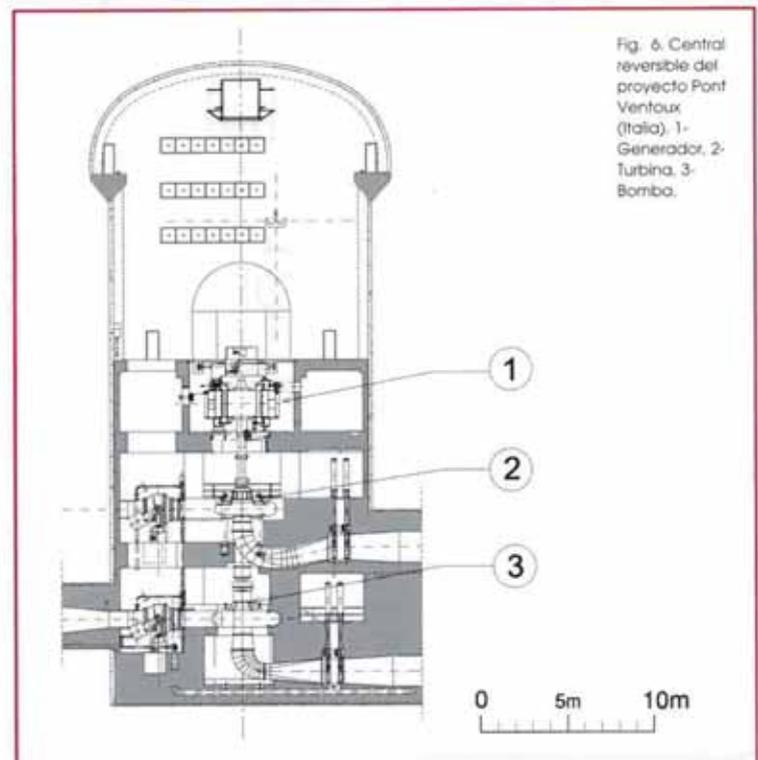
Comunicación	País	Resumen	Nombre de los proyectos referenciados	Datos principales
R.02	Eslovaquia	Diseño de una presa de escollera para una central reversible. Estudio de alternativas y cálculo de la presa.	Ipel PHP	4 x 150 MW. Presa de 75 m de altura.
R.25	Italia	Sustitución de dos plantas muy antiguas por una central reversible, dotándolo de un nuevo embalse regulador.	Pont Ventoux HPP y Susa Gorge Dam	150 MW con una producción anual de 400 GWh.
R.31	Austria	Modelización en laboratorio y diseño de la cámara de carga	Limberg II	Incremento de la turbinación de 353 a 833 MW y del bombeo de 130 a 610 MW. Salto de 380 m.
R.32	Francia	Plantas mareomotrices reversibles como sistema de almacenamiento de energía, como la solar o la eólica.	-	Análisis de costes y sistemas con uno o dos vasos.
R.33	Francia	Origen y características del proyecto. Operación con grandes variaciones de salto.	Tehri PSP (India)	4 x 250 MW. Salto variable de 130 a 230 m.
R.39	Austria	Estudios de optimización y soluciones obtenidas sobre diferentes problemas o aspectos	Kops II HPP	450 MW. Salto de 804 metros. Presa bóveda de 122 m de altura y 400 m de longitud de coronación.

de las comunicaciones que se realiza en los apartados siguientes. En ellos, se muestra en forma de tabla, para que sean más fáciles de identificar los proyectos, aspectos o características de interés para el lector, el cual podrá obtener más información en la publicación de comunicaciones del congreso.

3.1. Proyectos hidroeléctricos actuales

Respecto a este aspecto de la cuestión Q.88 se han recibido 30 comunicaciones, de las cuales 4 corresponden a desarrollos de proyectos en diferentes países, 16 tratan de diferentes aspectos técnicos relacionados con el desarrollo de esos u otros proyectos y 10 corresponden a aspectos sociales y ambientales de la energía hidroeléctrica. El contenido de estas comunicaciones se resume en las tablas 5, 6 y 7.

Uno de las realizaciones más impresionantes es la presa de Kárahnjúkar en Islandia en la que se ha dispuesto de un muro para salvar los más de 40 metros de profundidad del cañón, mejorando la geometría de la pantalla de hormigón, como si se tratase de un plinto al-



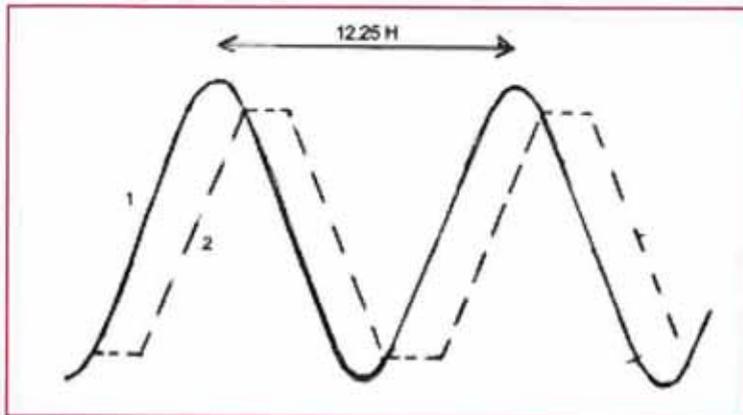


Fig. 7. Planta mareomotriz reversible. Esquema de funcionamiento. 1-Nivel del mar, 2-Nivel interior y 3-Periodos de generación.

to. En la figura 4 se muestra la sección tipo de la presa y las características de los materiales constituyentes.

3.2. Proyectos reversibles

En cuanto a los requerimientos específicos y de diseño de los esquemas reversibles, se han recibido 6 comunicaciones, las cuales se resumen en la tabla 8.

Es de destacar la cimentación de la presa de Susa (R.25), que para realizarla en roca ha necesitado de una profundidad de cimentación de más de 30 metros tal como puede verse en la figura 5.

También se muestra por su interés, en la figura 6, la disposición de la bomba y turbina de uno de los dos grupos dispuestos de 75 MW, en el interior de la caverna de la central reversible de Pont Ventoux (Italia).

Se destaca también la propuesta de almacenamiento de energía mediante plantas mareomotrices reversibles (ver R.32). Estas plantas, en su esquema simple, es decir, con un solo vaso, pueden operar 4 horas en cada dirección, siendo la carrera de marea interior similar a la marea natural o exterior, como se muestra en la figura 7. La marea interior, se desplaza tres horas en el tiempo y se reduce ligeramente al eliminarse los niveles extremos. La carga media en la turbinas es aproximadamente la mitad de la carrera de marea, siendo adecuadas para este uso las turbinas tipo ortogonal (ver R.11). ♦





Gestión de la sedimentación en embalses nuevos y existentes

Management of siltation in existing and new reservoirs

Revista de Obras Públicas
nº 3.509, Año 157
Abril 2010
ISSN: 0034-8619

Dolores Cordero Page, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Director de Programa en el Laboratorio de Hidráulica del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX.

dolores.cordero@cedex.es

Alejandro Albert Rodríguez, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Subdirector de Proyectos, Obras y Explotación de Hidroguadiana, S.A. alejandro.albert@hidroguadiana-sa.es

Resumen: La gestión de la sedimentación en los embalses es un aspecto que, cada vez más, adquiere una mayor relevancia debido a las consecuencias que se derivan para la explotación y mantenimiento de las presas. Desde el punto de vista ambiental supone un reto conjugar el trasiego de los sedimentos con la posibilidad del alto riesgo de afecciones que pueden producir debido a una gestión ineficaz.

Palabras Clave: Sedimentos; Dragado; Gestión sostenible; Aterramientos

Abstract: Reservoir sedimentation management is a relevant concern that increasingly takes on greater significance because of the consequences that adversely affect the operation and maintenance of dams. From the environmental point of view it raises a challenging question. How to combine the movement of sediments with the high-risk conditions that can occur due to an inefficient management.

Keywords: Sediments; Dredging; Sustainable management; Siltation

1. Introducción

El tema de la Q.89, referente a la gestión de la sedimentación en los embalses, trata un aspecto de gran importancia debido a las consecuencias que tiene en la explotación y mantenimiento de las presas existentes y en las de nueva construcción.

En este artículo se describe el desarrollo de esta Cuestión en el Congreso Internacional de Grandes Presas de 2009 con las consideraciones del Ponente General, presentando un resumen de las principales conclusiones así como de las comunicaciones que por parte de España se presentaron relativas a este tema.

2. Ponencias presentadas

En el Congreso de ICOLD de 2009, se presentaron un total de veintiocho ponencias correspondientes a la gestión de la sedimentación en los embalses nuevos y existentes. En la tabla 1 se muestra la procedencia de los diversos autores que redactaron las ponencias e

informes relativos a estos temas. Dos de estas ponencias han sido presentadas por autores españoles.

Tabla 1.

País	Nº de ponencias
China	1
Colombia	2
Egipto	1
España	2
Francia	2
Irán	1
Italia	1
Japón	8
Marruecos	2
Pakistán	1
República Checa	1
Rumanía	1
Rusia	1
Eslovaquia	1
Suiza	2
EEUU	1
TOTAL	28

Los altos índices de sedimentación que se pueden presentar en algunos embalses así como la mayor atención a la conservación de las presas a largo plazo han subrayado la importancia de la sedimentación de los embalses. Uno de los principales problemas de la sedimentación en los embalses es la merma de capacidad de almacenamiento. También son importantes los daños que se pueden presentar en las turbinas y pérdida de producción hidroeléctrica y los impactos aguas abajo de la presa.

Actualmente la capacidad de los embalses en el mundo es de aproximadamente 7.000 km³ (6.100 km³ están registrados por ICOLD, pero se incluyen las presas menores de 15 m, la actual capacidad de almacenamiento podría ser de 7.000 km³), de los cuales 3.000 km³ son inútiles para el uso hidroeléctrico. De los 4.000 km³ restantes, la mayoría se dedican a la energía hidroeléctrica y cerca de 1.000 km³ para riego, almacenamiento de agua potable o industrial y otros usos.

La carga anual de sedimentos de todos los ríos del mundo en conjunto se estima entre 24.000 y 30.000 millones de toneladas, para una afluencia de agua de 40.000 km³, es decir, una concentración media de sedimentos de 0,60 a 0,75 t/1.000 m³ de agua pero que varía enormemente según el río y su caudal. No todos los ríos se represan, ni todos los sedimentos son retenidos en los embalses: los sedimentos acumulados en los embalses del mundo se estiman en 1.400 millones de m³. La media de edad de las presas está entre 30 y 40 años, es decir unos 40.000 millones de m³ anuales, lo que supone un 0,6% de la capacidad total anual de almacenamiento.

La mayor parte de la sedimentación se encuentra en las presas de aprovechamiento hidroeléctrico, en parte como pérdida de capacidad. Pero la pérdida de suministro eléctrico no es sin embargo, proporcional a la pérdida de capacidad útil de almacenamiento. La pérdida anual de suministro energético supone alrededor del 0,5% de una inversión total en capacidad útil de alrededor de 1 billón de dólares, es decir, 5 mil millones de dólares anuales. Como los embalses hidroeléctricos se colmatan, tienen que ser sustituidos finalmente por nuevas presas, lo que supone un coste total de la capacidad de almacenamiento (neta y bruta) y una inversión inicial para su construcción de 1,7 billones de dólares, con lo que el coste anual de la sustitución es de 0,6% x 1.700.000 = 10.000 millones dólares / año.

La pérdida anual de almacenamiento de los embalses destinados al riego, 7.000 millones de m³ aproximadamente, tiene un impacto directo sobre la capacidad de riego: para una inversión de 0,2 a 0,5 dólares/m³ para las reservas de más de 10 millones de m³, o hasta 1 dólar/m³ para las presas de menos de 50.000 m³, que a menudo encontramos en el subcontinente Indio y en África. Si estimamos un coste de inversión global de 0,5 dólares/m³, la pérdida anual puede estar entorno a los 3.500 millones de dólares. También hay que considerar el coste de los daños aguas abajo de la presa y, para aproximadamente el 5 o 10% de las centrales hidroeléctricas, las pérdidas de suministro de energía y el coste de mantenimiento por el desgaste de las turbinas.

La pérdida total anual relacionada con los problemas de sedimentación es pues, de alrededor de 15.000 millones de dólares (excluyendo impactos aguas abajo de la presa) y considerando los impactos aguas abajo, el coste anual asciende a unos 17.000 millones de dólares (Palmieri en 2000 declaró 13.000 millones de dólares/año), lo que merece ser tenido en cuenta. Sin embargo esto debería ser comparado con los costes y beneficios anuales totales de las presas, es decir, unos 40.000 millones de dólares (WCD declaró de 32.000 a 46.000 millones de dólares durante el decenio de 1990) en inversiones y 17.000 millones de dólares para la explotación, mantenimiento y mejora (0,7% x 2,4 billones de dólares, porcentaje entre 0,3 a 0,7%), es decir, un coste total en torno a 57.000 millones de dólares. Por otro lado unos 125.000 millones de dólares de suministro de energía eléctrica (2500 twh x 0,05 dólares) y de 50 a 100 mil millones en otros beneficios (especialmente riego de cultivos que abastecen a 500 millones de personas).

Los 17.000 millones de dólares del coste del impacto total anual de la sedimentación de embalses se deben comparar, por lo tanto, con el conjunto de costes anuales (57.000 millones de dólares) y con el conjunto de los beneficios anuales (175.000 a 225.000 millones de dólares) de todas las presas del mundo. El coste anual de la sedimentación en los embalses (en términos de coste de reposición) es, pues, alrededor del 30% de los gastos generales, lo que no es insignificante. Sin embargo, mucho menos del 30% se dedica a medidas y soluciones de mitigación de la sedimentación, dejando pendiente en muchos países la solución del problema a las futuras generaciones.



Tabla 2. Gestión de la sedimentación de embalses mediante el traspaso de los sedimentos a través del propio embalse.

Nº	Título	País	Autor
1	El vertido de sedimentos y medidas de mitigación ambiental en el río Kurobe	Japón	Tetsuya Sumi y otros
2	Corrientes de turbidez en el origen de la sedimentación en los embalses. Casos de estudio	Suiza	Jolanda M.I. Jenzer Althaus y otros
3	Medidas de control de sedimentos y mejora los efectos de las condiciones física y ambiental por el vertido: Estudio en la presa Yahagi	Japón	Kusumi Seto y otros
4	Análisis numérico del efecto de la ubicación de la compuerta en la eficiencia de eliminación de sedimentos del embalse	Irán	Mostafa Hajjoseini y otros
5	La sedimentación en los embalses y su control	China	Qingchao Guo & Wenhong Cao
6	Gestión de los sedimentos en el embalse de Tablachaca, Perú	Colombia	Juan J Marino y otros
7	Problemas de sedimentación en los embalses de la Kraftwerke Sarganserland. Aireación de las corrientes de turbidez como medida esencial de la solución	Suiza	Phillipe J Muller y otros

3. Temas Principales

Las ponencias presentadas en el Congreso de Brasilia abarcan un amplio espectro de la gestión de la sedimentación. Las presentaciones pueden agruparse en estos cuatro temas principales:

- Tema 1: Gestión de la sedimentación de embalses mediante el traspaso de los sedimentos a través del propio embalse
- Tema 2: Gestión de la sedimentación de embalses mediante dragado, hidrosucción o trasvase

- Tema 3: Captura de sedimentos aguas arriba de la presa
- Tema 4: Consideraciones generales sobre la gestión sostenible de sedimentos

Las tablas 2 a 5 muestran los títulos de las ponencias que fueron clasificadas en los cuatro temas principales antes mencionados. En algunos documentos, se abordó más de un tema. En esos casos, cuando una ponencia se refiere a dos o más temas, fue clasificado bajo el tema que se consideró más destacado en el debate.

Tabla 3. La gestión de la sedimentación en los embalses mediante el dragado, hidrosucción o trasvase.

Nº	Título	País	Autor
1	Tratamiento primario del sistema de dragado para la reubicación de los sedimentos de la presa en el río	Japón	Tetsuya Sumi y otros
2	Eliminación de los fangos del embalse Mechra Hornadi (Marruecos), y la puesta en servicio de los desagües de fondo	Marruecos	Bachir Akalay y otros
3	Efecto del sistema de trasvase de sedimentos como una medida a largo plazo contra la turbidez y la sedimentación en el embalse	Japón	Akira Mitsuzumi y otros
4	Evaluación del grado sedimentación y de las medidas de prevención y control de los fenómenos de sedimentación de embalses en Rumania	Rumania	Nicolae Dascalescu y otros
5	Soluciones para la sedimentación en los embalses en el sur de España	España	Silvia Garcia Wolfrum y otros
6	Estudio de la aplicación de la gestión de los recursos para la gestión de la sedimentación en el embalse	Japón	Tetsuya Sumi y otros
7	Estudio de sedimentación en el futuro embalse de Terrateig (Valencia, España)	España	Gabriela Mañueco y otros



Tabla 4. Captura de sedimentos aguas arriba de la presa.

N°	Título	País	Autor
1	Plan de gestión sostenible de los sedimentos del embalse multifuncional Wonogiri en Indonesia	Japón/ Indonesia	Minoru Ouchi y otros
2	Gestión de los sedimentos en el proyecto hidroeléctrico de Chivor, Colombia	Colombia	Juan J. Marino y otros
3	Sedimentación de los embalses en la cuenca del río Sulak	Rusia	N.A Aliev y otros
4	Desarrollo del programa de gestión de los sedimentos basado en un modelo numérico unidimensional para el embalse de Diamer Basha	Pakistán	Foad Hussain
5	Régimen de control de sedimentos de los ríos y embalses en el noroeste de Bohemia	República checa	Martin Motlik
6	La presa Alesani: mejora de la toma de agua amenazada por los sedimentos	Francia	Joseph Paoli y otros
7	La sedimentación de los embalses en Marruecos	Marruecos	My. Driss Hasnaoui y otros

Tabla 5. Consideraciones generales sobre la gestión sostenible de sedimentos.

N°	Título	País	Autor
1	Sostenibilidad de embalses: identificación, evaluación y correcta aplicación de las estrategias de gestión de la sedimentación en los embalses	USA	George W. Annandale & Alessandro Palmieri
2	El problema de sedimentación en embalses de grandes presas italianas.	Italia	Fabio Bizzini y otros
3	Gestión de los sedimentos: cuenca del Durance	Francia	J.P. Bouchard y otros
4	Sedimentación en embalse de la Presa de Asuán en Egipto	Egipto	Abd El Raman M. Shalaby
5	La sedimentación en los embalses de Eslovaquia. Sus causas, consecuencias y métodos para hacer frente a esta cuestión	Eslovaquia	Miroslav Lukak y otros
6	Evaluación del impacto en las presas de laminación de avenidas sobre la gestión de la sedimentación	Japón	Toshiyuki Aoyama y otros
7	Caracterización de sustancias húmicas depositados en el fondo de los embalses y su eficiente utilización	Japón	Takashi Toyoda y otros

Tema 1: Gestión de la sedimentación de embalses mediante el traspaso de los sedimentos a través del propio embalse

Las ponencias cubren diversos temas en relación a la gestión de la sedimentación que se tienen en consideración cuando el sedimento pasa a través del embalse. Los temas específicos tratados bajo este punto incluyen:

- Mejora de la eficiencia en la descarga y vertido (diseño efectivo de compuertas y funcionamiento, optimización del flujo y control de la veloci-

dad previa a la descarga, ubicación de los desagües)

- Ventilación de corrientes de turbidez: modelización y aspectos operacionales
- Aspectos medioambientales

Sumi y otros presentaron sus resultados sobre los efectos de la descarga de los sedimentos y medidas de mitigación medioambientales en dos grandes presas: Unazuki y Dashidaira, en el río Kurobe (Japón). Las operaciones de descarga y vertido de las dos presas se llevaron a cabo de manera coordinada. En su ponencia, Sumi, Nakamuar y Hayashi mostraron de forma detalla-



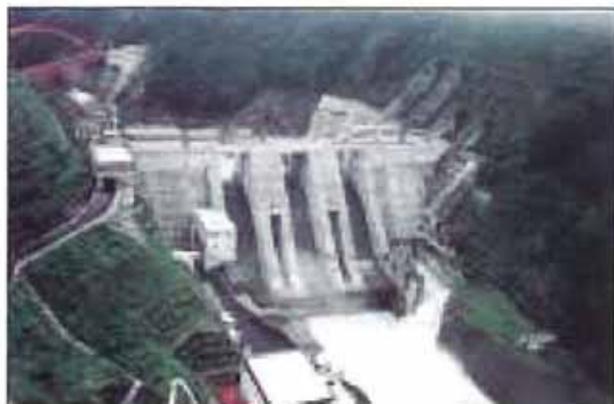


Fig. 1. Presa de Unazuki y Presa de Daidaira.

da los resultados de las operaciones y la eficiencia en la descarga de los sedimentos, de los cambios físicos medioambientales en el cauce del río aguas abajo (incluyendo su crecida) y del efecto que el vertido tiene en peces y otras especies. Se concluyó que se mejora significativamente la eficiencia de la descarga mientras se trabaja a bajos niveles de agua. El informe recalca la importancia de la determinación exacta del volumen de descarga favorable, el tiempo y el período en los que el vertido tiene que ser conducido para minimizar los efectos medioambientales así como para mejorar la eficiencia de la descarga. Se han utilizado los canales de evacuación dando buenos resultados para peces y otras especies cuando los niveles de turbidez son altos debidos al vertido.

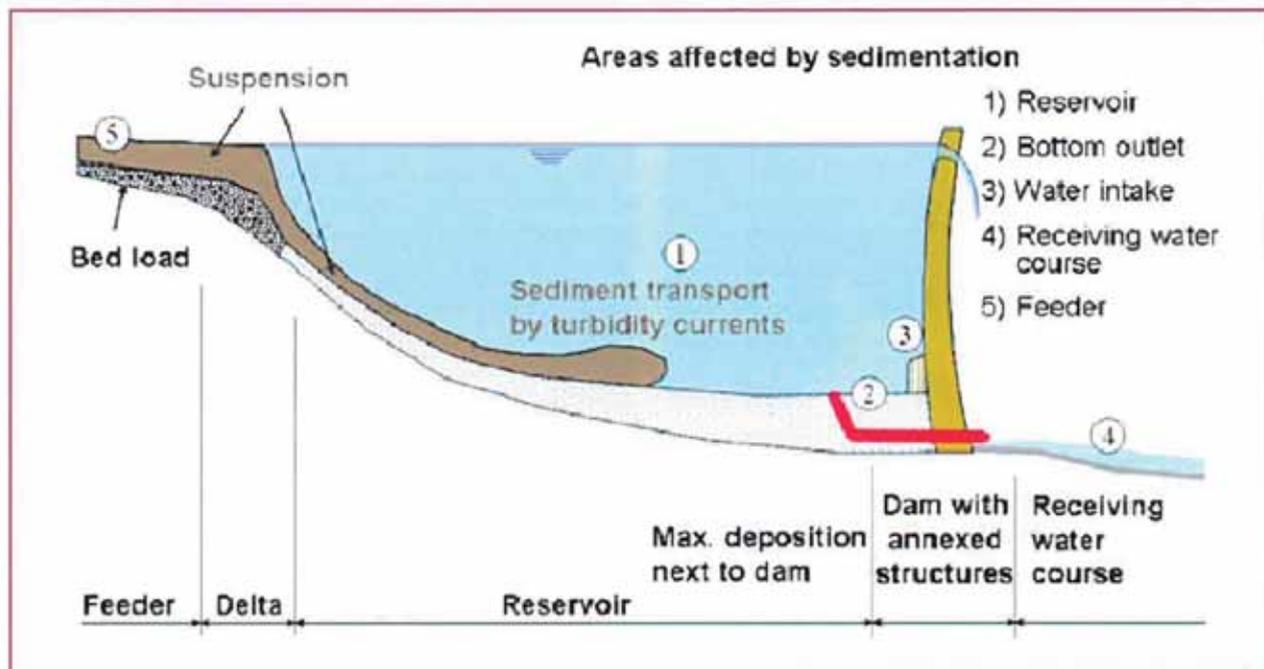
La presentación japonesa de Seto y otros se centra en el tema de la eliminación del sedimento a través del vertido en referencia a la necesidad de mitigar los efectos del descarga en las condiciones físicas y medioambientales en los tramos bajos del río. Se basa concretamente en el caso estudiado en la presa Yahagi en Japón. En la presentación, los efectos de la sedimentación por descarga de las condiciones ambientales en los tramos bajos del río se estudian mediante un modelo. La forma viable de medir el vertido de los sedimentos en la presa Yahagi fue por medio de hidrosucción. El sedimento fue succionado y vertido a través de un túnel hacia tramos aguas abajo de la presa. Esta medida es adecuada en este caso concreto por la necesidad de maximizar el almacenamiento de agua en el embalse ya que el trasvase de la crecida reduciría el volumen del agua en el embalse. Además, el agua puede arrastrar el sedimento a través del túnel de descarga en el momento preciso en que haya suficiente agua almacenada en la presa Yahagi. El sistema

de succión se está construyendo actualmente. El seguimiento de los efectos a largo plazo de la descarga de sedimentos en el medio fluvial, considerando la distribución del tamaño del árido, sección transversal, materiales del lecho, calidad del agua y organismos, no fue satisfactorio debido al escaso volumen de sedimentos que fueron devueltos al río.

Jenzer-Althaus y otros tratan el concepto de las corrientes de turbidez en el comienzo de la sedimentación en el embalse basándose en varios casos estudiados de embalses alpinos en Suiza. Las corrientes de turbidez son corrientes de agua con grandes concentraciones de sedimentos muy pequeños. Los materiales transportados son normalmente el resultado de la erosión del sustrato en la zona de captación. Para controlar la sedimentación provocada por las corrientes de turbidez en un embalse, se construyó un obstáculo a modo de muro de contención que bloqueaba el flujo de la corriente turbia al aproximarse, por lo que el sedimento quedaba retenido detrás de dicho muro y apartado de la presa. Los análisis de dicha medida mostraron que la retención del sedimento mediante dicho obstáculo podía prolongar la vida de la presa de 20 a 50 años. En otro embalse, utilizando un modelo numérico, se propuso que se obstaculizaran dos secciones. El primer obstáculo fue situado en una sección a 3 km aproximadamente de la entrada del embalse, mientras que el segundo (una pantalla de geotextil) se colocó a 2.5 km aguas arriba de la presa. Se utilizó un modelo 3D para determinar la posición y la altura de ambos obstáculos. Mientras que en el caso de estudio de los otros dos embalses, se recomendó la aireación de las corrientes de turbidez. Empleando el mismo modelo numérico, fue posible determinar el período óptimo de apertura de la



Fig. 2. Zonas del embalse afectadas por la sedimentación.



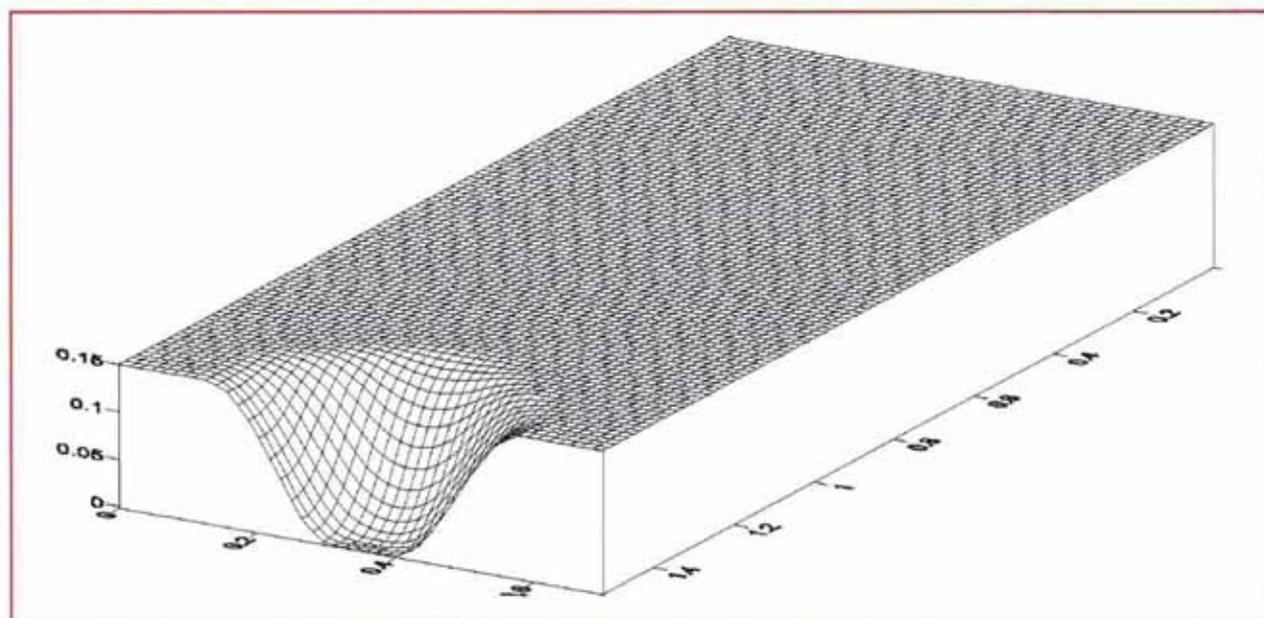
salida aguas abajo de la presa para evacuar las corrientes de turbidez.

Hajihoseini y otros comentan cómo la posición de la compuerta puede afectar significativamente la eficiencia en la extracción de los sedimentos durante la descarga hidráulica. Utilizando un modelo en 3D para simular numéricamente el flujo del sedimento, consiguieron determinar la localización óptima de la compuerta.

De los resultados, se puede concluir que cuanto más cerca está la compuerta del centro de la presa, mayor es el volumen de sedimento que se puede evacuar. Se supone que el vaso del embalse está situado simétricamente en relación al centro de la presa.

Guo y Cao analizan la situación actual de la sedimentación en embalses de China y las medidas correspondientes para tratarla. Se dan medidas ge-

Fig. 3. Cono de sedimentos en una compuerta situada en el centro de la presa.



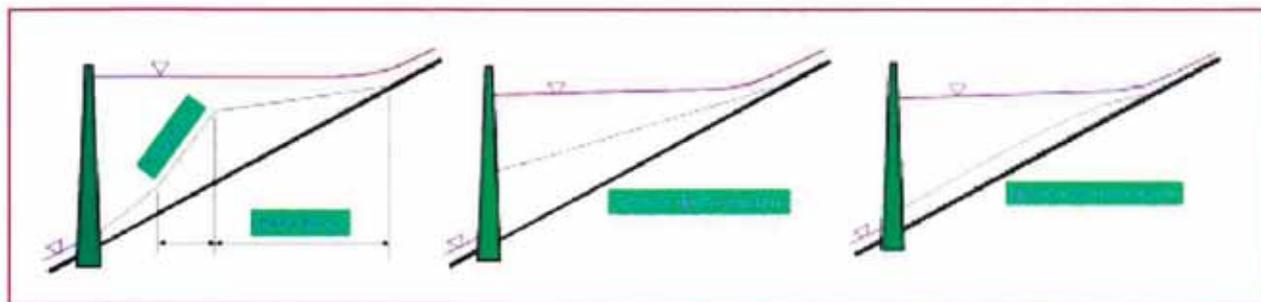


Fig. 4. Tres perfiles tipo de sedimentación en un embalse.

nerales aplicables en China. Dos casos de estudio en presas proporcionan una detallada explicación de cómo se trata la sedimentación en embalses. En uno de los embalses, se tuvo que recurrir a la renovación para poder almacenar el agua limpia mientras se eliminaba el agua cargada de sedimentos. Se intentó que la reconstrucción aumentara la capacidad de evacuación de la presa de manera que se vertiera la mayor cantidad posible de agua cargada de sedimentos. En el otro caso, Guo y Cao profundizaron en los efectos que los proyectos hidroeléctricos en cascada producen en la sedimentación, en particular cómo el funcionamiento de los embalses situados aguas arriba afectan a los de aguas abajo. Utilizando el caso de una presa con otra presa situada aguas arriba de la misma, se realizó un cálculo de los procesos de sedimentación mediante simulación numérica por medio de un modelo matemático de 1D. De dicho análisis, se pudo concluir que la presencia de presas aguas arriba reduce enormemente la sedimentación en los embalses situados aguas abajo y a largo plazo prolonga la vida útil de estos embalses.

Marino y otros de Colombia, presentan sus descubrimientos en el estudio sobre la gestión de los sedimentos en el embalse Tablachaca en Perú. El objetivo del proyecto era desarrollar un plan de gestión de sedimentos del embalse factible durante el período de operaciones de vertido. Se construyó un modelo físico de lechos móviles del embalse Tablachaca. Para asegurar una segura operación de vertido, se llevaron a cabo las siguientes recomendaciones: cambio de las cotas del contorno del embalse de manera que las corrientes que afectan la base de la zona inestable puedan ser desviadas, protección de las paredes entre contrafuertes con varios materiales de relleno y protección de los contrafuertes con riprap y con grandes rocas. Se consideró la solución con riprap como la más idónea. Más adelante, utilizando el modelo, se

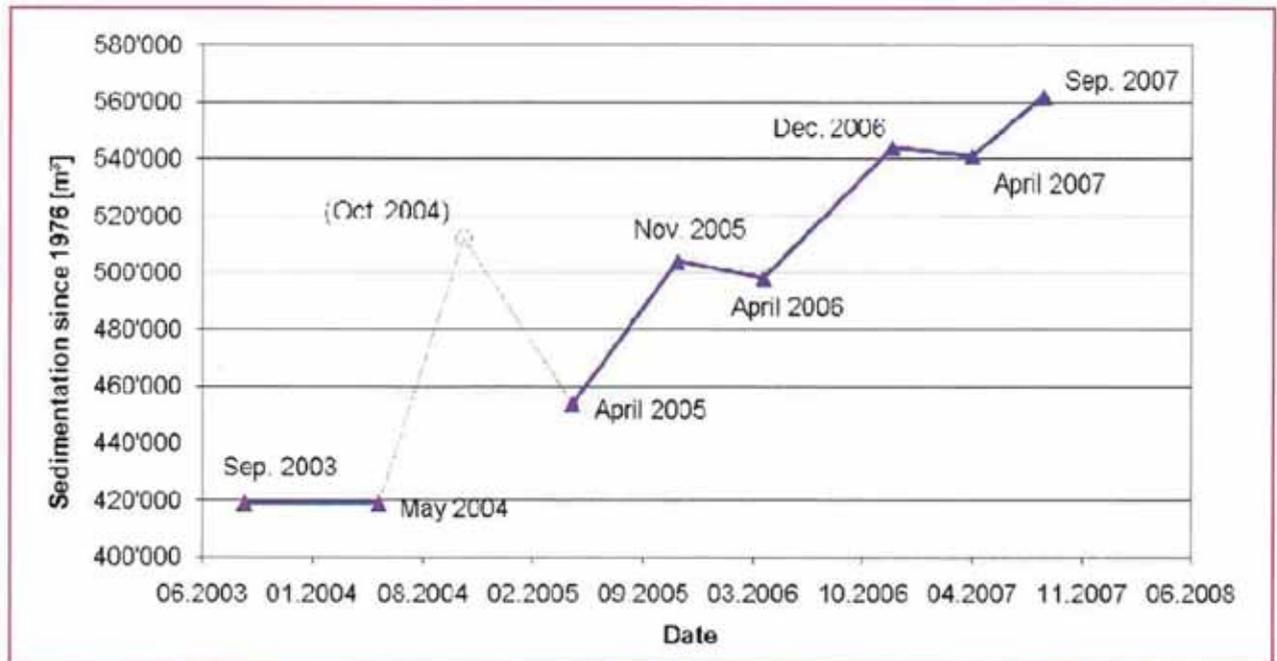
constató que el sedimento de la descarga dependía fundamentalmente del vertido del río. En este caso particular, se consideró como adecuado un vertido mínimo de $400 \text{ m}^3/\text{s}$ para una eficiente renovación de sedimento en ese embalse en concreto.

De Suiza, Nuller y De Cesare comentaron el método de aireación de corrientes turbias como tema esencial para la solución de problemas de sedimentación en embalses con alusión a Kraftwerke Sarganserland (esquema hidroeléctrico). Utilizaron un método de excavación de sedimentos con una técnica de impulsión de aire constatando que es muy complicado conseguir los resultados requeridos. El problema sedimentario fue principalmente debido a las corrientes turbias. Se aconsejó la toma de las siguientes medidas: en primer lugar, no introducir en el embalse agua cargada de sedimento para minimizar la entrada del mismo, hacer circular las corrientes de turbiedad mediante la apertura del desagüe de fondo, y por último, continuar generando electricidad mediante el agua cargada de sedimento.

Fig. 5. Vista del modelo físico de la presa de Tablachaca, Perú.



Fig. 6. Volumen de sedimentos en el embalse de Mapragg desde 2003 (los datos de octubre de 2004 son visiblemente erróneos y los volúmenes han sido corregidos teniendo en cuenta la extracción de sedimentos).



Tema 2: Gestión de la sedimentación de embalses mediante dragado, hidrosucción o trasvase

Las ponencias en este apartado describen cómo se ha gestionado el sedimento mediante operaciones específicas de dragado, hidrosucción o trasvase. Los temas específicos que han sido abordados incluyen:

- Aplicación de métodos de excavación de sedimentos húmedos y secos
- Eliminación del sedimento excavado, calidad del sedimento y tratamiento

Fig. 7. Clasificador en espiral.



- Costes de dragado y análisis económico
- Temas medioambientales

Sumi y otros explican el concepto de tratamiento primario que constituiría parte del sistema de dragado previo a la reposición del sedimento en el río. Del mismo modo, proporcionan soluciones para un dragado seguro e indican cómo conseguir material con un tamaño de grano adecuado procedente de sedimento que contiene nutrientes sedimentados muy finos. En el informe, se describe la colocación del sistema incluyendo sus componentes más importantes. Los resultados de la prueba de campo realizada en la presa Nunome de Japón proporcionan las propiedades y el volumen del sedimento dragado y la velocidad del sistema de tratamiento. De los resultados se concluye que el sistema de tratamiento de sedimento en el embalse funcionó correctamente. Con una velocidad de tratamiento del sedimento dragado de 3 a 4 m³ por hora, el sistema fue capaz de producir arenas finas y gruesas del 70 a 80% del sedimento dragado reduciendo así el contenido de finos previo a la reposición de nuevo del sedimento aguas abajo. El sistema de tratamiento también puede reducir el contenido de DQO, nitrógeno y fósforo. Por lo tanto, se concluyó que, una vez adoptado, el nuevo sistema de tratamiento de sedimento propuesto ayudaría en la reducción de la eutrofización y problemas de turbidez en los embalses.



Akalay, Kettani y Ferhan describen el proceso de eliminación de lodos del embalse Mechra en Marruecos. El trabajo proporciona un esquema detallado de cómo se ha eliminado el sedimento del embalse mediante eliminación de lodos y cómo se utiliza ocasionalmente para restablecer la puesta en servicio del desagüe de fondo. El procedimiento utiliza un dragado hidráulico con una bomba de succión de agua. Sólo se eliminan los depósitos sólidos. El agua presente en el proceso se devuelve al embalse. El lugar para la eliminación del lodo fue un área de 190 ha, situada a 2 km de la presa, en una depresión natural y rodeada por una colina en uno de sus lados. Se transportó el sedimento a dicha área mediante tuberías que conectaban la bomba de succión y el lugar de eliminación del lodo. En el área de vertido, para controlar la dispersión del sedimento, se reforzaron las zonas de menor altura mediante troncos y hormigón con alturas entre 10 y 30 m. Se adoptó un sistema de drenaje adecuado para el transporte del agua que provenía del lodo. Fue un proyecto que resultó satisfactorio de cara a la dirección de obra, los temas medioambientales y la calidad del agua.



Fig. 8. Embalse de almacenaje de lodos de la presa de Mechra en Marruecos.

En su informe, Mitsuzumi, Kato y Omoto han documentado los resultados con las actividades de supervisión y monitorización que se han llevado a cabo en el sistema de bypass de sedimento de la presa de Asahi en Japón. Las actividades de supervisión y monitorización comenzaron en 1988, continuando hasta 2006. El sistema de bypass de 2.350 m de longitud tiene una capacidad máxima de descarga de 140 m³/s. Puede hacer salir carga de fondo y/o agua turbia.

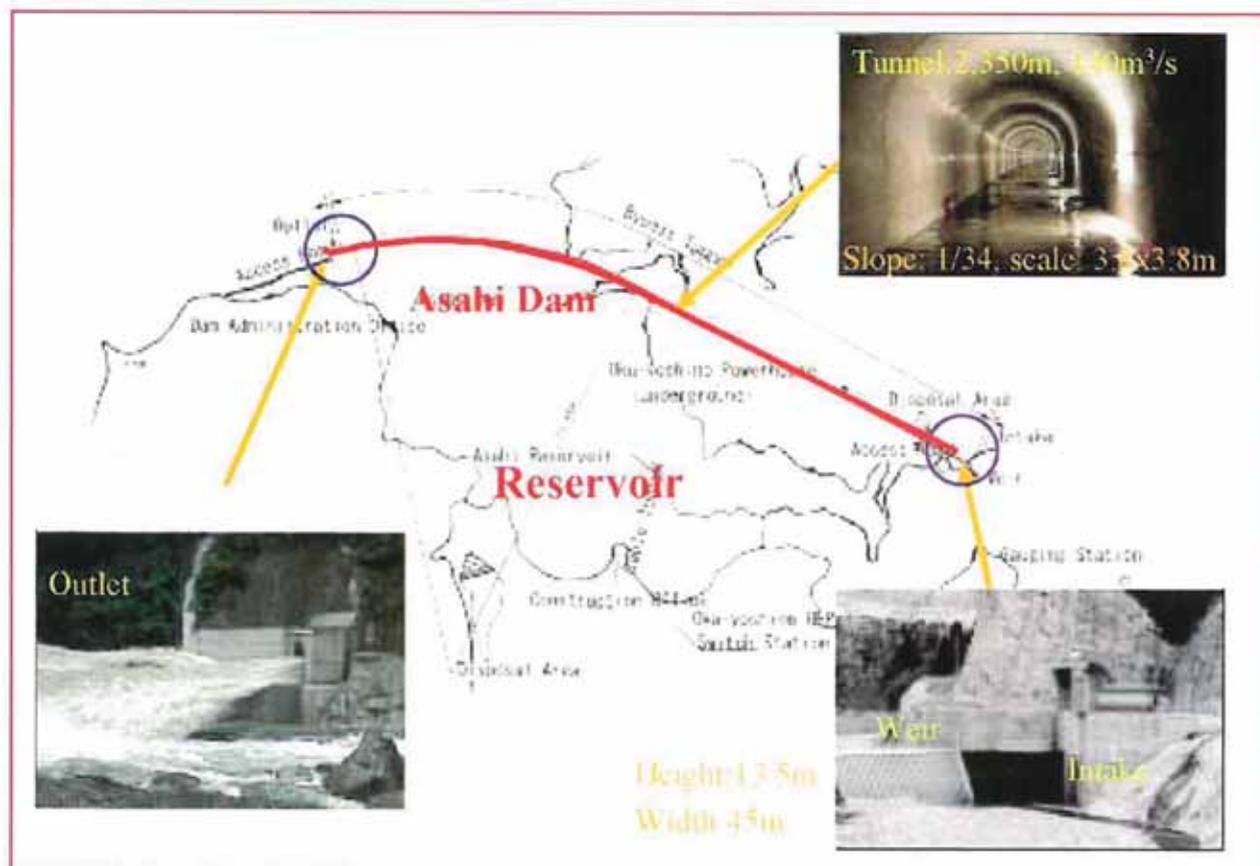


Fig. 9. Deposición de las instalaciones principales del sistema de derivación de la presa de Asahi en Japón.



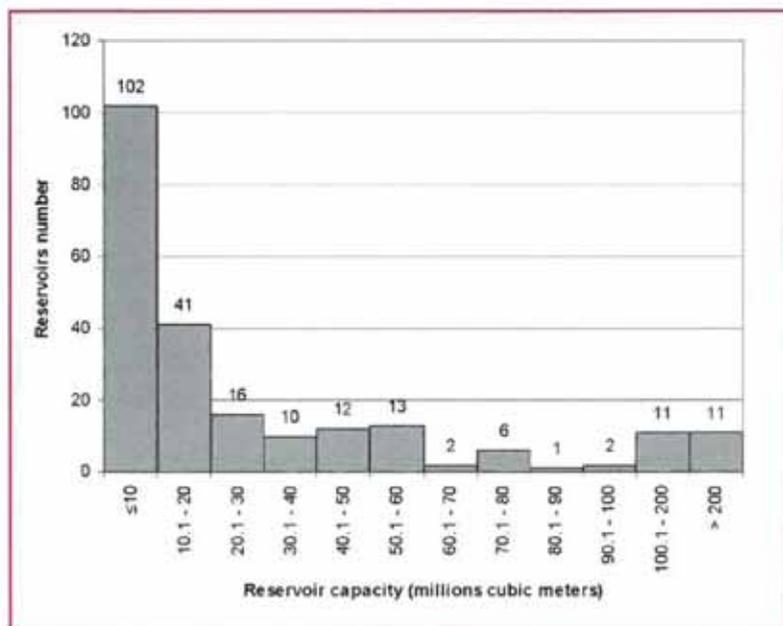


Fig. 10.
Capacidad de
los embalses en
Rumanía.

Desde 1998 a 2006, se controló la turbidez tanto aguas arriba como aguas abajo de la presa. El sistema de bypass logró que casi el 90% del sedimento se condujera aguas abajo sin que llegara a la presa y la calidad del agua en el embalse mejoró considerablemente. Aguas abajo de la presa, el bypass tenía un importante efecto en la flora y fauna. De hecho, según una medición de peces y algas, se observó que el aumento de sedimento transportado aguas abajo del río después de la operación del sistema de bypass favorecía el aumento de diversidad de la fauna. En conclusión, el sistema de bypass consiguió controlar la turbidez a largo plazo y la sedimentación en el embalse.

En Rumanía, Dascalescu, Asman y Dimu presentaron un informe sobre el estado de los principales embalses con alta concentración en limos. Los tres principales ríos en Rumanía tienen al menos cuatro embalses a lo largo de su curso con un total de más de veinte embalses con alta concentración de limos. Debido a la diversidad entre las características de los embalses, no se concluyó ninguna solución a la sedimentación. En uno de los embalses denominado Candesti, se inició un estudio para determinar la eficiencia en la ejecución del vertido hidráulico. Basadas en este estudio, se iniciaron nuevas normas de operación de vertido hidráulico que tenían en cuenta la determinación de la velocidad de descarga óptima. Estos resultados han permitido poner en marcha un programa de operación automático para el embalse. Se dragaron

algunos de los embalses en Rumanía y se utilizó normalmente alrededor del 6% de potencia producida. El dragado no consiguió devolver la capacidad de almacenamiento inicial del embalse sino la capacidad de almacenamiento útil de los embalses del estudio previo. Posteriormente, la eliminación del material dragado se realizó de manera que se apiló en ambas márgenes del río, afectando el cauce normal del río. Consecuentemente, el dragado no se utilizó como la principal medida de control de sedimento. Se decidió construir un conducto separado para el uso de la central hidroeléctrica a partir del canal.

Sumi y otros habla de un concepto tan conocido como la gestión de recursos pero centrándose específicamente en su aplicabilidad a la gestión de sedimentos en el embalse. Su trabajo presenta los resultados del estudio de las principales actividades, efectos y costes incurridos en las diversas medidas contra la sedimentación, a saber: dragado, excavación, control del sedimento de la presa mediante excavación, vertido, bypass del sedimento y excavación seca a embalse vacío. Sumi y otros ilustran sus descubrimientos mediante una serie de casos de estudio. Basándose en una cuidadosa optimización de los métodos de extracción, se concluye que la excavación en seco con el embalse vacío es la contramedida viable más económica, incluso si se considera la reducción de producción de energía y la producción de agua. Sumi y otros afirman que la excavación en seco con el embalse vacío es mucho más económico que el resto de métodos tales como descarga y bypass ya que necesitan un importante desembolso de capital inicial. De este modo, dicha conclusión requiere una evaluación de la optimización de los métodos de eliminación de sedimentos considerando las presas como un grupo. De esta forma, las presas dentro de un grupo (localización geográfica) pueden compensar las pérdidas por el uso del agua en el transcurso de la operación de excavación en seco en una de las presas dentro del grupo. A largo plazo, cada una de las presas del mismo grupo puede desempeñar un papel de presa de apoyo en el caso en el que una presa esté siendo vaciada.

Tema 3: Captura de sedimentos aguas arriba de la presa

El análisis de las ponencias presentadas indica que un cierto número de países gestiona los sedimentos



mediante su captura aguas arriba del embalse. Varias posibilidades en relación a este tema son:

- Uso de obstáculos y pantallas en los embalses y ríos que no abarcan toda la sección transversal
- Cascada proyectada aguas arriba
- Estructuras de retención
- Eficacia en las técnicas de gestión de cuencas hidrográficas (utilización sostenible del terreno, protección de ríos, etc)
- Prestación de servicios de almacenamiento fuera del cauce
- Gestión de la situación de los sedimentos del delta por el aumento de nivel mínimo de funcionamiento
- Previsión económica para atrapar los sedimentos en el embalse muerto

En la ponencia de Ouchi, Jin y Fukuda sobre el plan de gestión sostenible de los sedimentos del embalse multifuncional Wonogiri en Indonesia, se explica la aplicación de un depósito de almacenamiento de los sedimentos como una medida contra la sedimentación. Un modelo de análisis numérico 2D se desarrolló para predecir la sedimentación en el embalse Wonogiri. El modelo se utilizó para evaluar y predecir la eficacia de algunas de las medidas propuestas. De las medidas estructurales y no estructurales que se simularon utilizando el modelo que se propone, la medida más factible contra la sedimentación sería la construcción de un dique de cierre en el embalse. En esencia, este dique dividiría los sedimentos del embalse en un embalse de almacenamiento y el embalse principal Wonogiri. Esta modalidad permite reducir la sedimentación que afecta a la zona de la toma. Se propuso la conservación de las cuencas como una medida complementaria a la construcción de diques. Se preveía que la adopción de estas dos medidas haría que la sedimentación anual en el embalse fuera inferior a la tasa de sedimentación de diseño de 1,2 millones de $m^3/año$.

Varias medidas en contra de la sedimentación de los embalses se realizan en Colombia. En la ponencia de Marino y otros se discuten las técnicas de gestión de los sedimentos para el proyecto hidroeléctrico de Chivor. El estudio fue motivado por el rápido desgaste de los equipos mecánicos que se estaba produciendo y que estaba vinculado con la presencia de sedimentos en el agua. Se realizó un



Fig. 11. Vista del embalse de Wonogiri en Indonesia antes de la estación seca.



Fig. 12. Vista del embalse de Wonogiri en Indonesia antes de la estación húmeda.

análisis detallado de las propiedades físicas de los sedimentos depositados en el embalse. Se evaluaron diversas opciones para la gestión de la sedimentación en los embalses. Estas medidas incluían abandonar el status quo, y construir presas de retención, hidrosucción, evacuación mecánica y un proyecto de mejora de las estructuras destinado a aumentar el embalse muerto y modificar también el nivel mínimo de funcionamiento en el embalse. A largo plazo, las alternativas favorables que se consideraron incluyeron la instalación de paneles metálicos para elevar la base de las rejillas y la construcción de tomas nuevas que se diseñarían con un nivel más elevado de la base de rejillas. La alternativa de incrementar la altura de la base de las rejillas, por ejemplo 40 m retrasaría la entrada de sedimentos en el fondo alrededor de 55 años.

Una serie de embalses en Rusia también sufren problemas de sedimentación. Estudios realizados por Aliev y otros en algunas de estas presas llegaron a la conclusión de que el lavado proporcionaba resultados muy limitados en la lucha contra la sedimentación. Sin embargo, una serie de consideraciones en el diseño indican que para un lavado eficiente hay que considerar la posición óptima de los desagües fondo y la ubicación del aliviadero. Por último, la opción más eficiente consiste en la construcción de presas aguas arriba del embalse final, que actúan como estructuras de retención de sedimentos.

Hussain, de Pakistán, analiza el estudio y la simulación de la sedimentación en los embalses y el análisis



Fig. 13. Perfil de sedimentos en el embalse de Chivor en Colombia.



de los efectos de otras medidas de gestión de los sedimentos mediante modelos numéricos. Este concepto se presenta a través de un ejemplo ilustrativo del estudio que se llevó a cabo para el proyecto del embalse de Diemer Basha. Las medidas de gestión de los sedimentos que se proponen y la simulación numérica, incluyen operaciones de lavado en el embalse, la elevación del nivel mínimo de funcionamiento y el desarrollo de presas aguas arriba para reducir el flujo entrada de sedimentos al embalse. Se estimó la eficiencia y la prioridad de las alternativas anteriormente

Fig. 14. Dique de retención aguas arriba de la presa de Krimov.



mencionadas. Sin embargo, la construcción de una presa en las cuencas superiores indias ha resultado ser la medida más eficaz en lo que respecta a lograr una alta capacidad de almacenamiento útil y el retraso del avance de los sedimentos del delta. Se ha comprobado que la elevación del nivel mínimo de funcionamiento en el embalse también proporciona importantes beneficios en la gestión de la sedimentación.

La ponencia de Motlik (República Checa) trata sobre el régimen de control de sedimentos de los cursos de agua y embalses en el noroeste de Bohemia. Es interesante observar que en la República Checa, la experiencia ha demostrado que la construcción de trampas de árido en todos los arroyos de las montañas permiten atrapar y retener considerables cantidades de residuos flotantes y con ello protegen los ríos de la recepción de los sedimentos. Los diques de retención se limpian regularmente con el fin de eliminar los sedimentos recogidos. En la presa de Flaje se construirán cinco embalses de retención aguas arriba del embalse en los cinco arroyos que llegan al embalse.

La presa Alesani en Francia es una de las presas amenazada por los sedimentos, y que requiere intervenciones urgentes. Según Paoli, y otros, los sedimentos habían obstruido los desagües de fondo, así como la mitad de la altura de la toma de agua. Esto es así porque la estructura de la torre de toma está formada por una torre sumergida equipada con una válvula y sobre ella un cilindro perforado. Las medidas que se





Fig. 15. La toma de agua de la presa Alesani en Francia está obstruida por sedimentos hasta 2/3 de su altura. A la derecha, Fig. 16. Nueva torre de toma de la presa Alesani en Francia.

llevaron a cabo incluyen el aumento de la toma de agua mediante la instalación de un cuerpo prefabricado montado sobre un pontón. Este ejercicio consiguió restablecer el funcionamiento normal de la presa y embalse. Esta fue una medida temporal, con otras posibles medidas permanentes que se están investigando y planificando como un cono parcial de decantación alrededor de la torre de toma y el lavado asistido de sedimentos en suspensión.

En Marruecos, el diseño de los embalses incorpora un embalse muerto que podría colmatarse por sedimentos transcurridos más de 50 años. Sin embargo, como observó por Hasnaoui y otros, la mayoría de los embalses ahora están teniendo importantes problemas de sedimentación. Las medidas adicionales que actualmente están siendo aplicadas son: el tratamiento de las laderas del embalse y la construcción de diques de retención para reducir el aterramiento en las presas principales. En algunos embalses se han recrecido las presas para aumentar su capacidad.

Tema 4: Consideraciones generales sobre la gestión sostenible de sedimentos

Algunas ponencias tratan en general de las soluciones a considerar en la gestión de la sedimentación en los embalses. Uno de los principales puntos considerados fue cambiar el diseño de los criterios de análisis económico que incluya en el enfoque el ciclo de vida y el coste de desmantelamiento. También se discutió sobre la armonización de las políticas relacionadas con el medio ambiente y los sedimentos.

Tradicionalmente, las presas se han diseñado en base al principio de vida útil. Annandale y Palmieri sugieren la necesidad de sustituir la idea de vida útil por el enfoque de ciclo de vida. La principal diferencia

entre los dos conceptos es la aplicación del análisis económico y la optimización. El documento hace hincapié en la necesidad de la equidad intergeneracional. A través del ciclo de vida se tiene en cuenta la equidad entre generaciones. Existe la necesidad de garantizar que, si bien las necesidades de las generaciones actuales están satisfechas por la instalación, las generaciones futuras nunca deben ser perjudicadas por dicho uso. Este enfoque requiere la integración de los fondos de amortización para proporcionar recursos financieros para las acciones que sean necesarias para las futuras generaciones y garantizar la sostenibilidad. El enfoque de la gestión del ciclo de vida en el aspecto cíclico se centre en todas las actividades de diseño, construcción, ejecución, operación, mantenimiento y planificación. En esencia, esto significa que los actuales usuarios de la instalación están en condiciones de aceptar la obligación de pagar el desman-

Fig. 17. Presa de Ibn Battouta en Marruecos



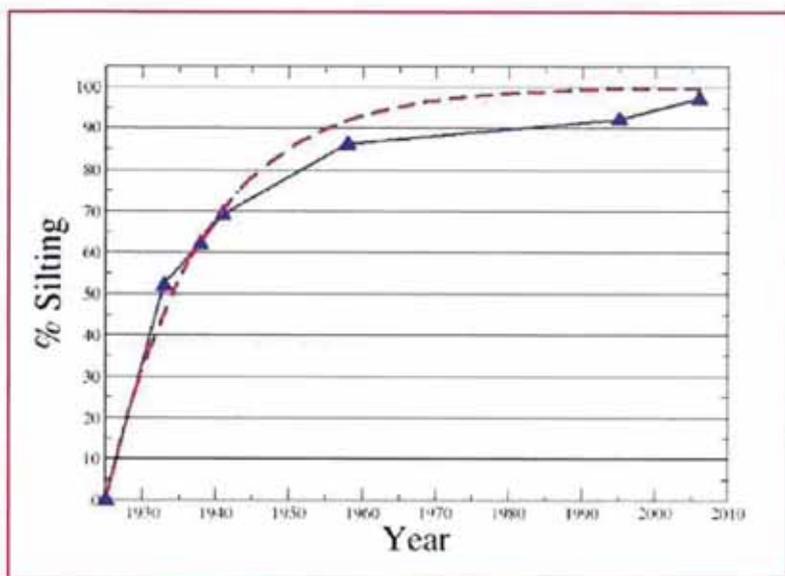


Fig. 18. Evolución de la sedimentación en el embalse de Quarto en Italia.

telamiento de la instalación o sustitución que puedan ser necesarias más tarde. Los proyectos sólo pueden ser realmente viables si se consideran viables a perpetuidad. Esto se presenta como un desafío que debe ser incorporado en el análisis económico de las presas.

El caso de la sedimentación en los embalses de las grandes presas italianas es un claro testimonio de la cuestión de las medidas de control de sedimentos frente a las preocupaciones ambientales a menudo limitrofes con políticas antagónicas. Este fenómeno se analiza en un documento de Bizzini y otros. Muestran el fracaso en la aplicación de algunas de las medidas contra la sedimentación, ya que pueden chocar con las políticas ambientales y la legislación. El documento concluye que los problemas de gestión de los sedimentos se han exacerbado por la falta de leyes en vigor debido a su incapacidad para abarcar tanto las necesidades de gestión de sedimentos, como las necesidades de gestión ambiental.

En la cuenca del Durance en Francia, el problema de la sedimentación se ve agravado por las características específicas de la cuenca, en particular por sus altas tasas de erosión. Esto ha afectado de manera importante en el funcionamiento de los embalses debido a las elevadas tasas de sedimentación. Según Bouchard, y Menú Poirel, este escenario requiere la aplicación de medidas enérgicas de gestión en las cuencas vertientes a los embalses. El documento analiza el estudio sobre la formación de sedimentos en el embalse y su transporte a través de la red hidráulica. El

estudio también analiza la concentración de sedimentos en los embalses. Se ha desarrollado un modelo numérico de la red hidráulica para simular el transporte de sedimentos y la sedimentación en el embalse. A partir de los resultados de este modelo, fue posible alcanzar los requisitos del nuevo concepto denominado "estado de destino". Este concepto se refiere a la necesidad de contar con embalses que sean capaces de realizar de manera eficaz y eficiente sus funciones específicas, es decir: la producción de energía, el abastecimiento de agua, la laminación de avenidas, las actividades de recreo, etc. Se aconseja el suministro y adecuada actualización de las indicaciones del sistema operativo. Esto se consigue mediante la incorporación de instrucciones relevantes de ejecución para los equipos e instalaciones, basadas en los resultados del modelo.

Shalaby ofrece una visión general del estado de la sedimentación en la presa de Asuán en Egipto. El documento ofrece los resultados de los reconocimientos y el seguimiento de sedimentos que se han llevado a cabo en la presa de Asuán. Asimismo, pro-

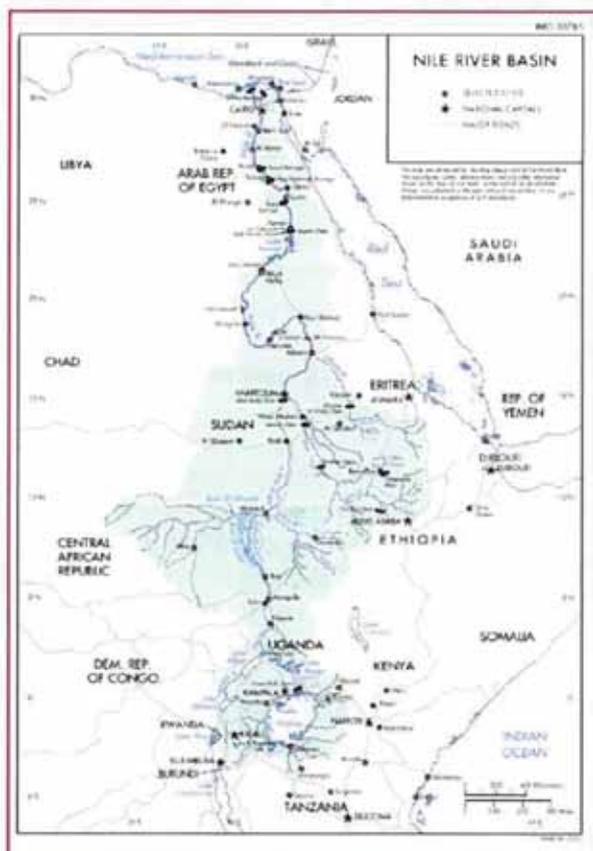


Fig. 19. Embalses en el Nilo.



porciona los resultados de las mediciones de velocidad de agua con el correspondiente control sobre el comportamiento y el volumen de los materiales de fondo y en suspensión. A partir de estos estudios se ha constatado que en la presa de Asuán hay considerables volúmenes de sedimentos depositados. El artículo propone numerosas medidas para tratar el problema de la sedimentación en el embalse. Algunas de las medidas propuestas incluyen, entre otras, el dragado, la construcción y explotación de un canal de derivación, y la gestión de la cuenca. La viabilidad de estas medidas no se ha estudiado en detalle hasta ahora como para garantizar la aplicación a corto plazo.

Miroslav y Michal describen el modo de gestionar el problema de la sedimentación en Eslovaquia. El documento analiza el grado de sedimentación en los embalses en Eslovaquia partiendo de los datos obtenidos en las operaciones de control de los mismos. Las medidas presentadas no sólo tienen que ver con la eliminación de sedimentos, también se han presentado otros métodos de gestión de la sedimentación. Miroslav y Michal informan que en Eslovaquia hay algunos embalses necesitan un dragado continuo. Otra medida es la construcción de pequeños embalses trampa lo largo de los arroyos que fluyen hacia los embalses. Esta medida se realizó en algunos embalses mientras que en otros también se han construido estructuras deflectoras que son fundamentales en la conducción de los sedimentos a zonas predeterminadas de los embalses, generalmente a zonas ya destinadas al embalse muerto. La aplicación de este método garantiza que, a pesar de los sedimentos son transportados hacia el interior del embalse, no perturban el funcionamiento de la presa. El dragado del embalse de Hricov se realizó anualmente entre 1991 y 2004 con un coste elevado. Entre 1989 y 2002 el dragado ha estado relacionado con las operaciones de lavado. Se encontró que la eficacia de lavado es mucho mayor en comparación con el dragado aunque parece seguir aumentando con el tiempo. Por lo tanto, se han creado modelos hidrodinámicos de 1 y 2 dimensiones con el fin de analizar el comportamiento de los sedimentos, para identificar los lugares que son vulnerables a la sedimentación y para evaluar la eficacia de lavado del embalse. La simulación numérica también se utilizó con objetivos similares. Algunas de las medidas que se recomendaron fue el dragado por succión, así como la construcción de deflectores de

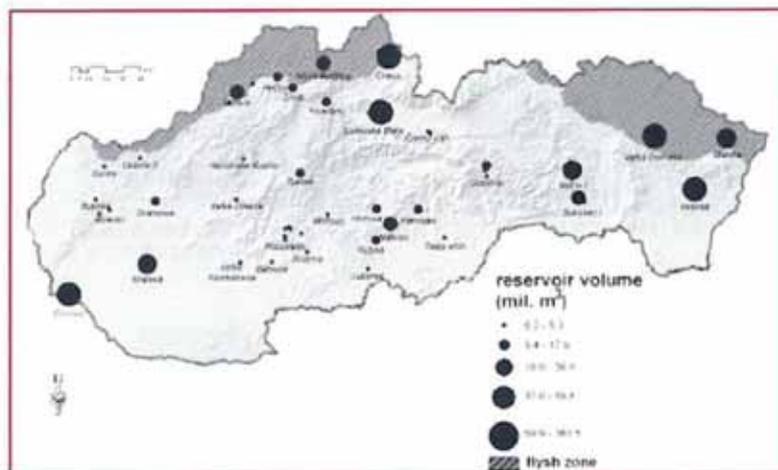


Fig. 20. Embalses en Eslovaquia registrados por el ICOLD.

mayor tamaño para dirigir el flujo de sedimentos lejos de la presa.

Aoyama y otros tratan en su ponencia la cuestión de las presas de laminación de avenidas. El documento analiza el impacto de la laminación de avenidas en la gestión de los sedimentos en las cuencas y los embalses teniendo en cuenta que sólo almacenan el agua durante las avenidas. Los autores presentaron sus conclusiones basándose en una serie de presas de laminación en Japón. Se utilizó un modelo físico para simular y evaluar la continuidad del movimiento de sedimentos en una presa de laminación de avenidas. Se investigó también el impacto en el cauce aguas abajo. Los resultados del modelo concluyeron que la grava y la arena no se descargan, mientras que el nivel de agua en el embalse está aumentando rápidamente.

Fig. 21. Vista desde aguas arriba de la presa de Masudagawa en Japón.





Fig. 22. Experiencias en la costa de Shaguma en Hokkaido, Japón.

mente, sino más bien cuando el nivel de agua ha disminuido. También se observó que por el hecho de tener almacenada la avenida de proyecto, las propiedades de la descarga de sedimentos es inevitablemente diferente comparado con la típica descarga de sedimentos naturales. No se puede establecer una relación en el cambio de las propiedades observadas, ya que depende de las características particulares de cada presa. A la vista de esto, el documento recomienda la necesidad de estudiar cada tipo de aportación al embalse con respecto a las propiedades de sedimentos entrantes, nivel de avenida y laminación de avenidas y el modo de operación antes de la construcción de la presa.

En la mayoría de los casos, se considera que los depósitos de sedimentos no tienen ningún valor económico. Sin embargo, los actuales estudios de Toyoda y otros están destinados a investigar la posibilidad de utilización efectiva de los depósitos húmicos de la parte inferior de los embalses. El estudio fue dirigido a analizar las características químicas de los depósitos húmicos para determinar si están compuestos de algunos materiales de valor económico. Se ha determinado específicamente la disponibilidad de depósitos húmicos en el fango de los embalses en diversas estaciones de muestreo en una serie de presas. Se llegó a la conclusión de que los depósitos húmicos se producían y estaban disponibles en el fondo de los embalses. Basándose en el estudio, se llevarán a cabo pruebas en varias zonas costeras

de tierras áridas para tratar de aplicar la tecnología de los depósitos húmicos naturales en la recuperación de la vegetación.

4. Ponencias de autores españoles

Dentro del Tema 2: Gestión de la sedimentación en los embalses mediante el dragado, hidrosucción o trasvase se presentaron dos ponencias de autores españoles

Soluciones a la sedimentación de los embalses del sur de España

Silvia García Wolfrum, Alejandro Mosquera y Pablo García Cerezo presentan varios casos de presas en las cuencas hidrográficas de los ríos Júcar y Segura: Elche, Elda, Valdeinfierno, Almansa y Puentes, todas ellas con más de cien años de antigüedad, en las cuales se ha producido la sedimentación, y las respectivas soluciones o tratamientos que se han utilizado. La mayor parte de las presas en España son antiguas, con más de 50 años de servicio. En esta zona las precipitaciones son muy irregulares, causando importantes lavados del suelo seco en cada episodio de tormentas. Con estas condiciones, y considerando los problemas de arrastres existentes, el aterramiento de las presas es prácticamente inevitable, o al menos, no se ha contado a lo largo del tiempo con los medios y sistemas precisos para evitarlo.

Fig. 23. Presa de Elche.





Las soluciones son diversas en función del escenario específico de la sedimentación. En algunas presas se ha producido tanta acumulación que se han desarrollado algunas especies de plantas protegidas, llevándose a cabo planes o propuestas de reconversión del embalse en áreas recreativas. En la presa de Valdeinfierno, se decidió que la construcción de una nueva presa aguas arriba era una solución factible tras considerar los condicionantes de otras alternativas como la mejora o rehabilitación de la presa actual. En la presa de Almansa, se realizó una mejora del embalse en 2007 mediante dragado, rehabilitación del vertido y reparación del cauce del Alpera. Dos presas auxiliares se utilizaron como recipiente para el recogido de los lodos. Estos

son sólo algunas de las medidas de control de gestión de sedimentos que se están llevando a cabo en el sureste español.

Estudio de la sedimentación del futuro embalse de Terrateig

El artículo de Gabriela Mañueco, Nuria Segura, Eduardo Saleté Díaz, Eduardo Saleté Casino, Sara Bernia y Jesús Pernas, presenta la metodología y principales resultados del estudio de sedimentación antes de la construcción de la presa de Terrateig en la cuenca del río Vernissa en Valencia. Se realiza una estimación de la degradación de los 77,1 km² de cuenca por medio de la metodología habitual. También se

A la izquierda, Fig. 24. Sedimentos en el embalse de Almansa. A la derecha, Fig. 25. Estado del embalse de Almansa después de terminar los trabajos.

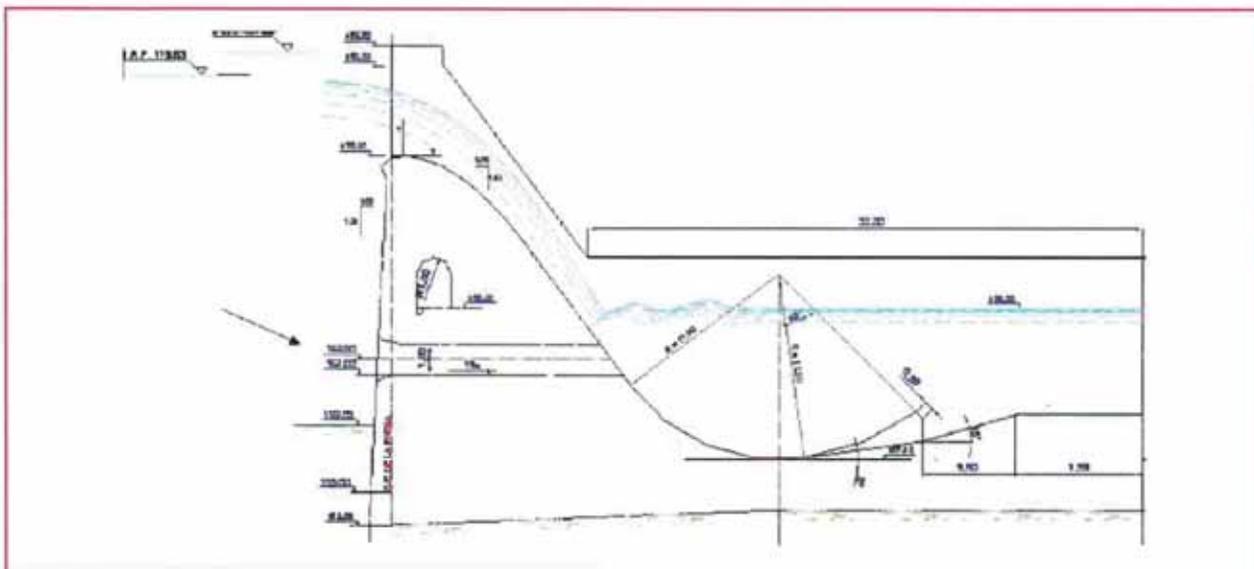
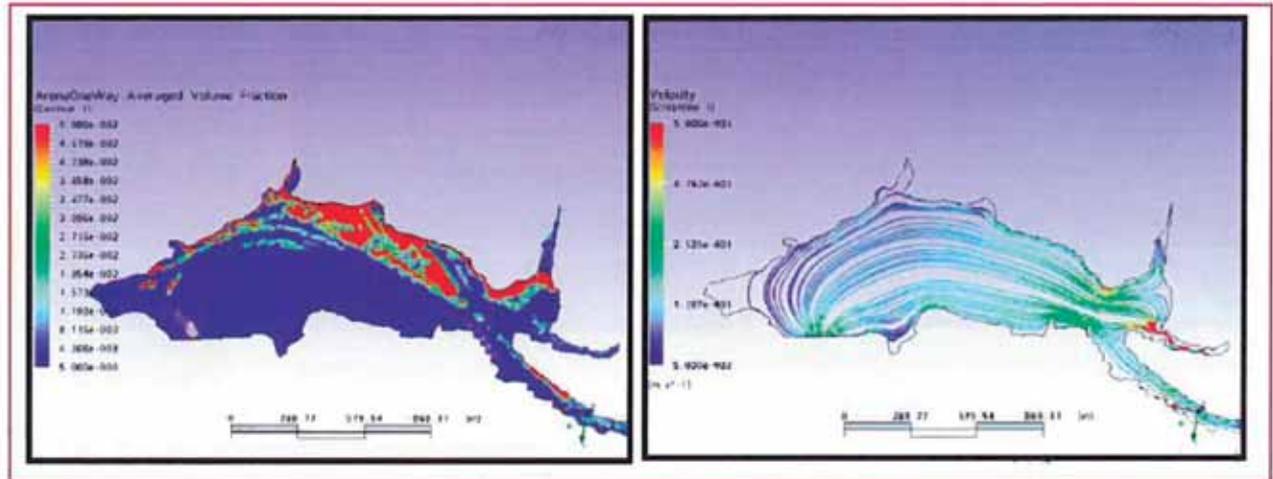


Fig. 26. Sección transversal de la presa de Terrateig.



Fig 27. Ubicación y concentración de los sedimentos y líneas de corriente para la avenida de T = 1000 años en el embalse de Terrateig.



utilizaron los resultados de los análisis de las muestras representativas de las formaciones superficiales de los diferentes usos del suelo en la cuenca. La información del estudio de la erosión de la cuenca se incorporó a las simulaciones realizadas con un modelo de elementos finitos en 3D, a fin de obtener los volúmenes y la distribución de los sedimentos en la cuenca y el análisis de impactos negativos sobre la operación de presas para los diferentes escenarios.

El modelo utilizado predice los lugares y las concentraciones de los depósitos en la cuenca del embalse por la solución de las ecuaciones de Navier-Stokes utilizando un diagrama de volumen finito. Según el

modelo la mayoría de los sedimentos que entran en la cuenca se sedimentaran en la orilla opuesta de la presa. Por otra parte, se estima que más del 88% de los sedimentos que entran en el embalse serán retenidos en él. Se tienen que adoptar normas de mantenimiento con el fin de eliminar los sedimentos del embalse periódicamente.

5. Agradecimientos

Agradecemos la colaboración de Tamara Ramos y Sara Pliego en la realización de este artículo. ♦





Mejora de presas existentes

Improving existing dams

Revista de Obras Públicas
nº 3.509, Año 157
Abril 2010
ISSN: 0034-8619

Fernando Girón Caro. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Vocal Titular del Comité Nacional Español de Grandes Presas. fgironcaro@telefonica.net
Fernando Vázquez Brea. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Empresa Municipal Aguas de Sevilla S.A. fvazquez@emasesa.com

Resumen: Se describen en el artículo el desarrollo de la sesión y las principales conclusiones expuestas en el Informe del Relator General de la misma.

Palabras Clave: Mantenimiento; Rehabilitación; Mejoras estructurales; Refuerzos; Recrecimientos; Riesgos hidrológicos; Riesgos sísmicos

Abstract: The paper describes how the session was developed and the main conclusions of the General Report.

Keywords: Safety; Maintenance; Rehabilitation; Structural improvements; Reinforcements; Regrowth; Hydrological risks; Seismic risks

1. Antecedentes

La cuestión Q-90, dedicada a la mejora de presas existentes fue uno de los cuatro temas seleccionados para el XXIII Congreso Internacional de Grandes Presas, celebrado en Brasilia a finales del mes de Mayo de 2009.

Tomando como base el contenido de la presentación realizada por la relator general, Dra. María Bartsch, Dam Safety Officer en Suecia, se presenta a continuación un resumen, donde se expone el estado general del arte relativo a esta cuestión y el contenido de las principales aportaciones, así como un análisis del estado de la cuestión en nuestro país a la vista de las aportaciones realizadas por la delegación española en las ó (seis) ponencias presentadas sobre un total de 58 (cincuenta y ocho).

2. Análisis general

El contenido de lo tratado en el conjunto de las comunicaciones se puede agrupar en los tres apartados clásicos en los que se clasifica la explotación en un sentido amplio y que son: Mantenimiento, Rehabilitación y

Mejora. Entendiendo por tales conceptos los ya definidos por La Comisión Internacional de Grande Presas (ICOLD) en su boletín nº 119 y cuya definición recordamos:

- **Mantenimiento:** Trabajos necesarios para que la instalación permanezca en buen estado de funcionamiento.
- **Rehabilitación:** Trabajos necesarios para devolver a la instalación las características que tenía cuando se puso en servicio.
- **Mejora:** Trabajos necesarios para obtener una mayor prestación o beneficio de una instalación ya existente y en estado de servicio.

Numerosas cuestiones tratadas en anteriores congresos han incluido estos temas de forma directa o indirecta, y aunque diversos autores omiten toda referencia a esta clasificación, no por eso su contenido se aparta del fin último que no es otro, que La Mejora del Comportamiento de la Presa.

En este sentido las cuestiones Q- 59,65,68,70,71,79,82, 83,84,85,86 y 87, tratadas en otros congresos contienen aportaciones varias sobre: la evaluación y gestión de avenidas, la seguridad de presas, la gestión de impac-

tos ambientales, aspectos sísmicos de las presas, envejecimiento y rehabilitación de hormigones, etc.etc.. Todas ellas relacionadas con las cuestiones técnicas habituales en los congresos de ICOLD.

Por todo lo expuesto, La Relator General, expresa su deseo de tratar la cuestión "Mejora de las presas existentes" de una forma global tratando de orientar al lector e indicarle las tendencias actuales en su conjunto y especialmente relacionadas con la Mejora de las presas y sus instalaciones..

Resulta interesante destacar que la mayoría de las ponencias se refieren a presas de hormigón (24) frente a las de materiales sueltos (16). Así mismo, se puso de manifiesto la preocupación por los trabajos desarrollados sobre las estructuras hidráulicas, aliviaderos, desagües y tomas, con un total de 21 aportaciones, a las que hay que añadir cuatro relacionadas con la cimentación.

Si diferenciamos entre el tipo de obra a mejorar y entre el objetivo primero de la mejora, obtenemos las tablas 1 y 2.

La razón primera de las actuaciones de Mejora en las Presas es la seguridad.

Las estadísticas basadas en la historia de las presas pone de manifiesto la posibilidad de que cada año se produzca el fallo de una o varias presas en el mundo, fallos que se acentúan con el envejecimiento de las mismas. Así pues, la seguridad es y debe ser la causa primera que motive La Mejora de nuestras presas (mejora, rehabilitación o mantenimiento).

Pero no solo el envejecimiento de la estructura motiva la mejora, si no que hay ciertos criterios técnicos que fueron el fundamento del calculo y diseño de dichas presas y que han quedado obsoletos o poco precisos, como consecuencia del progreso técnico y científico, tanto en los métodos y modelos utilizados, como en un mayor conocimiento hidrológico, geológico, de los materiales etc., razones de peso, todas ellas, para incluir a las presa de cierta edad en un proceso de revisión o de comprobación del grado de cumplimiento de las exigencias de seguridad con los métodos y conocimientos actuales..

El envejecimiento de las presas, de sus materiales y de sus equipos, incluidos los de auscultación, conduce inexorablemente a una pérdida de su fiabilidad, de forma que antes o después hay que realizar una intervención que será de tanta mayor magnitud cuando más tarde se acometa. Desde todos los puntos de vista, pero fundamentalmente desde los de la seguridad y economía es necesario y conveniente desarrollar:

- En Primer lugar trabajos de Mantenimiento encaminados a retrasar dicho deterioro lo más posible.
- En Segundo lugar los trabajos de Rehabilitación tan pronto como el Mantenimiento no sea suficiente para mantener la operatividad del sistema de forma segura.
- La Tercera causa de intervención sobre las presas existentes, La Mejora, deriva de otras consideracio-

Tabla 1.

Tipo de obra a mejorar	Nº de artículos	Nº Q
Presas de materiales sueltos	16	5,8,10,12,13,21,22,26,27,30,33,37,38,41,54,55
Presas y obras de hormigón	24	2,4,9,10,12,14,16,17,18,24,25,27,28,29,34,35,42,44,47,52,53,55,56,58
Presas en mampostería	2	31,32
Elementos metálicos y obras anejas	21	1,3,4,7,12,15,19,23,36,38,39,40,46,43,48,55,22,45,49,51,50
Cimentaciones	4	3,11,20,54

Tabla 2.

Objetivo Principal de la Mejora	Nº de artículos	Nº Q
Seguridad hidrológica insuficiente	18	4,12,15,19,22,23,38,39,40,43,45,46,48,49,51,55,3,36
Mejora de la estabilidad de la presa u obra aneja	11	14,22,35,53,58,4,9,17,18,24,32
Fugas en la presa o en la cimentación	9	10,11,12,13,20,30,33,37,54
Restauración estructural	8	2,10,12,16,25,27,31,41
Recrecimiento por capacidad de embalse o de aliviadero	21	5,7,8,21,23,26,27,28,29,31,34,38,39,40,42,44,47,48,52,54,55
Modificaciones por exigencias medioambientales	3	1,6,50



nes a veces ajenas a la propia presa. Así es posible que se precise hacer un recrecimiento para tener una mayor capacidad de regulación, o para mejorar la explotación hidroeléctrica, o para ampliar la seguridad del cauce aguas abajo aumentando la capacidad de control y de laminación de avenidas, o bien para conseguir mejoras ambientales en el entorno del embalse o en el régimen de caudales aguas abajo.

Podemos ver, pues, que en última instancia, las razones para la Mejora de una presa se sitúan siempre en el ámbito de la seguridad y la mejora funcional-ambiental.

Si tenemos en cuenta que la seguridad de una presa se sustenta en tres pilares básicos que son:

- Un diseño y una construcción seguros
- Una explotación con mantenimiento y rehabilitación correctos, incluyendo el control y vigilancia.
- Planes de emergencia.

El primero de dichos pilares, en su vertiente de Mejora, engloba la actividad y el contenido de las ponencias de esta "Cuestión 90" y ello en el entendimiento de que un diseño y la posterior obra no es algo que pueda permanecer inmutable a lo largo del tiempo sino que precisa de las actuaciones necesarias que adapten la obra a las nuevas exigencias de la sociedad, tanto por razones de la demanda como por razones de seguridad como por motivos ambientales.

3. Clasificación de ponencias

Las ponencias presentadas pueden agruparse en varios grupos conceptualmente diferenciados, según el motivo de la Mejora, a saber:

A) SEGURIDAD

- Actuaciones encaminadas a la reducción de riesgos hidrológicos e hidráulicos (aumento de capacidad de alivio)
- Actuaciones encaminadas a la prevención de riesgos sísmicos.
- Refuerzo de presas de hormigón y mampostería
- Refuerzo de presas de materiales sueltos.

B) RECRECIMIENTO

C) DEMANDA MEDIOAMBIENTAL

A) SEGURIDAD

• Reducción de riesgos hidrológicos e hidráulicos

Si tenemos en cuenta que un tercio de los accidentes de presas se produce porque éstas no son capaces de soportar, en condiciones de seguridad, caudales de avenida de cierta entidad, es lógico que sea éste uno de los temas más frecuentes entre las ponencias presentadas. La incorporación de nuevos datos de aforo a las series históricas, supone en muchos casos la comprobación de que los aliviaderos están mal dimensionados, por defecto o por exceso. En el primer caso es muy probable que se provoque un vertido por coronación, con los daños que esta circunstancia puede llegar a ocasionar, no solo en la propia presa sino sus consecuencias aguas abajo. Y en el segundo supone un riesgo para la población existente aguas abajo ante una falsa maniobra de compuertas.

A este respecto, la ponente general, Dra. Bartsch, expone que los aliviaderos de labio fijo son de mayor fiabilidad que los regulados por compuertas. Sin embargo, su uso no siempre es posible, ya sea por falta de espacio, ya porque se pretenda una mayor flexibilidad en la explotación. En el primer caso la solución viene de la mano de los aliviaderos de laberinto y de los aliviaderos fusibles. En el primer caso resulta especialmente interesante el artículo R-43 de Leite Ribeiro M. y otros, titulado "Hydraulics capacity improvement of existing spillways-design of piano ky weirs" que aporta una serie de mejoras sobre el diseño convencional de los aliviaderos en laberinto, con dimensiones reducidas que permiten una fácil implantación en la coronación de las presas a reformar.

Cuatro ponencias se refirieron a los aliviaderos regulados por compuertas. De ellas cabe destacar la R-36 que presenta la reducción de carga de agua sobre el aliviadero principal pre-existente, dañado por la erosión, con la instalación de un segundo aliviadero lateral regulado por compuertas que además permitirá una mayor flexibilidad en la explotación (Toloshinov, A.V. y otros; "Reconstruction at the Sayano-Shushenskaya HPS: shore spillway.") Se trata de una solución que viene adoptándose con bastante frecuencia tanto en presas de nueva construcción, como en la reforma de las ya existentes.

La aplicación de nuevas normativas sobre las avenidas a considerar en proyecto, la ampliación de las series históricas con nuevos datos hidrológicos así como los nuevos procedimientos de cálculo, ponen de mani-



fiesto, a veces, la insuficiente capacidad de los aliviaderos de las presas existentes. Para resolver este problema cabe adoptar dos soluciones:

- Aumentar la capacidad de laminación, o sea el resguardo del embalse, imponiendo mayores restricciones a la explotación o haciendo el recreciende de la presa.
- Modificación estructural de los aliviaderos existentes para aumentar su capacidad o disponer aliviaderos complementarios.

La imposición de restricciones de capacidad suelen ser caras, pues restan parte de los beneficios para los que se diseñó la presa. Por este motivo es más habitual la adopción de la segunda solución y en algunos casos una solución mixta. Así a la implantación de nuevas compuertas o nuevos aliviaderos con compuertas que hemos visto antes cabe añadir las siguientes reformas:

- Nuevos desagües intermedios y de fondo. De las seis ponencias presentadas por España, tres se refieren al aumento de la capacidad de evacuación por este medio. Destaca la aportación de Francisco, J.P. y Pérez-Cecilia, D.: "Implementation a new bottom outlet in Jarosa Dam, employment a túnel boeing machina without emptying the reservoir" (Figura 1).
- Soluciones de aliviaderos de labio fijo. Se presentaron tres ponencias de las que ya hemos citado el diseño "Plano Key Weir" para aliviaderos tipo laberinto.
- Instalación de aliviaderos auxiliares. Aunque los diseños más habituales han pasado hasta ahora por los clásicos aliviaderos de labio fijo acoplados en valles transversales a nuestro embalse, en los últimos años se ha desarrollado una tecnología basada en "aliviaderos fusibles". La tendencia actual considera tres tipos:
 - Los que podríamos llamar "erosionables" que suponen la rotura de una pared de hormigón, diseñada para romper ante una carga de agua superior a lo previsto. No es un sistema muy habitual por la reticencia lógica a un proceso no exactamente controlable.
 - Los "fusibles sumergibles" son los más usados, con cincuenta experiencias en todo el mundo y rangos de caudal que van desde 100 a 30.000 m³/s. Consisten en una estructura metálica con un contrapeso de hormigón. Al producirse la avenida ex-

trema, un pequeño embudo, situado a cota adecuada, introduce agua en una cámara situada bajo el contrapeso, empujándolo hacia arriba y permitiendo que la estructura vuelque y sea arrastrada por la riada.

- Los "fusibles de hormigón" consisten en masas de hormigón situadas sobre el aliviadero, de forma que, ante avenidas moderadas, el agua pasa por encima de ellas sin problema. Cuando el caudal supera determinado umbral, la velocidad aumenta y la masa de hormigón simplemente es removida, permitiendo el vertido normal por el aliviadero.

Cuatro son las ponencias que a este respecto se han presentado. Las dos primeras constituyen unas buenas guías para el diseño de este tipo de aliviadero (Lacroix, S y otro: "Engineering a fusegated spillway" y Kokahan H.T. y otros: "US experience with fusegates for spillway inadequacy remediation")

Interesante resulta la ponencia presentada por los españoles Cordero, Elvira y Mateos en la que se presenta una aportación sin duda singular: el sifón de flujo variable ajustable a la demanda o sea a las necesidades de evacuación determinadas por el nivel de embalse.

Una experiencia interesante es la aportada por los italianos Oldani, Gigli, Japelli y Maugliani que relatan los trabajos para control de la erosión iniciada tras el overtopping sufrido por un azud móvil, Isola Serafini, en el río Po.

• Reducción de riesgos sísmicos

El avance en el conocimiento, tanto de los fenómenos sísmicos, como en el comportamiento de los materiales y en la respuesta estructural de las presas. Ha motivado múltiples actuaciones de refuerzo y mejora de las presas existentes, con varias ponencias específicamente relativas a este asunto, y otras en las que interviene de forma notable.

Los terremotos plantean una serie de riesgos sobre las presas que podemos concretar en:

- a) Los temblores subterráneos provocan vibraciones en las presas, en sus equipos mecánicos, en su cimentación y en sus estribos.
- b) Los movimientos de falla en la cimentación causan distorsiones estructurales en el cuerpo de presa





Fig. 1. Fotografías de la ejecución del desagüe de fondo en la presa de la Jarosa (Canal de Isabel II).

- c) Los movimientos del fondo del vaso provocan ondas en el agua, reducción de resguardo y oscilaciones de masa actuantes sobre la presa.
- d) Aumenta el riesgo de deslizamientos/desprendimientos en las laderas del embalse

Es importante destacar como los equipos que quedan situados en la coronación se verán sometidos a vibraciones que pueden tener una amplificación de 10 veces la propia del terremoto, circunstancia que obliga a estudiar con detalle las soluciones estructurales en coronación..

Aunque, ya en la década de los años 30, era considerado en el diseño el comportamiento frente a terremotos, lo cierto es que la evolución alcanzada en la ingeniería sísmica, ciencia, por otro lado, aún muy joven, ha dejado obsoletos aquellos diseños. Resultan, pues, de gran interés todas las experiencias relativas a los daños y medidas correctoras, así como a la medida de aceleraciones y previsión del riesgo sísmico.

Las conclusiones de las seis (6) ponencias presentadas son las siguientes:

- a) Es importante que los análisis dinámicos incluyan varios parámetros conocidos de influencia en la respuesta de la presa y que los valores seleccionados estén basados o en datos de campo o de ensayos de laboratorio. (Chopra, A.K. y Nuss, L.K. "Seismic-safety evaluation and upgrading of arch dams")
- b) El coste adicional requerido para estos trabajos, además de afianzar el conocimiento, puede suponer un ahorro importante a la hora del diseño (mismo artículo).

- c) El análisis dinámico en dos dimensiones muestra como, en ocasiones, se han adoptado hipótesis demasiado pesimistas que, afortunadamente, hacen que la presa sea segura frente a sismos. El empleo de un modelo de elementos finitos puede ser el primer paso para comprobar la no necesidad de mejoras en presas existentes. (Noorzard, A. y Ghaemian M. "Upgrading of existing concrete dams against earthquakes")
- d) En las antiguas presas de mampostería, la presión intersticial y la subpresión tienen un considerable efecto negativo facilitando el deslizamiento (Safi, M y otros: "Safety evaluation of two historical masonry dams in Iran")

• Refuerzo de presas de hormigón y mampostería

El refuerzo de este tipo de presas viene causado por el envejecimiento de las estructuras, la aplicación de nuevos criterios de estabilidad o el análisis de riesgos sísmicos. Las experiencias aportadas se distribuyen en cuatro grupos: las que se refieren a la *cimentación*, las provocadas por *seguridad sísmica*, las de *estabilidad y estructurales* y las de *regeneración de los materiales*.

En cuanto al primer grupo, se han considerado cuatro apartados: el relacionado con la *subpresión*, el relacionado con las *pantallas impermeables* de pie de presa, el relativo a la *pérdida de resistencia de la roca de cimentación* y el generado por los casos de *erosión del cemento por disolución*, lavado de diaclasas, etc. Aunque conlleva la aplicación de un modelo elástico-lineal para determinar el comportamiento de la presa, la ponencia presentada por Marcello, A y otros "Place



Moulin: Arch gravity dam deformations with high water levels", presenta una interesante problemática de subpresiones, aumento de flujo de agua y pérdida de capacidad portante de la roca de la cimentación que se resolvió inicialmente con una campaña de inyectado. Sin embargo la solución perdió eficacia en pocos años. Un análisis de elementos finitos permitió comprobar que la reducción de filtraciones y subpresiones podía conseguirse con el efecto arco de las bandas superiores para lo cual se re-inyectaron las juntas de dichos arcos.

Dentro del grupo tercero, relativo a las experiencias relacionadas con la estabilidad y el comportamiento estructural, se incluyeron cuatro ponencias relativas a estabilidad. Cabe destacar la aportada por Suecia (Gustafsson, A. y otros; "Sliding stability of concrete gravity dams founded on rock") Incluye la presentación de una guía para la verificación de la estabilidad frente al deslizamiento con algunas novedades, como es la estimación de la fiabilidad con el uso de coeficientes parciales de seguridad, el uso de cohesión entre el hormigón y el terreno y la consideración de posibles discontinuidades del cimienta. Dentro del análisis estructural, se presentaron otras tres ponencias.

El último de los grupos, la regeneración de hormigones. En ningún caso ha sido objeto principal de la ponencia, aunque sí hay dos de ellas que se refieren a dicho problema. Una analiza el envejecimiento de la piedra de una presa de mampostería en Sri Lanka y otra en Rumanía, donde se ha realizado una labor de regeneración de hormigones afectados por reacciones alcali-árido (Bratianu, G. y otros; "Assessment concernig Dridu River Dam rehabilitation works"). Se recuerda que este tema fue extensamente debatido en la Q-82 del XXI congreso de Montreal en el año 2003.

• Refuerzo de presas de materiales sueltos

Los modos de fallo principales de este tipo de presas se pueden resumir en:

- Erosión externa por overtopping, pero también por oleaje o por hielo
- Erosión interna y exceso de filtración
- Inestabilidad de taludes

Ni en lo relativo a la erosión externa, ni en lo referente a riesgo sísmico, se presentaron ponencias.

La erosión interna es un fenómeno difícil de predecir, por este motivo el desarrollo de métodos de predicción

temprana es muy deseable. En esta línea, se presentaron tres ponencias, siendo especialmente interesante la presentada por Ekström I. y otros; "Upgrading of an old power plant for new enviromental and technical requirements". Destaca la implantación de cables de fibra óptica en el pie de aguas abajo para medida de temperatura y filtraciones, así como cables a diferentes niveles, tanto aguas arriba como aguas abajo, del filtro de la presa. Esta disposición de cables de fibra óptica se complementó con la instalación de electrodos para medida del potencial y de la resistividad. Así mismo una adecuada zonificación con filtros adecuados y auto-estables y una buena compactación son las medidas más adecuadas para prevenir un efecto "piping".

Dentro del mismo ámbito de la erosión interna, se presentaron nueve ponencias que recogían diversas actuaciones de reparación de los daños derivados de este tipo de fenómenos. De ellas solo dos, la antes citada y la presentada por Laksiri, L.B.K.; "Establishment of leakage mechanism base don hydrogeological aspects Samanalawewa reservoir", hacen hincapié en la monitorización del fenómeno antes y después del incidente. El resto de las ponencias se centran en los aspectos correctivos, previo un análisis de las causas.

La inestabilidad de los taludes afectan con gran frecuencia a presas de materiales sueltos de cierta antigüedad, en cuya ejecución no se tuvo un conocimiento suficiente de las características geológicas del terreno en se cimientan. Solo se presentó una ponencia en relación con este asunto. En ella se relata el caso de una presa en la que tras varias décadas de funcionamiento sin problemas, la presa Sutton Bingham, de tan solo 15 m de altura, mostró unos movimientos repentinos en el talud de aguas arriba. Además de aumentar el resguardo, se dispuso un manto de escollera en el talud de aguas arriba para mejorar su estabilidad.

B) RECRECIMIENTOS

El recrecido de una presa puede deberse básicamente a tres razones, las cuales a su vez determinan las características del mismo:

- aumento del resguardo frente a oleaje o por asientos del cuerpo de presa (suelen ser recrecidos insignificantes en relación a la altura de la presa);
- aumento de resguardo como consecuencia de aumentos en los caudales de avenida (normalmente suponen algún metro de recrecido tan solo)





- aumento de la demanda a satisfacer o/y disminución relevante de la capacidad de embalse, ambas circunstancias normalmente, generan los recrecidos de mayor entidad relativa.

Fig. 2. Refuerzo del estribo derecho de la presa de Griballe por presencia de filtraciones.

Por otro lado, el recrecido presenta una serie de restricciones a tener en cuenta. En primer lugar y en la generalidad de los casos, es preciso mantener el embalse en servicio, por lo que el recrecido debe desarrollarse sobre el espaldón o el paramento de aguas abajo. Es preciso adaptar las estructuras complementarias y asegurar el desagüe de avenidas durante el proceso de recrecido. Es preciso comprobar las condiciones de la cimentación y de la propia presa para recibir el recrecido y finalmente es preciso asegurar un buen contacto entre la obra nueva y la existente.

La tecnología del RCC es muy usada hoy en día para recrecido de presas de hormigón. En este campo se presentaron tres ponencias muy interesantes. Todas ellas hacían especial hincapié en la forma de asegurar el monolitismo de la presa recrecida. Así, la presentada por Tarbox G.S. y otros, "Special issues of interface, facing systems and RCC design for raising San Vicente Dam", expone un estudio detallado sobre las características del hormigón compactado para asegurar dicho monolitismo, diseño de la superficie de contacto, sistema de drenaje y sistema de revestimiento del RCC.

Hay casos en que la solución adoptada supone, para el recrecido, el empleo de un material diferente, por lo que no es fácil conseguir un comportamiento homogéneo. Cabe destacar la ponencia presentada por los españoles Lafuente Dios, R; Merino Arroyo, M., de Diego Calvo P. y Martínez Mazariegos J.L. sobre el recrecido de la presa de Yesa que, recordemos, supone un añadido de 30 m sobre los 78 iniciales y que dicho recrecido

se hace con un dique de escollera recostado sobre el paramento de aguas abajo, obteniendo la impermeabilidad con una losa de hormigón en prolongación de la presa primitiva.

En cuanto a las presas de materiales sueltos, la parte más delicada es dar continuidad al elemento impermeabilizante de la presa. En general, las presas de materiales sueltos no se diseñan pensando en un posible recrecido posterior, lo cual supone un coste notable en la fase de recrecimiento. En algunos casos se recurre a la utilización de diafragmas, como el caso de la presa Hengshan en China, una presa de materiales sueltos con núcleo de arcilla y 49 m de altura que ha sido recrecida en 22 m con esta técnica.

Es interesante por su carácter innovador la ponencia titulada "Unconventional design in dam raising: Sar Cheshmeh Tailings Dam" que presentaron los italianos Scuero y Vaschetti, aunque la presa se encuentra en Irán. Se presenta en ella un sistema de impermeabilización en base a una lámina de PVC, situada en el espaldón de aguas arriba que lleva asociado un sistema de anclaje que facilita la ejecución de la presa por fases. El sistema de anclaje está formado por prismas prefabricados de hormigón, con la cara que da al embalse lisa y escalonada la que apoya sobre la grava del cuerpo de presa.

C) DEMANDA MEDIO AMBIENTAL

En este campo solo se han presentado dos ponencias, las dos japonesas. Y es que Japón viene desarrollando un interesante programa de evaluación del estado medioambiental de todos sus ríos desde 1991. Interesante en este sentido es la ponencia de Suzuki, M. "Outline and effects of permanent sediment management measures for Miwa Dam" Se muestra la construcción de una infraestructura, un túnel de 4 km, que permite la gestión de sólidos en suspensión, minimizando de esta forma el problema de aterramiento del embalse y la pérdida de aporte sólido aguas abajo. Aunque la solución se ha ensayado en otros países (Suiza e Italia, por ejemplo) en España existe una solución parecida a la presa del Cubillas; la complejidad de Miwa Dam, la hace particularmente interesante. Así dispone de dos embalses en cabeza con capacidades de 220.000 y 510.000 m³ que retienen los sedimentos y permiten su decantación en dos granulometrías diferentes, permitiendo su uso posterior diferenciado.

En este campo medioambiental se habrán de tener en cuenta medidas para paliar los cambios de régimen





Fig. 3. Recreimiento de la nueva presa de la Breña.

de los ríos por causas del cambio climático, el control de la eutrofización, Los efectos barrera para los animales, las temperaturas del agua, los caudales ecológicos, los embalses de cola, etc.

4. Otras ponencias

Finalmente se incluyeron algunas ponencias, tres concretamente, más por su calidad que por estar directamente relacionadas con el asunto de la cuestión 90. Tales son el caso de las ponencias R20, R56 y R57. De ellas cabe destacar la R20 en la que se opta por un tratamiento superficial para garantizar la estanqueidad en lugar de recurrir a una pantalla impermeable y la R56 que presenta un estudio comparativo de soluciones, cuya conclusión resulta ser la construcción de una presa de RCC.

5. Conclusiones

De las cincuenta y ocho ponencias presentadas podemos sacar algunas conclusiones interesantes, máxime si tenemos en cuenta que más de la mitad de las presas del mundo superan los cincuenta años de edad.

- a) Los estándares de seguridad son, cada día, más exigentes y, frente a ello, la edad media de las presas va aumentando.
- b) Además, hay una clara tendencia a adoptar los mismos estándares para las presas nuevas y para las

existentes. Lo cual es no es más que una actitud coherente.

- c) Las principales causas de actuaciones de Mejora en presas son:

- Envejecimiento de estructuras
- Aumento de demanda por consumo o por consideraciones medioambientales
- Adecuación a cargas hidráulicas o sísmicas derivadas de una mejor evaluación de las mismas.
- Los progresos en modelos matemáticos y en monitorización han permitido avanzar en el conocimiento del comportamiento de las presas. No obstante, es necesario profundizar en los casos de interacción presa-cimiento y del contacto presa-estructuras auxiliares en el caso de las presas de materiales sueltos.
- El crecimiento demográfico, las edificaciones invadiendo zonas inundables, los daños por inundaciones cada vez de más envergadura, y en definitiva, las exigencias de una sociedad desarrollada que demanda más seguridad, más garantía y más y mejores actuaciones ambientales.

- d) La mayoría de las presas bien diseñadas, bien construidas y con un buen cimiento pueden ser recrecidas.

- e) Finalmente, debemos traer aquí la última consideración de la ponente general, Dra. María Bartsch. Si es cierto que el conjunto de presas del mundo está envejeciendo notablemente, no es menos cierto que también los ingenieros que las diseñaron y construyeron sufren el paso de los años, se jubilan y desaparecen, rompiendo una continuidad y dejando un vacío difícil de llenar. Nos encontramos así, con un colectivo de ingenieros jóvenes con poca experiencia y escasos en número (al no haber campo de actuación), con dificultad para conocer la historia de las grandes estructuras tan necesaria para su modificación adaptación y Mejora, todo lo cual supone un límite al desarrollo, no ya de la técnica de presas en sí, sino al de la propia sociedad. Por este motivo, resulta importante incentivar la participación en estos congresos de las nuevas generaciones buscando apoyos públicos y privados que mantengan la investigación, el desarrollo y el conocimiento del mundo de las presas con la aportación de numerosas y bien desarrolladas ponencias. ♦





Gestión de la seguridad de presas

Dam safety management

Revista de Obras Públicas
nº 3.509, Año 157
Abril 2010
ISSN: 0034-8619

Juan Carlos de Cea Azañedo. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Secretario General del Comité Nacional Español de Grandes Presas. jcdecea@mma.es
Francisco Javier Sánchez Cabezas. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Vocal Colaborador del Comité Nacional Español de Grandes Presas.
PYCSA Infraestructuras, S.L. fjsanchez@pycsa.es

Resumen: Se describen en el artículo el desarrollo de la sesión y las principales conclusiones expuestas en el Informe del Relator General de la misma.

Palabras Clave: Seguridad; Determinismo; Riesgo; gestión; Seguimiento; Instrumentación; Emergencia; Explotación; Reglamentación; Regulador

Abstract: The paper describes how the session was developed and the main conclusions of the General Report.

Keywords: Safety; Deterministic; Risk; management; Surveillance; Monitoring; Emergency; Operation; Regulation; Regulator

1. Introducción

En el lenguaje corriente se entiende normalmente que algo es seguro cuando no tiene posibilidad de fallar. En sistemas más complejos y regulados, por seguro se entiende todo aquello que cumple todos los requisitos reglamentarios, lo que habitualmente se conoce como *enfoque tradicional de la seguridad* o *enfoque basado en el cumplimiento de normas*.

El tema de la Seguridad, abordado desde distintas ópticas, se ha elegido en las últimas tres décadas en un total de nueve ocasiones como tema a ser tratado en otros tantos Congresos:

- Q32: *La Seguridad de las presas desde el punto de vista de la cimentación y seguridad de las laderas del vaso*. Año 1967. Congreso de Estambul (Turquía).
- Q49: *Deterioro o rotura de presas*. Año 1979. Congreso de Nueva Delhi (India).
- Q52: *Seguridad de Presas en Explotación*. Año 1982. Congreso de Río de Janeiro (Brasil).
- Q59: *Rehabilitación de presas para asegurar su seguridad*. Año 1985. Congreso de Lausana (Suiza).

- Q65: *Envejecimiento de presas*. Año 1991. Congreso de Viena (Austria).
- Q68: *Evaluación de la seguridad y mejora de presas existentes*. Año 1994. Congreso de Durban (Sudáfrica).
- Q75: *Incidentes y roturas de presas*. Año 1997. Congreso de Florencia (Italia).
- Q76: *El uso del análisis de riesgos para apoyar decisiones en materia de seguridad*. Año 2000. Congreso de Beijing (China).
- Q86: *Seguridad de presas de tierra y escollera*. Año 2006. Congreso de Barcelona (España).

Como consecuencia de las discusiones mantenidas en el Congreso de Nueva Delhi en el año 1979, ICOLD creó el Comité Técnico sobre Seguridad de Presas, al que encomendó la misión de desarrollar una nueva filosofía sobre la seguridad de las presas a la que, obligatoriamente, debían ajustarse de manera integral el resto de Comités Técnicos. Dicho comité desarrolló un boletín, el número 59, que se publicó finalmente en el año 1987, en el que se incluían los criterios generales que debían gobernar la seguridad de las presas, la filosofía y metodología de dicha seguridad, la forma de

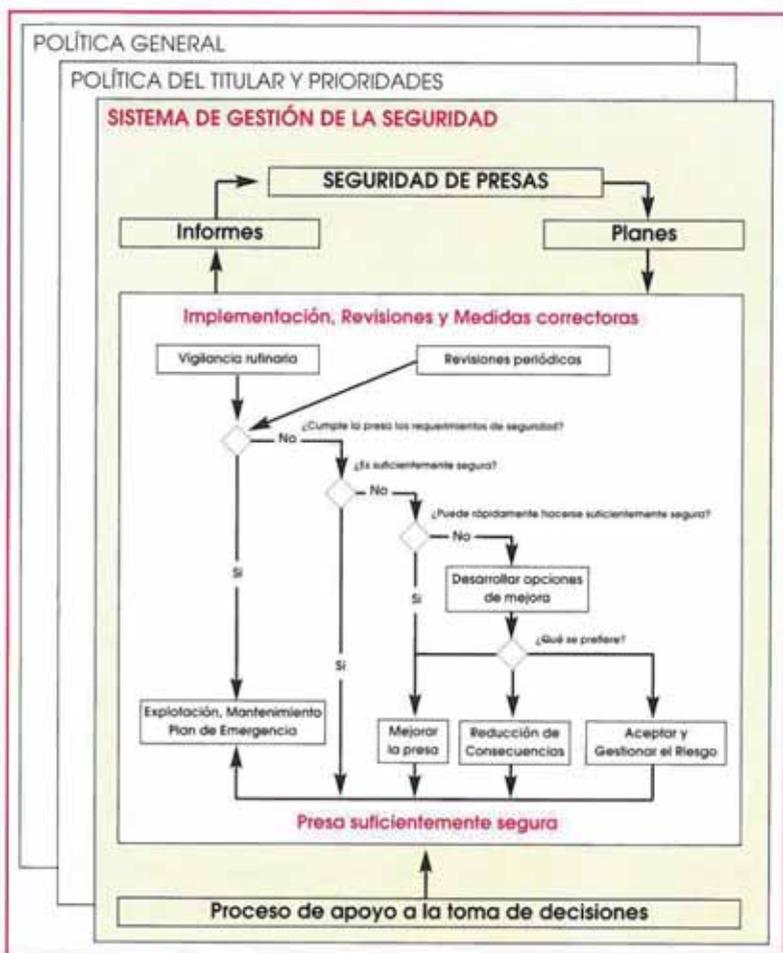


Fig.1. Esquema de Gestión de la Seguridad de Presas (Fuente Canadian Dam Association).

gestionarla, y la forma de evaluarla. Una de las principales conclusiones que puede extraerse de la lectura del boletín es que la seguridad debe tener prioridad por encima de cualquier otra consideración.

El Congreso del año 2000 en Beijing introdujo por primera vez en una de las cuestiones la aplicación del Análisis de Riesgos como una forma muy moderna y novedosa de gestionar la seguridad de las presas. El Comité Técnico de Seguridad de Presas se encontraba en ese momento elaborando lo que luego sería el boletín publicado en el año 2005 con el número 130: *Evaluación de Riesgos en la gestión de la seguridad de las presas. Un reconocimiento de los beneficios, métodos y aplicaciones actuales.*

La elección de nuevo como tema de la "Gestión de la Seguridad de las presas" para ser discutido en el marco de la Cuestión nº 91, del 23º Congreso Internacional de Grandes Presas, demuestra la importancia que ese aspecto tiene a nivel mundial y su complejidad para ser abordado de forma integral y uniforme.

Con carácter general la sociedad actual considera que la gestión de esa seguridad no es nada más que la gestión de los riesgos que sobre las personas, propiedades y medio ambiente puede tener el impacto de la rotura o el funcionamiento incorrecto de una presa. Y dado que la seguridad absoluta es un concepto irreal y absolutamente antieconómico, lo que se intenta es que esos riesgos sean tan bajos como sea posible, o tan bajos como sea razonablemente o prácticamente posible.

En el enfoque tradicional de la gestión de la seguridad, la evaluación de ésta se basa en el cumplimiento de unas reglas y unos requisitos definidos de antemano, en la idea de que ese proceso resulte en unos niveles de riesgo muy bajos, pero desconocidos. Y frente a las conocidas dificultades existentes usando dicho enfoque para responder a las preguntas ¿son suficientemente seguras las presas? o ¿cuánto de seguro es el término suficientemente seguro?, parece haber, sin embargo, un consenso casi generalizado en que el análisis de riesgos es la mejor forma de darles respuesta, permitiendo, además, ayudar a tomar decisiones en materia de seguridad de forma muy transparente y tratando adecuadamente las incertidumbres de todo tipo (posiblemente una de sus mayores ventajas). Un esquema de la gestión de la seguridad usando este método se muestra en la Figura 1.

Todo lo anterior hacía necesario que en un evento de esas características todos esos distintos aspectos fueran debatidos por la comunidad presística.

La Cuestión 91 estuvo presidida por D. José Polimón López, Presidente del Comité Nacional Español de Grandes Presa y vicepresidada por D. Tadahiko Sakamoto, del Comité Japonés de Grandes Presas. La secretaria de la sesión fue Dña. Teresa C. Fusaro, del Comité Brasileño de Grandes Presas. El Relator General fue D. Andy Zielinsky, del Comité Canadiense de Grandes Presas.

2. Estructura de la cuestión

Se presentaron a la cuestión un total de 60 artículos correspondientes a un total de 19 países. Francia y España fueron los dos países más prolíficos, con un total de 8 cada uno (Tabla 1).

La distribución de los artículos en los cinco grandes temas en los que se había dividido la cuestión, fue el siguiente:



Tabla 1.

Artículos Presentados	Países
8	España y Francia
5	Brasil y Suecia
4	Canadá y China
3	Irán, Japón, Suiza, Reino Unido y Estados Unidos
2	República Checa, Portugal y Rusia
1	Egipto, Rumania, Slovakia, Slovenia y Sri Lanka

- 1) Evaluación de Riesgos y resultados obtenidos (16 artículos)
- 2) Reglamentación e impactos económicos (8 artículos)
- 3) Impactos relacionados con la explotación de presas (5 artículos)
- 4) Planes de Emergencia y comunicaciones (3 artículos)
- 5) Instrumentación remota y control de presas (16 artículos)

Además, doce (12) de ellos no se ajustaban estrictamente a los temas propuestos en la cuestión, dedicándose, más bien, a aspectos novedosos del diseño y del análisis de la seguridad.

Es destacable el reducido número de artículos relacionados con la gestión de la seguridad desde el punto de vista de los Planes de Emergencia de Presas.

De todos los artículos presentados a la Cuestión 91 se seleccionaron para ser expuestos y debatidos en las diferentes sesiones un total de 19 correspondientes a 10 países (Tabla 2). Sólo uno fue presentado por españoles.

La idea perseguida con la elección de todos ellos fue la de lograr una sesión equilibrada en lo que a reglamentación aplicable, resultados de la aplicación del análisis de riesgos, experiencias en el empleo planes de emergencia y control remoto de presas, se refería.

3. Informe del relator general

Reconociendo el hecho de que la eliminación del fallo de un sistema complejo es casi imposible, por razones tanto técnicas como económicas, la gestión de

Tabla 2. Comunicaciones Seleccionadas.

Nº	Ponente	Report	País	Título
Tema 1. Legislación, Reglamentación y aspectos medioambientales en la toma de decisiones en materia de seguridad de presas				
1	U. Norstedt		Suecia	Toward better management of dam's safety.
2	G. Degoutte	41	Francia	Danger studies in new French regulations on dams and levees safety.
3	T. Thedeen	54	Suecia	Safety standard and safety measures.
4	A. Hughes		Inglaterra	Legislation - A time of change in the UK.
5	B. Reverchon		Francia	Maintenance policy and safety for dams at Electricite de France (EDF).

Tema 2. Seguridad de presas y análisis de riesgos

6	D. Hartford	19	Canadá	Relationship between deterministic safety assessments and probabilistic risk assessments in dam safety management.
7	E. Hatpin	55	Estados Unidos	Risk management for dam safety - A joint approach by US Bureau of Reclamation, Federal Energy Regulatory Commission and US Army Corps of Engineers.
8	I. Escuder		España	Duero river authority experience on risk analysis and risk evaluation - discussion of results in the carrion river.
9	P. Royet	36	Francia	Reliability-based analysis method for structural safety of gravity dams.
10	F. Lemperiere		Francia	Which impact of costs analysis on floods risk assessment and management?

Tema 3. Tomando decisiones en material de seguridad de presas

11	Y. Yamaguchi		Japón	Safety management and seismic safety evaluation for dams in Japan.
12	J. P. Fabrè		Francia	Use of monitoring data to adapt the operation of dams to their behaviour and improve their safety.
13	F. Jafarzadeh	26	Iran	Application of analytical methods in improving dam safety decision making process. Case study Masjed-Soleyman dam.
14	R. Melbinger		Austria	Remote monitoring of dams in Austria. Philosophy and solutions.
15	P. Oberhuber		Austria	Análisis of arch dams deformations.

Tema 4. Consecuencias de la rotura de presas

16	A. Engstrom Meyer	16	Suecia	Emergency preparedness planning in Swedish rivers. Development and experiences.
17	M. Wieland	33	Suiza	Dam safety, consequences of dam failure and measures for risk reduction.
18	D. Hartford	18	Canadá	Management of floods downstream of dams through virtual reality simulation.
19	G. R. Darbre		Suiza	Extending emergency planning for dams in Switzerland.



su seguridad es, por lo tanto, la gestión de sus riesgos de fallo y la de las consecuencias que hacia las personas, propiedades y medio ambiente puedan tener aquéllos, que, por otra parte, hay que procurar que sean lo más reducidas que sea posible o, al menos, mantenidas por debajo de un cierto nivel de aceptabilidad.

En el caso de las presas, los técnicos encargados de su diseño, en representación de la sociedad, y como conocedores del tema, han sabido reconocer qué aspectos eran clave para lograr un resultado casi seguro. Por ejemplo, proyectando unos aliviaderos capaces de evacuar avenidas cuya probabilidad de presentación fuera muy próxima a cero. El inconveniente de ese proceder era que, en la práctica, no se tenían en cuenta las consecuencias aguas abajo. Daba lo mismo que éstas fueran muy pequeñas o muy grandes.

En el año 1973 el *Comité de reevaluación de la capacidad de evacuación de aliviaderos de presas existentes* de la División Hidráulica de ASCE observó que la comunidad ingenieril trataba de evitar la toma de ese tipo de decisiones, prefiriendo, en su lugar, disponer de unos criterios que fueran igualmente aplicables a todas las presas.

La Sociedad actual es muy diferente que la existente en la década de los 60 ó 70 del siglo pasado. Quiere estar involucrada en la toma de todas aquellas decisiones que puedan afectar a su modo de vida y demanda a políticos y técnicos un altísimo grado de transparencia a la hora de tomarlas. Ambas características, participación y transparencia, son las principales señas de identidad de los regímenes democráticos.

En vista de esto, no es difícil concluir que el enfoque tradicional de la seguridad está lejos de cumplir el criterio de la transparencia, ya que deja finalmente al experto técnico, cuyo juicio es indudable para analizar y evaluar problemas técnicos, la decisión de opinar si algo es o no seguro. El viejo argumento de que *los expertos saben lo que hacen ya que están mejor preparados que el resto de la población*, hoy no es aceptable.

Al final son más bien los políticos responsables los que, tras oír la opinión de los técnicos, tienen que tomar las decisiones clave sobre cuestiones tan graves -esas que afectan a la seguridad de sus administrados-, a la vista de las pruebas que los expertos ponen a su disposición.



Fig. 2. Sistema de Gestión de Seguridad de Presas.

3.1. Sistemas de Gestión de la Seguridad de Presas

En la actualidad un sistema de gestión de la seguridad de las presas se basa en un proceso sistemático y explícito de identificación, evaluación y gestión de todos los riesgos de fallo o rotura que puedan producirse a lo largo de su vida útil, con objeto de que si no son aceptables se mantengan tan bajos como sea razonablemente posible.

Y también parece haber un consenso casi unánime en que dichos sistemas de gestión deben construirse, para ser realmente eficaces, en el marco de la estructura organizativa en la que se aloja la presa, debiendo incluir, además, los seis elementos que se muestran en la figura 2, en la que también se recogen los aspectos que de ellos han sido tratados en el marco de la Cuestión 91 del Congreso. El primero de esos elementos es básico, al permitir garantizar el cumplimiento por parte de la presa de todos los requisitos legales y reglamentarios de seguridad impuestos por el Gobierno, así como poderlo demostrar de forma fehaciente.

3.2. Legislación y reglamentación de seguridad de presas

La legislación relativa a la seguridad de presas debe tener como objetivo principal prevenir los perjuicios que sobre la vida, las propiedades y el medio ambiente pueden causar las condiciones de inseguridad



de las presas. Esas condiciones son siempre generadoras de una gran preocupación en la sociedad, que lógicamente demanda actuaciones por parte de los políticos y de quien les gobierna, y aunque esa legislación es siempre muy necesaria, por razones obvias, su puesta en práctica puede ser especialmente complicada por las siguientes razones:

- Los fines que la justifican deben estar bien motivados y cualquier otra alternativa para alcanzar los objetivos previstos por ella habrá sido previamente examinada y descartada
- Para que sea bien entendida, los objetivos perseguidos por ella deben estar claramente definidos
- No siempre tiene un carácter abierto, es transparente y refleja el interés de todos los interesados.

Ya se ha comentado que el marco legislativo tradicional, o aproximación determinista de la seguridad, consiste en el cumplimiento de unas reglas y requisitos básicos con los que asegurar un cierto, pero desconocido, nivel de seguridad, o si se prefiere, un reducido y también desconocido nivel de riesgo. En general el proceso se suele dividir en dos partes. Una primera en la que se clasifica la presa en función de los daños potenciales ocasionados en caso de que se produzca su rotura o funcionamiento incorrecto, y una segunda en la que se establecen unos principios, reglas y requisitos a cumplir por la presa, dependiendo de la categoría en la que se haya clasificado. Es lo que se conoce en la práctica como *enfoque tradicional de la gestión de la seguridad* o *enfoque basado en el cumplimiento de normas*, considerado muy vago por muchos, ante la dificultad de definir cuales son los objetivos de seguridad alcanzados y lo que significa el término seguro.

Para superar los inconvenientes anteriores, actualmente, como ocurre en otras industrias peligrosas bien reguladas en las que habitualmente hay que tomar decisiones en materia de seguridad, el enfoque determinista se vienen combinando con las técnicas basadas en el análisis del riesgo, para hacerlo con más rigor. Ese enfoque combinado, novedoso, en fase de desarrollo en el campo de la seguridad de las presas, pero de forma creciente, ha ido penetrando tanto en los reguladores de dicha seguridad de algunos países (Australia, Canadá, Francia, Suecia, etc.) como en algunos titulares.

En cualquier caso, y a pesar de todo lo anterior, es cierto que también se están produciendo a nivel mun-

dial cambios en la legislación y reglamentación tradicional relativa a la seguridad de presas. Puede ser el caso de Slovenia, donde a raíz de los problemas surgidos en la presa de Vogrscsek en el año 2007, se pusieron de manifiesto algunas lagunas en la reglamentación y legislación existente que motivaron el desarrollo de una nueva.

También ese cambio se ha producido en Inglaterra como consecuencia del incidente ocurrido en la presa Ulley en 2007 ante las importantes inundaciones ocurridas en Gales. En este caso se puso de manifiesto la inexistencia de una Guía clara y sencilla para determinar la capacidad de evacuación de los aliviaderos de las presas existentes. Actualmente se está desarrollando una nueva guía para solventar este inconveniente, con objeto de que sea empleada posteriormente por el *panel de ingenieros* -el grupo de ingenieros homologados por el Gobierno-, para poder hacer las revisiones de seguridad de las presas.

En Rumania ocurrió algo parecido. La rotura de la presa Belci en 2001, por desbordamiento debido a una mala gestión de las compuertas del aliviadero, ha motivado el desarrollo de una reglamentación específica del tema.

En Rusia, desde el año 2003, se viene poniendo en práctica una nueva normativa de seguridad de presas que obliga a los titulares a operarlas con garantías de seguridad y a efectuar un seguimiento continuo de su comportamiento a través de la instrumentación, de inspecciones visuales realizadas por el personal de explotación y de revisiones más profundas cada 5 años realizadas por técnicos especializados independientes.

También se ha producido un importante cambio normativo en Francia. La nueva reglamentación establece una clara división de responsabilidades entre el titular y el Estado (el regulador), amplía el número de categorías en las que clasificar las presas, define nuevos requisitos para el diseño, la vigilancia y la frecuencia de las revisiones periódicas y, como principal novedad, preceptúa que las presas más altas, las de altura mayor de 10 m, su seguridad sea gestionada con metodologías basadas en el riesgo.

3.3. Análisis y evaluación de riesgos

Lowrance en el año 1976 puso de manifiesto la dificultad de cuantificar la seguridad "real" de cualquier presa, aún siendo ésta estudiada por expertos en la



materia. Decía que éstos, después de su análisis, tan sólo podían describir sus impresiones personales acerca de cuales eran los posibles riesgos que presentaba, pero sin llegar a cuantificarlos. Sin embargo, y a pesar de lo anterior, el uso de las técnicas de análisis y evaluación de riesgos, que están aún en fase de desarrollo, especialmente en el campo de la seguridad de las presas, se va extendiendo a nivel mundial, tanto por la sistemática de su determinación como por su transparencia, al ser un procedimiento que queda muy bien documentado, lo que permite su rápida inspección por parte de la sociedad y de los reguladores.

Sin embargo es conveniente no olvidar que esa transparencia en la toma de decisiones está fuertemente condicionada por el bagaje cultural de cada país, lo que hace muy difícil proponer un marco de evaluación de riesgos conveniente y adecuado para todos ellos.

El Cuerpo de Ingenieros Americano y el U.S. Bureau of Reclamation han desarrollado conjuntamente en los últimos años una serie de estrategias de gestión de riesgos, de metodologías y de Guías para evaluar usando estas técnicas los riesgos de las infraestructuras a su cargo: unas 900 presas consideradas de riesgo alto o significativo y 20.000 millas de diques de protección.

Los distintos artículos presentados exponen la aplicación de todas estas metodologías, desde las más simples a las más complejas. Un ejemplo de las primeras es el descrito en el Report 15 (R-15), en el que se pasa revista a un cribado de tipo semicuantitativo, es decir, que puntúa los modos de rotura más probables y la forma en qué se desarrollan, y que es utilizado para priorizar la rehabilitación de las 32 presas del sistema Mahaweli, en Sri Lanka. Con respecto a las segundas, son mucho más numerosas y se utilizan, por ejemplo, para examinar la seguridad de las ataguías durante la construcción de la presa, la fiabilidad de la estabilidad estructural de presas de gravedad o las necesidades de mantenimiento y conservación de presas.

Es destacable la forma planteada por la Guía elaborada por el Comité Francés de Grandes Presas, cuya descripción de efectúa en el R-36, para llevar a cabo un análisis de la estabilidad estructural de presas de fábrica desde un punto de vista semiprobabilístico, inspirado en el Eurocódigo, y que parece casa mejor con las técnicas actuales de análisis de riesgos. En el futuro incluirá, además, el siempre difícil tema de la fiabilidad. El resultado final sería la probabilidad de rotura del estado límite. Para ello se adoptan los mismos estados límite de diseño que figuran en el Eurocódigo, con valores carac-

terísticos para cargas y resistencias, se incluyen factores de seguridad parciales para la resistencia al corte y nuevas hipótesis de diseño, o estados límite de rotura o modos de rotura: Fisuración, faltas de resistencia al corte del cimiento y de resistencia a la compresión simple de la fábrica.

El R-38 describe la forma en la que se lleva a cabo desde el comienzo de los 90 el mantenimiento en Electricité de France del equipamiento de las estructuras hidroeléctricas. Se tratan éstas como un *portfolio* y el equipamiento se divide en un total de 17 familias. El resultado del análisis de riesgos es un mapeado de éstos a partir del cual se pueden establecer las necesidades de mantenimiento, las diferentes soluciones para éste y el coste de todas estas actividades.

Otros de los Reports presentados describen nuevos softwares, como por ejemplo el *ipresas*, desarrollado por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) (R-47), concluyen la necesidad de disponer de bases de datos más fiables para poder apoyar con rigor las decisiones tomadas en el proceso (R-6), describen las creadas, caso de la de la Agencia de Medio Ambiente Inglesa, que es la encargada de supervisar la seguridad de las presas, en la que se recogerán en el futuro los incidentes producidos en las presas, su naturaleza y las lecciones aprendidas de ellos (R-22), o extienden el campo de aplicación de estas técnicas a nuevos aspectos, como por ejemplo, para examinar la vulnerabilidad de las presas ante acciones antropogénicas (sabotajes o ataques terroristas). Es el proyecto DAMSE, descrito con detalle en el Report 48, financiado por la Comunidad Europea y en el que participa la Universidad Politécnica de Valencia.

3.4. Vigilancia e Instrumentación

Los incidentes y las roturas de presas van siempre precedidos por una serie de síntomas o señales que, detectados con prontitud, pueden servir para restituir las condiciones previas de seguridad. Es ese, precisamente, el objetivo básico de la vigilancia, inspección e instrumentación; la detección temprana, la identificación y comprensión de esos síntomas para, en último término, saber la forma en que podría fallar la presa, lo que comúnmente se conoce actualmente como *análisis de los modos de rotura*. El sistema también funciona en sentido contrario, es decir, una vez conocido cual es el modo de rotura pésimo de una cierta presa y sus signos básicos, se puede diseñar para él la instrumentación necesaria para detectarlo y organizar



e implementar en la organización de gestión de la seguridad del titular las correspondientes actividades de vigilancia e inspección.

En cuanto a la frecuencia con la que deben llevarse a cabo, debería determinarse con base a su grado de fiabilidad, a la experiencia existente y a la importancia de la presa (de sus riesgos potenciales aguas abajo).

No menos importante es el establecimiento de un sistema de control que permita comprobar que todas ellas se realizan de acuerdo con los procedimientos y frecuencias establecidas y que se registran, almacenan y analizan periódicamente para confirmar que el comportamiento de la presa es acorde con su diseño.

Después de la presentación de ciertos eventos (sismos y avenidas) todas ellas deben intensificarse para garantizar que la presa funciona correctamente y para devolver la integridad funcional del sistema y la de todos y cada uno de sus componentes.

Los artículos recibidos describen novedades en el campo de la instrumentación (uso del GPS en Japón para el análisis de las deformaciones externas de presas de materiales sueltos, R-1, o de fibra óptica para detección de filtraciones en Francia, R-42), la utilización de nuevas técnicas para el control de la seguridad (técnicas geofísicas en Slovakia para medir velocidades de filtración y el riesgo de erosión interna cuando éstas superan unos valores críticos, R-5), la aplicación de métodos deterministas o estadísticos para examinar las lecturas de los elementos de auscultación (Presa Emborcação, Brasil, R-8), sistemas de adquisición de datos de forma automática (Presa de las Tres Gargantas, China, R-27) o de centralización de datos en las oficinas del titular (Vltava river basin, República Checa, R-31 y Confederación del Ebro, España, R-51), las aceleraciones sísmicas registradas por parte de los elementos de control instalados en algunas presas (presa Yele, China, R-29), o la reinstrumentación de presas al haberse alcanzado la vida útil de ciertos elementos de control (presa Itaipu, Brasil, R-57).

3.5. Planes de Emergencia

A pesar de que a sido uno de los temas que menos interés a despertado en el Congreso, por el reducido número de artículos presentados relacionados con él, sin embargo, y como es sabido, se trata de un elemento fundamental de cualquier sistema de gestión de la seguridad para minimizar las consecuencias ocasionadas por una hipotética rotura o funciona-

miento incorrecto de una presa o de sus estructuras auxiliares, siempre que sea bien conocido por la organización del titular y esté adecuadamente coordinado con los responsables de protección civil locales, regionales o nacionales.

El Plan de Emergencia de presa, por lo tanto, consiste en la identificación, clasificación y graduación de la peligrosidad de las posibles situaciones de emergencia que se puedan presentar en la práctica y en la definición de las comunicaciones a realizar para transmitir la información disponible y las acciones correctoras o de protección a llevar a cabo para minimizar sus consecuencias aguas abajo.

En este sentido, resulta muy interesante el trabajo piloto iniciado por Elforsk y Svenska Kraftnät (Suecia) como base para la elaboración de los planes de emergencia de las 20 presas situadas a lo largo del río Ljusnan. El resultado es la definición de las manchas de inundación en un sistema de información geográfica (GIS) y un conjunto de tablas en las que se recogen las variables hidráulicas más importantes de la onda de avenida generada. Actualmente este trabajo se ha extendido a otros 4 ríos más.

Las sirenas son los sistemas mayoritariamente empleados para alertar a la población situada aguas abajo y deben ser activadas con tiempo suficiente para que su evacuación pueda realizarse de forma ordenada y eficaz. El Plan debe pues incluir a quién hay que alertar, cuando se debe activar la sirena, cómo se debe avisar y, en algunos casos, no en España, establecer como evacuar. Ello implica contar con la participación de varios actores en la toma de dichas decisiones (órgano de seguridad de presas, titular, autoridades locales, regionales o nacionales de protección civil, comunidades autónomas en el caso de España, etc.) y una clara asignación de sus deberes y responsabilidades.

3.6. Explotación

Con carácter muy general los dos principales modos potenciales de fallo de las presas son el desbordamiento, con destrucción parcial o total del cuerpo de presa, y la rotura de éste por insuficiente resistencia.

Y además de por un inadecuado diseño, ambos pueden iniciarse por una previsión meteorológica errónea, por un mal mantenimiento y por una incorrecta explotación. En definitiva, por una mala gestión de la seguridad. Por lo tanto, la explotación se convierte en un





ASOCIACIÓN DE EMPRESAS
DE LA TECNOLOGÍA DEL
SUELO Y DEL SUBSUELO

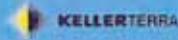
Empresas asociadas:

GEOCISA

Los Olanos de Jerez, 10-12
28823, Costada (Madrid)
Tel.: 914 603 000
Fax: 916 716 400
www.geocisa.com



Numancia, 73 - 5ª D
08029 Barcelona
Tel.: 934 097 880
Fax: 934 908 628
www.ifc-es.com



Miguel Yuste, 45 Bis
28037 Madrid
Tel.: 914 237 561
Fax: 914 237 501
www.kellerterra.com



Ctra. de Birkosa, 44
36213 Vigo
Tel.: 986 293 500
Fax: 986 202 152
www.pilotesposada.com



Callesiega, 75 - 4ª
28033 Madrid
Tel.: 913 590 001
Fax: 913 509 982
www.biison-b.com



Velázquez, 50 - 7ª Planta
28001 Madrid
Tel.: 917 817 169
Fax: 915 613 013
www.rk.es



Febrero, 36
28022 Madrid
Tel.: 917 473 444
Fax: 917 473 666
www.site.biz



Serrano Angula, 10 - 3ª dcha.
28004 Madrid
Tel.: 914 445 372
Fax: 914 469 989
www.terrabauer.com



Miguel Yuste, 45 bis
28037 Madrid
Tel.: 914 237 500
Fax: 914 237 501
www.terratst.es



ASOCIACIÓN DE EMPRESAS
DE LA TECNOLOGÍA DEL
SUELO Y DEL SUBSUELO

ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE LA TECNOLOGÍA DEL SUELO Y DEL SUBSUELO

Goya, 23 - 3º Dcha / 28001 Madrid

Tel.: 915 773 321 / Fax: 914 317 963

www.aetess.com - aetess@aetess.com

factor clave de ésta y los artículos recibidos, que hacen referencia a un abanico muy amplio de aspectos relacionados con ella, así lo atestiguan.

Con respecto al primero de los puntos anteriores, el R-21 describe la gestión de la avenida registrada en la presa de Ulley, cerca de Sheffield (Inglaterra), en junio de 2007, con un periodo de retorno de alrededor de 200 años y que produjo la rotura de los muros de mampostería de uno de los aliviaderos.

El R-59 describe cómo se operó en condiciones de seguridad el lago Nasser, el embalse de la presa de Assuan, ante la presentación de varias avenidas a lo largo del siglo XX (años 1975, 1988 y 1999) y a comienzos del XXI. El embalse se divide en tres partes. La ubicada entre las cotas 85 y 147 m, que alberga los sedimentos del agua del Nilo. La situada entre las cotas 147 y 175, que se denomina *embalse vivo* y es la que suministra las demandas aguas abajo, y la que se encuentra entre las cotas 175 y 182, que se usa para la gestión de las avenidas del Nilo. El report detalla que en el año 1988 el embalse se encontraba muy alto y la presentación de la que luego se consideró cómo la segunda avenida más importante del siglo XX, obligó a vaciar previa y parcialmente un total de 12.600 hm³ del embalse. Algo parecido ocurrió en el año 1999, en el que la presentación de una nueva avenida de cierta entidad con la que el embalse alcanzó la cota 181,60, motivó el vaciado previo de 14.100 hm³.

Destaca el General Report que las revisiones periódicas de seguridad también pueden introducir restricciones a la explotación cuando los nuevos cálculos de estabilidad bajo ciertas condiciones así lo pongan de manifiesto.

En relación con el mantenimiento y la conservación, son muy ilustrativos los ensayos llevados a cabo en Suecia para examinar la pérdida de capacidad de aliviaderos por atascamiento de árboles, que puede llegar a alcanzar hasta un 27%, pero que cuando se colocan en ellos *estructuras deflectoras lineales o semicirculares*, se reduce hasta un 2-3%

Otro aspecto importante es el descrito en el R-37, en el que se habla de la importancia del mantenimiento de los equipos oleo-hidráulicos de accionamiento de las compuertas de los aliviaderos en la seguridad de las presas en fase de rehabilitación. Se citan los tipos de compuertas utilizadas en la mayor parte de los aliviaderos franceses y los equipos de izado habituales en ellas. Se describen las recomendaciones, especificaciones y reglamentación aplicable al respecto en Francia, y se

comparan con las existentes en otros países. Se concluye la importancia de que los diferentes componentes de los elementos hidromecánicos y electromecánicos sean redundantes.

3.7. Análisis

La evaluación de la seguridad según el *enfoque tradicional* se hace siempre desde una perspectiva determinista y usando un alto grado de conservadurismo, para evitar las incertidumbres de todo tipo. Normalmente se efectúa a través de los coeficientes de seguridad alcanzados al comparar el comportamiento de la presa ante la presentación de una cierta combinación de cargas y la resistencia que opone el terreno, que se minimiza empleando unos coeficientes reductores. Tal y como puede comprenderse, la seguridad así evaluada depende de forma muy directa del juicio ingenieril.

Hay otro inconveniente muy importante del método. La tendencia a revisar, sólo, algunos aspectos críticos del diseño o de la explotación, algo inherente al procedimiento. Es por ello que el enfoque tradicional no garantiza que se haya alcanzado el mismo nivel de seguridad en todos los posibles eventos iniciadores de un modo de fallo o de rotura.

Y otro más. La dificultad de priorizar en un cierto grupo de presas las siempre elevadas inversiones para mejorar su seguridad usando unos recursos normalmente muy limitados.

La evaluación de la seguridad a través de las metodologías basadas en el riesgo se fundamenta en la consideración explícita de las incertidumbres, bien desde un punto de vista matemático (evaluación cuantitativa de los riesgos) o no (evaluación cualitativa de los riesgos).

Sin embargo y a pesar de lo anterior, es evidente que ambas metodologías requieren cada vez de mayores esfuerzos de toda la comunidad presística mundial, en forma de congresos, conferencias y simposios, para desarrollar unos mejores y más sofisticados modelos y herramientas para alcanzar una mejor comprensión de los distintos procesos físicos que gobiernan el comportamiento de las presas.

A modo de ejemplo, el R- 18 habla de un modelo de simulación de transmisión de avenidas aguas abajo mediante realidad virtual, que puede ser muy útil para la gestión de la explotación y de la de situaciones de emergencia.



El R-25 pasa revista de forma muy detallada a cómo se debería efectuar el diseño estructural de las compuertas Taintor y de todo su equipamiento, para garantizar tanto un correcto funcionamiento como una vida útil mayor.

El R-26 efectúa una interesante comparación de los resultados obtenidos en análisis bidimensionales y tridimensionales de procesos de filtración a través de presas de escollera situadas en valles estrechos y de sus cimentaciones, con aplicación al caso de la presa Masjed-Soleyman, en Irán, al ser aquéllos, normalmente, causa de más del 50% de las roturas producidas en este tipo de presas. Los resultados obtenidos se comparan con las lecturas de la instrumentación instalada y se concluye que, en ese tipo de cerradas, los cálculos bidimensionales quedan del lado de la inseguridad. Sólo los tridimensionales dan resultados fiables. Un trabajo similar al anterior se efectúa en el R-32, que describe el estudio de las filtraciones de la presa Kowsar, en Irán, de gravedad y situada sobre una cerrada estrecha en forma de V, cuyo embalse perturbó las características hidrogeológicas de los materiales de las inmediaciones y la regularidad natural de las fuentes y manantiales situados aguas abajo. La perturbación afectó a un territorio de más de 28 km².

El R-28 es un estudio de la presa Xiaolangdi (China), de materiales sueltos y núcleo ligeramente inclinado, para explicar con un nuevo modelo, mejor que otros existentes, los repentinos incrementos de los movimientos horizontales de la coronación que se produjeron durante el llenado.

El R-35 examina la estabilidad de los taludes de la presa Narmab (Irán), situada sobre un cimiento volcánico de andesitas y basaltos de baja calidad y con buzamientos y orientaciones desfavorables. Se efectuaron ensayos de corte *in situ* que concluyeron que la resistencia obtenida en los de laboratorio era más elevada.

El R-39 es un estudio francés que efectúa un repaso de los aspectos básicos del diseño de las presas de escollera con pantalla a la vista de los problemas surgidos en algunas de gran tamaño cuando se llenaron los embalses que cerraban por primera vez. Se examina con detalle el proceso de rotura de los fragmentos más gruesos de la granulometría.

El R-43 analiza y discute las ventajas e inconvenientes de los modelos existentes para analizar los movimientos horizontales cíclicos de presas bóveda: determinísticos, estadísticos o híbridos, y el R-60, en esa misma línea, describe el procedimiento ideado por EDF en 1967,

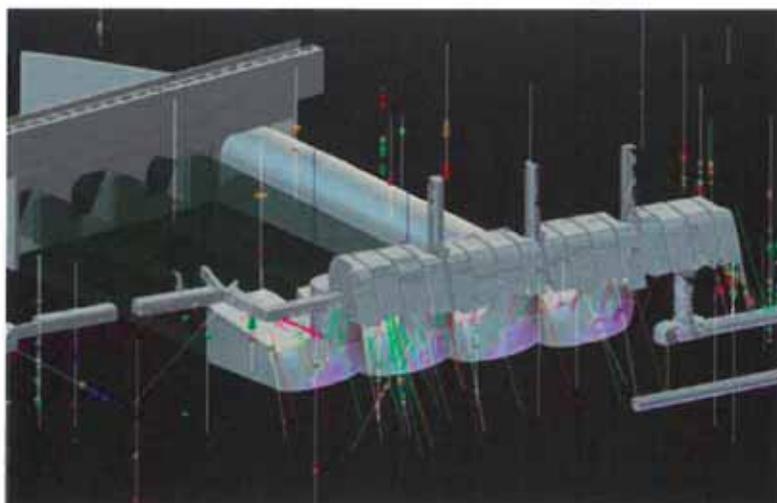


Fig. 3. Imagen de las posibilidades de modelos tridimensionales informáticos para ilustrar la situación de sondas e instrumentación en un sistema de túneles y galerías.

y aún utilizado, para examinar el comportamiento de sus presas. El método, denominado HST, analiza la influencia en las lecturas de los distintos elementos de auscultación instalados del nivel del embalse (Hidrostatique) y de la temperatura (Saisonnier), así como su evolución en el tiempo. La experiencia obtenida durante tantos años y en tantas presas confirma la validez del método y su robustez.

El R-52 efectúa una revisión del diagnóstico de la problemática observada en la presa de Mequinenza hace ya algunos años. Recientes estudios concluyen que a la expansión detectada en uno de los bloques, concretamente al 13-14, se une un fenómeno de hinchamiento generalizado de los lignitos de la cimentación, por absorción de agua, debido a su alta porosidad, que afecta a toda la presa.

El R-53 analiza las principales conclusiones extraídas una vez analizado un centenar de revisiones de seguridad de las presas estatales españolas. Se concluye que uno de los aspectos que aún no han sido resueltos es la definición de cual debe ser la avenida extrema de las presas en explotación construidas con anterioridad a la puesta en práctica del aún vigente *Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses*.

El R-56 describe las posibilidades de las aplicaciones geomáticas tridimensionales para evaluar la seguridad y para crear vistas diferentes a las que habitualmente recogen los planos utilizados en ingeniería civil. Esas aplicaciones permiten al ingeniero establecer la vista que más le interesa en cada momento y suponen una gran mejora para la toma de decisiones cuando hay mucha información disponible (Figura 3). ♦

La 77ª Reunión Ejecutiva Anual de ICOLD y XXIII Congreso Internacional de Grandes Presas

77 th Annual Meeting and 23rd ICOLD International Congress

Revista de Obras Públicas
nº 3.509, Año 157
Abril 2010
ISSN: 0034-8619

Juan Carlos de Cea Azañedo. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Ministerio de Medio Ambiente. Secretario del Comité Nacional Español de Grandes Presas. jcdecea@mma.es

Resumen: Se describe en el artículo como se ha desarrollado la reunión ejecutiva anual de la Comisión Internacional de Grandes Presas y qué se ha concluido en ella, qué actividades están desarrollando los distintos Comités Técnicos en los que ha habido participación de los miembros del Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD), y cual ha sido el grado de participación de la delegación española en el Congreso Internacional de Grandes Presas.

Palabras Clave: Comités Técnicos; Representantes; Club Europeo; Cuestiones; Boletines; Simposio

Abstract: The paper describes in what way have been developed the ICOLD's Executive Annual Meeting and the International Congress on Large Dams. What activities are been developed by the different Technical Committees in which there has been participation of the members of the National Spanish Committee on Large Dams (SPANCOLD), and in what activities, and what has been the degree of participation, of the Spanish delegation.

Keywords: Committees; European Club; Questions; Bulletins; Symposium

1. Introducción

La Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD) tiene como principales objetivos *estimular los avances en el diseño, construcción, mantenimiento y explotación de las grandes presas, mediante el intercambio de la información existente y el estudio de las cuestiones relacionadas con ellas. Para cumplirlos, ICOLD dispone actualmente un total de 26 Comités Técnicos, en 20 de los cuales hay representantes del Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD)*⁽¹⁾.

El actual texto de la Constitución de ICOLD establece en su articulado que esta organización tiene la obligación de celebrar anualmente una reunión ejecutiva, convocada por su oficina central de París, y con la participación de todos los países miembros, en la que se debatirán y resolverán, entre otras, todas

aquellas cuestiones relativas a su forma de organización interna, renovación o elección de nuevos cargos, administración de fondos, dirección de estudios, actividades a desarrollar por sus Comités Técnicos, elección de miembros que formarán parte de éstos, etc.

Todos los años a estas reuniones ejecutivas asisten en representación del Comité Nacional Español de Grandes Presas su Presidente y su Secretario General, que normalmente acude como observador o como sustituto del presidente en caso de que éste deba ausentarse de la reunión por cualquier causa.

En uno de los apartados de este artículo se efectúa una descripción de cómo se desarrolló la reunión anual de Brasilia, de algunos de los temas que se trataron en ella y de algunas de las conclusiones que se alcanzaron.

En los dos días previos a la celebración de esta reunión anual, se reúnen todos los Comités Técnicos de ICOLD, tratándose en parte de la reunión ejecutiva cómo avanzan sus trabajos, qué problemas han

(1) En la web www.spancold.es pueden verse todos los Comités Técnicos en los que participan miembros de SPANCOLD.

COMMISSION INTERNATIONALE DES GRANDS BARRAGES - CIGB



Fig. 1. Boletín de la 77ª Reunión Ejecutiva Anual y del XXIII Congreso Internacional de Grandes Presas.

encontrado durante su desarrollo, se analizan y resuelven las interferencias que unos pueden tener sobre otros, y, se comunica qué boletines se han cerrado o están próximos a cerrar cada uno de ellos, para ser publicados. Es precisamente con la elaboración de estos boletines con lo que ICOLD cumple parte de sus principales objetivos. ICOLD ha publicado desde su creación del orden de unos 135, de los cuales los 100 primeros son descargables gratuitamente desde su web⁽²⁾.

Por otra parte, los Congresos Internacionales de Grandes Presas organizados por ICOLD desde hace más de 80 años, con una periodicidad trianual, suponen la mejor oportunidad de reunión de los expertos en presas a nivel mundial para debatir aquellos temas de interés demandados por la comunidad presística, y para intercambiar experiencias, muy especialmente entre los países desarrollados y los que se encuentran en vías de desarrollo.

El primero de esos Congresos tuvo lugar en Londres en 1924, como Conferencia Mundial de la Energía, y en él hubo ya alguna participación española. El último se celebró el pasado año 2009 en la localidad de Brasilia (Brasil), y en él se debatieron, como es habitual, cuatro cuestiones que se describen en un apartado de este artículo y con mucho más detalle en otros artículos que también se incluyen en este monográfico.

La elección de Brasilia para albergar el Congreso tuvo lugar en la reunión ejecutiva anual de ICOLD celebrada en Sitges en el año 2006. En Brasilia se ha elegido como lugar para la celebración del siguiente Congreso, que tendrá lugar en 2012, Tokio, en Japón.

(2) www.icold-cigb.org

2. Reuniones de los Comités Técnicos de ICOLD

Como ya se ha indicado, de los 26 Comités Técnicos que actualmente tiene ICOLD, el Comité Nacional Español tiene representantes en 20 de ellos.

La Delegación española del Comité Nacional Español que acudió a Brasilia asistió a las reuniones de un total de 14 Comités Técnicos, describiéndose a continuación quienes fueron los representantes en cada uno y cuales fueron los principales temas tratados en sus respectivas reuniones. Casi todas tuvieron lugar el día 22 de Mayo, en jornada de mañana y tarde, comenzando a las 9 h y terminando a las 17 h, tras un paréntesis de una hora para comer.

2.1. Comité técnico de aspectos computacionales y análisis del diseño de presas

- Representante español: Dr. Ignacio Escuder
- Temas tratados: Se discutieron algunos capítulos de un nuevo boletín que se está preparando, de título *Guía para el uso de modelos numéricos en ingeniería de presas*, así como de la organización de un nuevo Benchmark Workshop a celebrar en Francia, auspiciado por el Comité Francés de Grandes Presas, en setiembre de 2009, en el que se tratarían como posibles temas Estabilidad de estribos, incluyendo solicitaciones sísmicas, análisis de presas de pantalla de hormigón y análisis de esfuerzos y deformaciones en presas arco delgadas, incluyendo la secuencia constructiva.

2.2. Comité técnico de aspectos sísmicos

- Representante español: D. Francisco Blázquez Prieto. Por motivos de trabajo no pudo asistir pero, sin embargo, por la importancia de los temas tratados se ha considerado conveniente la inclusión del mismo.
- Temas tratados: El presidente del Comité (M. Wieland) comentó el alcance de la 14ª Conferencia Mundial sobre Ingeniería Sísmica celebrada en Pekín, China, en Octubre de 2008, en la que se trataron, de forma específica, aspectos relativos a las presas de tierra y de hormigón. Se presentaron en ella más de 90 conferencias y hubo más de 4000 participantes. Igualmente, comentó que en la Conferencia que sobre Gestión de la Seguridad de Presas, celebrada también en 2008, en Nanjing, China, el Comité, a





Fig. 2. Reunión del Comité de Seguridad de Presas

través de su presidente, hizo la presentación de una ponencia relativa a la forma de inspeccionar las presas tras terremotos.

El Comité Japonés hizo una presentación acerca del temblor de tierra de magnitud 7.2 sufrido por el país y el resultado de las inspecciones realizadas en un total de 182 presas que lo sintieron.

El Comité chino hizo la presentación del terremoto de la provincia de Sichuan, y de sus consecuencias en numerosas presas. Se celebraron un total de dos talleres y una visita de campo, para la que se contó con la experiencia del presidente de este Comité, Martin Wieland, técnicos del Comité Japonés y del Presidente del Comité técnico de Presas de Hormigón de ICOLD y del Consejo de la US Society on Dams, Robin Charlwood.

2.3. Comité técnico de presas de hormigón

- Representantes españoles: Juan Manuel Bull (Titular) y Arturo Gil (Co-opted)
- Temas tratados:

Es éste, posiblemente, el comité más activo de todos los de ICOLD, participando el Comité técnico español, espejo de él, de forma muy intensa en todos los trabajos del mismo.

Actualmente los miembros de dicho comité técnico están trabajando en la elaboración de dos nuevos boletines de título *Selección de materiales para presas de hormigón* y *Fenómenos expansivos en presas de hormigón*.

Se ha publicado recientemente, además, el boletín de título *Especificaciones y control de calidad de presas de hormigón*.

En la reunión de Brasilia se ha revisado el texto definitivo del boletín *Propiedades físicas del endurecimiento de hormigones de presas*, que se encuentra ya en disposición de ser publicado.

Se ha aplazado la designación de tareas para la redacción del boletín *Fenómenos expansivos en presas de hormigón*, que se espera concretarlas con más detalle en una próxima reunión a lo largo del año 2010.

Y por último, se ha propuesto redactar un nuevo boletín titulado *Puesta fuera de servicio de presas de hormigón. Opciones para el reciclado*.

2.4. Comité técnico de auscultación de presas

- Representante español: D Jürgen Fleitz
- Temas tratados: En San Petesburgo se aprobó el texto definitivo de boletín nº 138 *Aproximación general a la auscultación de presas* y en Brasilia se ha comenzado a trabajar en su 2ª Parte, una Guía de Auscultación, sencilla y con ideas muy generales, cuyos trabajos se espera concluir en un par de años.

2.5. Comité técnico de medio ambiente

- Representante español: Dr. Florentino Santos
- Temas tratados: Se analizó con detalle la encuesta efectuada a nivel mundial relativa a *Aspectos medioambientales en cada país* y la actualización de la *declaración de ICOLD sobre las presas y el medio ambiente de 1997*.

El representante del Comité Japonés presentó un informe interesantísimo sobre el papel de las presas dentro del cambio medioambiental producido por el cambio climático y los americanos el borrador de la *Guía para la Evaluación/Declaración de impactos ambientales de las presas*.

Se ha terminado, y está en las oficinas de París, pendiente de ser publicado, el boletín *Presas y Reasentamientos de población. Lecciones aprendidas*.

El borrador del boletín de título *Áreas de especial interés cultural, histórico, ecológico o paisajístico*, propuesto por Australia y mejorado por Japón, se está discutiendo en este momento, con la intención de que sea aprobado en la siguiente ejecutiva, a celebrar en Hanoi en 2010.

2.6. Comité técnico de seguridad de presas

- Representante español: Dr. Juan Carlos de Cea
- Temas tratados: El Comité está en este momento actualizando los boletines *Seguridad de Presas* (nº 59) e *Incidentes en presas. Lecciones aprendidas*.



de 1973. De forma complementaria, está revisando en profundidad las características de las legislaciones en materia de seguridad de presas y con qué Guías de apoyo a las anteriores cuentan cada uno de los distintos países representados en el Comité, posiblemente el más numeroso, ya que cuenta con más de 30 miembros.

El representante del Comité Canadiense presentó la iniciativa llevada a cabo por la Canadian Electricity Association en relación a una base de datos en la que se detallan, analizan y explican incidentes, accidentes y roturas de presas

Por último, representantes del Comité Indonesio presentaron las primeras conclusiones acerca de las condiciones que provocaron la rotura de la presa Situ Gintung, acontecida el 27 de Marzo de 2009 y que ocasionó más de 100 víctimas.

2.7. Comité técnico de sedimentación de embalses

- Representante español: D. José Polimón López
- Temas tratados: Se revisó el texto definitivo del boletín de título *Sedimentación y uso sostenible de ríos y embalses* y se comenzaron los trabajos de preparación de un nuevo boletín dedicado a *técnicas de investigación del fenómeno de sedimentación en embalses*, para lo cual se ha preparado una ficha tipo para ser rellenada por todos los países miembros del comité en relación con las técnicas usadas para su detección y su evolución.

2.8. Comité técnico de puesta fuera de servicio de presas

- Representante español: D. Agustín Pastor Turullols
- Temas tratados: Se revisó durante la reunión parte del borrador del boletín de título *Guía para la puesta fuera de servicio de presas* y se analizó la experiencia existente en algunos países. Canadá reconoce que más de 100 presas pequeñas tienen unas condiciones de seguridad precarias, de forma que, con la nueva normativa de seguridad en vigor, es preciso demoler. Está previsto acometer la demolición de unas 5-10 presas por año. Los representantes del Comité Japonés expusieron que su gobierno pensaba demoler una presa pero, sin embargo, finalmente se ha decidido, por el elevado coste que supone, retirar las com-

puertas del aliviadero y bajar notablemente el nivel de operación del embalse. Algo parecido plantearon los representantes del Comité rumano. La elevada inversión necesaria para rehabilitar y/o mejorar las condiciones de seguridad de algunas presas rumanas, ha obligado a acometer su demolición, actividad bastante más económica. El representante del Comité español expuso algunos ejemplos de presas pequeñas demolidas en el norte de España, por caducidad de las concesiones con las que fueron creadas.

2.9. Comité técnico de presas de residuos mineros

- Representante español: Dr. José Luis de Justo Alpañes
- Temas tratados: Diseño sostenible y comportamiento tras el cierre, de presas de residuos mineros; auscultación y seguimiento de presas de residuos mineros y Diseño de presas de residuos mineros.

Se ha previsto también la recopilación de todos aquellos incidentes y roturas que se han producido en el pasado, para entender mejor qué causas los provocaron y evitar que vuelvan a producirse en el futuro

2.10. Comité técnico de operación, mantenimiento y rehabilitación de presas

- Representante español: D. Fernando Girón
- Temas tratados: En la actualidad el Comité está terminando de revisar el boletín nº 49 *Explotación de estructuras hidráulicas de presas*. Sólo quedarían por añadir algunos ejemplos. Cuando se decida cuales, se circulará la versión definitiva para dar el visto bueno, lo que se espera tenga lugar tras la reunión anual de 2010.

En relación con los trabajos de rehabilitación bajo el agua, de los distintos ejemplos presentados por los diferentes Comités Nacionales, se han seleccionado los más representativos y se han incluido en el texto que en este momento todos ellos están revisando.

En una situación muy parecida a se encuentra el texto de título *Organización de la explotación*; boletín muy importante para países en vías de desarrollo, se ha previsto aprobarlo con carácter de urgencia y que sea gratis para ellos.



2.11. Comité técnico de registro de presas y de documentación

- Representante español: Dr. Juan Carlos de Cea
- Temas tratados: El Comité está tratando de cerrar una nueva edición del registro mundial de presas en el que se incluyan todas las presas del mundo, pertenezcan a países miembros de ICOLD, o no. En la exposición efectuada por el presidente del Comité al comienzo de la reunión puso éste de manifiesto las dificultades de encontrar los principales datos técnicos de presas pertenecientes a países no miembros de ICOLD, dado que, en muchos casos, no hay un organismo regulador que centralice dichos datos o que se encargue de la supervisión de la seguridad de las presas. En la actualidad se dispone de los datos completos de un total de 59 países; en 22 de ellos todavía se está en fase de depuración de datos, y 68 países no han dado respuesta alguna a las distintas cartas y correos enviados a organismos, empresas constructoras, compañías hidroeléctricas, etc. España se encarga de un total de 7 países: Méjico, Perú, Cuba, El Salvador, Ecuador, Guayan y Surinam.

2.12. Comité Constitucional (ad Hoc)

- Representante español: Dr. Juan Carlos de Cea
- Temas tratados: Se sigue avanzando en la redacción de un nuevo texto de la Constitución y de su reglamento para clarificar el papel y mejorar la eficiencia de ICOLD a nivel mundial.

2.13. Comité técnico de presas pequeñas (ad Hoc)

- Representante español: D. Francisco Javier Sánchez Cabezas
- Temas tratados: Se ha publicado recientemente el boletín *Revisión histórica de presas antiguas. Volumen I*, en el que se incluyen presas de esas características de 21 países, la más antigua de ellas, de más de 4000 años de antigüedad. Se pasó revista durante la reunión al texto enviado a todos los países miembros titulado *Presas pequeñas en explotación*. Se debatió especialmente el concepto de qué es una presa pequeña, concluyéndose que además de la altura hay que manejar el volumen de embalse y también qué

critérios se emplean para su clasificación en todos ellos.

Igualmente se describió el resultado de la encuesta enviada relativa a qué legislación se aplica a estas presas en los distintos países y a cómo se ponen fuera de servicio.

A propuesta de los representantes del Comité chino, se incluirá un capítulo dedicado en exclusiva a la elaboración de planes de emergencia.

2.14. Comité del papel de las presas en el desarrollo y en la gestión de los ríos

- Representante español: Dr. Enrique Cifres Jiménez (Chairman)
- Temas tratados: El presidente expuso las presentaciones efectuadas en Rumania, España y Turquía, en esta última con motivo de la celebración del World Water Forum, para dar a conocer el papel de las presas en la gestión del recurso agua. Igualmente, se expuso que a lo largo del año 2010 se completaran los estudios piloto que actualmente se están desarrollando en los ríos: Níger, Karun, Tigris y Eufates, Nilo, Guadiana, Paraná, y en una cuenca piloto de Perú.

2.15. Comité técnico de cambio climático

- Representante español: Dr. Francisco Javier Sánchez Caro
- Temas tratados: Tras una breve descripción por parte de los representantes de todos los Comités Nacionales de todos los países presentes en la reunión acerca de qué actividades se están desarrollando en cada uno de ellos en relación con el cambio climático, el primer aspecto debatido en el seno del Comité fue el tratar de clarificar qué significa el Cambio, desde los puntos de vista técnico y de gestión, para evitar discusiones posteriores. También se trataron de identificar las posibles interferencias que los temas tratados en el seno de este Comité pueden producir en las actividades de otros, especialmente en los de Medio Ambiente y Sedimentación, al objeto de resolverlas a la mayor brevedad. Finalmente, se han asignado a todos los miembros un conjunto de tareas para ser tratadas y debatidas en la siguiente reunión.



3. Reunión del Club Europeo de ICOLD

Como detalla Antonio Soriano en (1), España fue uno de los 7 países que, en septiembre de 1995, en Crans-Montana, Suiza, fundaron el Club Europeo de ICOLD. Actualmente, forman parte de él, un total de 20 países.

Anualmente, con motivo de las reuniones ejecutivas de ICOLD, el Club Europeo mantiene algunas de las suyas. Es el caso de la que tuvo lugar en Brasilia; en ella estuvieron presentes representantes de la totalidad de los países miembros, estando presidida por D. Günther Heigerth, de Austria, y ejerciendo como secretario, D. Antonio Soriano, de España. Asistieron por parte del Comité Nacional Español, D. José Polimón López (Presidente) y D. Juan Carlos de Cea (Secretario General del mismo).

Resumen de la Agenda de la reunión:

- a) Elección de Presidente
- b) Actividad de los Grupos de trabajo
- c) Próximo Simposio del Club Europeo. Austria 2010
- d) Renovación del cargo de Secretario
- e) Ruegos y preguntas

a) Elección de Presidente: Se tenía que haber renovado el cargo, pero al no haberse presentado ningún candidato, de acuerdo con los estatutos que rigen el funcionamiento del Club, el actual presidente puede prorrogar su mandato un año más, si está de acuerdo, como en efecto ocurrió. En Junio de este año 2010 se convocarán nuevas elecciones a Presidente, para el mandato 2011-2012.

b) Actividad de los Grupos de trabajo: Se revisaron las de los que figuran en la tabla 1.

Tabla 1. Grupos de Trabajo del Club Europeo de ICOLD

Núm.	Name	Presidente
3	Avenidas en Europa	L. Berga (España)
4	Erosión interna en presas de materiales sueltos	J. J. Fry (Francia)
6	Legislación sobre Seguridad de Presas	G. Ruggeri (Italia)
7	Criterios Sísmicos	N. Reilly
9	Seguridad de presas existentes	J. Rocha (Portugal)
12	Seguridad Pública	U. Norstedt (Suecia)

b.1) Avenidas en Europa

El Presidente del Grupo de Trabajo presentará en el Simposio del Club, que se celebrará en Austria en Setiembre de 2010, un borrador del texto que está preparando para ser discutido por todos los países miembros.

b.2) Erosión interna en presas de materiales sueltos

El Presidente del Grupo de trabajo explicó qué futuras actividades se tienen previstas:

- Celebrar un Taller Internacional sobre erosión interna en Granada, a lo largo del año 2010 (preferentemente en Abril), y
- Enviar las conclusiones de dicho taller a ICOLD para publicar un Nuevo boletín.

b.3) Legislación sobre Seguridad de Presas

Este grupo de trabajo circuló el año 2008 una encuesta a todos los miembros del Club sobre aspectos relativos a qué legislaciones utilizan, qué características presentan éstas, quién controla la seguridad, de quién depende ésta, cual es su esquema organizativo, etc. Su presidente comentó que los resultados de esa encuesta se colgarán en la web del Club y que aquellos países que quieran hacerlo, pueden enviar sus textos legales para sean colgadas en un lugar común.

b.4) Criterios Sísmicos

Apenas ha habido avances en esta material por parte del Grupo.

b.5) Seguridad de Presas existentes

Se debatió intensamente la actual actividad de este grupo, dado que presenta un programa de trabajos muy similar al del Comité Técnico de Seguridad de ICOLD, al que también pertenecen algunas de las personas que forman parte de aquél, por lo que se decidió finalmente coordinar la actuación de ambos.

El representante del Comité Francés planteó la necesidad de crear una base de datos acerca de las roturas de presas ocurridas en Europa en el pasado, al objeto de extraer cuantas lecciones sea posible.





Fig. 3. Reunión del Grupo INCA.

b.6) Seguridad Pública

El presidente de este Grupo comentó la reunión informal que mantuvieron algunos miembros de este grupo los días previos a la reunión, al objeto de cerrar el Informe que se presentará, con carácter definitivo, en Innsbruck, para mostrar cual es la posición del Club con respecto a este importantísimo aspecto.

c) Próximo Simposio del Club Europeo.

El representante del Comité Austríaco, D. Markus Auflieger (Austria), efectuó una presentación muy completa de cómo se desarrollara el próximo Simposio, que tendrá lugar en Setiembre de este año, en Innsbruck, Austria. Puso especial énfasis en que se promueva la participación en él de jóvenes ingenieros, para evitar los vacíos generacionales en este campo de las presas.

d) Renovación del cargo de Secretario

El Comité Nacional Español de Grandes Presas se comprometió a proponer un candidato, en sustitución de D. Antonio Soriano, que lleva 12 años en ese puesto, y que si es aceptado, se elegirá en la siguiente reunión, a celebrar en Innsbruck.

e) Ruegos y Preguntas

El presidente de la reunión cerró ésta recordando a los asistentes la necesidad de que los distintos países del Club cumplan con la Directiva Marco del Agua y haciendo una mención especial a las presas subterráneas, para las que propuso crear un Grupo de trabajo específico.

4. Reunión del INCA (ICOLD National Committees of America)

El denominado como grupo INCA se creó a finales de los 90 por iniciativa de Germán Roo (Venezuela), al que a través de estas reducidísimas líneas queremos rendir un sincero homenaje al haber fallecido el pasado mes de noviembre. La idea inicial, similar a la del Club Europeo, fue la de poner un especial énfasis a los aspectos regionales de las presas.

Este grupo mantiene también en todas las reuniones ejecutivas anuales de ICOLD, algunas de sus reuniones, coincidiendo con la presencia mayoritaria de representantes de los Comités Nacionales de sus países miembros.

En este caso, la reunión tuvo lugar el día 22 de Mayo de 2009, bajo la presidencia de D. Gabriel Rodrí-



guez (Presidente) y de D. Ariel Bustamante (Secretario), ambos representantes del Comité Nacional Boliviano, país que, por orden alfabético, ostenta actualmente el liderazgo de este Club de ICOLD, tal y como se concluyó en una reunión que los miembros de dicho Club mantuvieron en Tucumán (Argentina) el 24-Septiembre-2008.

Por parte de la Presidencia de la reunión, fueron invitados a ésta algunos representantes del Comité Nacional Español, acudiendo finalmente D. José Polimón López, D. Florentino Santos García (Presidente del Comité Técnico Español de Presas y Medio Ambiente) y D. Francisco J. Sánchez Caro (Presidente del Comité Técnico Español de Presas y Cambio Climático). La principal razón que motivó esa invitación fue la proximidad histórica del Comité Nacional Español a América y la fama que los ingenieros españoles tienen dentro del ámbito presístico hispanoamericano.

Estuvieron presentes, además, representantes de Estados Unidos, Canadá, Argentina, Perú, Chile, República Dominicana, Brasil, Bolivia, Venezuela, Colombia, etc., y de Guatemala, presente por vez primera en estas reuniones. En total asistieron unos 20 delegados.

Fueron múltiples los temas tratados, pero el más espinoso de ellos fue el relativo al idioma oficial de INCA, y, por lo tanto, en el que se desarrollaría la reunión. Se acordó que fuera el inglés, a pesar de que la mayor parte de los presentes en la reunión eran hispanoparlantes.

Después de varios temas de orden organizativo, se trató un aspecto que se consideró esencial: las dificultades de acceso que tienen los técnicos hispanoamericanos a documentación técnica actualizada que refleje el estado del arte de la ingeniería de presas. En este sentido, los representantes españoles (y muy particularmente, el presidente del Comité Nacional Español) plantearon la posibilidad de que el Comité Nacional Español publique/cuelgue en un futuro sus Guías Técnicas en su página web, tanto en español como en inglés, ante la magnífica acogida que han tenido dentro del colectivo. Esta iniciativa fue recibida con mucho entusiasmo por la totalidad de los presentes.

Además de los técnicos españoles señalados, destacaron por su relevante participación en la reunión, con contribuciones de especial interés, D. Alberto Marulanda (Colombia), D. Alejandro Pujol (Ar-

gentina), D. Cassio B. Viotti (Brasil), D. Enrique Matheu (Estados Unidos), D. Guillermo Noguera (Chile), D. Jean-Pierre Tournier (Canadá) y D. Miguel Suazo (Perú), entre otros.

5. 77ª Reunión Ejecutiva Anual

La reunión ejecutiva anual de ICOLD se celebró el viernes 27 de Mayo en el hotel Alborada de Brasília. Comenzó a las 9 h de la mañana y terminó a las 17 h, tras un paréntesis de una hora para comer.

La reunión estaba presidida por el profesor D. Luis Berga, de la Universidad Politécnica de Cataluña, y cuyo mandato terminaba tras la finalización del Congreso Internacional de Grandes Presas. Estaba vicepresidida por Dña María Bartsch (Suecia), D. Alberto Marulanda (Colombia), D. Bernard Tardieu (Francia), D. Edilberto Maurer (Brasil), D. Peter Mulvihill (Nueva Zelanda) y D. Norihisa Matsumoto (Japón), y como secretario ejercía D. Michel de Vivo (Francia), que además es Secretario General de ICOLD.

Representaban al Comité Nacional Español de Grandes Presas, su presidente, D. José Polimón López y su Secretario General, D. Juan Carlos de Cea Azañedo.

De los 88 países que pertenecen a ICOLD, asistieron a la reunión una media de 59, aunque en algunos momentos llegaron a ser 63.

Se aceptó la entrada en ICOLD de Kenia (readmisión) y Niger.

Para albergar el siguiente Congreso, que tendrá lugar en 2012, Egipto y Japón hicieron sendas presentaciones de sus países y de cómo han previsto organizarlo. Tras la correspondiente votación, Japón fue el país finalmente elegido.

De igual forma, Burkina Faso, Noruega y Suiza, se presentaron para acoger la ejecutiva de 2011. Tras sus presentaciones, y efectuadas tres votaciones, se eligió Suiza.

Para alojar la ejecutiva de 2013, sólo se ha recibido una única invitación, la del Comité Americano. Se votará en la ejecutiva que tendrá lugar este año en Hanoi (Vietnam).

Tres candidatos optaban al puesto de presidente de ICOLD para el mandato 2009-2012: D. Andy Hughes, Inglés, y presentado por el Comité Nacional Nigeriano, D. Arthur Waltz, americano y presentado





Fig. 4. Mesa presidencial de la Cuestión 88 del Congreso Internacional de Grandes Presas.

por el Comité Japonés, y D. Jia Jingseng, Chino y presentado por el Comité Español. Tras las votaciones, resultó elegido este último.

A continuación, al haber terminado el mandato de dos de los Vicepresidentes, se procedió a la elección de los nuevos. Por parte de la zona Europa, había dos candidatos, G. Ruggeri (Italia) y W. Floegl (Austria), cuya presentación fue realizada por los representantes del Comité Nacional Portugués y Alemán, respectivamente. Tras la correspondiente votación fue elegido G. Ruggeri. Con respecto al otro puesto, el único candidato presentado fue I. Ekpo (Nigeria).

Se trató a continuación todo lo que tiene que ver con los distintos Comités Técnicos, prorrogas de sus mandatos, inclusión de nuevos países miembros en ellos y elección de sus vocales, boletines a publicar, etc.

Por último, el presidente de ICOLD informó a la audiencia de cómo se desarrolló el aniversario de los 80 años de ICOLD, que tuvo lugar en Noviembre 2008 en París, Francia), de cual fue la participación de ICOLD en el 5º Foro Mundial del Agua (Marzo 2009, Estambul, Turquía), y de cómo avanza la *Declaración Mundial de Presas e Hidroelectricidad en*

Africa, trabajo que se lleva a cabo junto con otras organizaciones y de cuya coordinación se encarga Michael de Vivo, Secretario general de ICOLD.

6. Simposio Internacional

Es habitual en todas las reuniones ejecutivas anuales que coinciden con la celebración de un congreso internacional, que el día previo al comienzo de éste se organice un Simposio Internacional, de un día de duración, en jornada de mañana y tarde, mientras van llegando las distintas delegaciones. En Brasilia, este Simposio tuvo lugar el domingo 24 de Mayo, tratándose en él el tema *Presas y embalses de usos múltiples*.

Lamentablemente, de los 39 artículos en él presentados, ninguno fue español, como tampoco hubo ninguna presentación por parte de españoles.

7. XXIII Congreso Internacional de Grandes Presas

Como es habitual en todos los Congresos Internacionales de Grandes Presas organizados por ICOLD,



Tabla 2.

	Q - 88	Q - 89	Q- 90	Q - 91
Enviados	-	2	6	8
Presentados	-	-	1	1

en el XXIII, en cuatro sesiones en jornada de mañana y tarde, se han tratado otras tantas cuestiones, con la siguiente temática cada una de ellas:

- Cuestión nº 88: Presas e hidroelectricidad
- Cuestión nº 89: Gestión de la sedimentación en embalses nuevos o existentes
- Cuestión nº 90: Mejora de las presas existentes
- Cuestión nº 91: Gestión de la seguridad de presas

El desarrollo de todas ellas, los informes generales de cada una, los artículos que se pueden encontrar en los proceedings, los escritos por los autores españoles, así como cuales de ellos fueron presentados en las sesiones a los asistentes a cada una de ellas, se describen con un alto grado de detalle en cuatro de los artículos que se incluyen en esta misma revista.

Al XXIII Congreso Internacional han asistido 1.344 delegados 67 de ellos españoles. Fueron enviadas 191 artículos y comunicaciones, que se corresponden con un total de 32 países. Cabe destacar que ese número es algo más reducido que el registrado en el último Congreso Internacional, celebrado en Barcelona en

el año 2006, al que se enviaron más de 250 artículos y comunicaciones desde 42 países.

En lo que se refiere a los artículos enviado por los autores españoles, en total 16, quedaron distribuidos por cuestiones de la siguiente forma (Tabla 2).

Como se aprecia en la tabla, desafortunadamente a la cuestión 88 no se envió por parte de España ningún artículo o comunicación, como tampoco se presentó alguno en la 89. Con relación a la 91, dedicada a temas de seguridad, uno de cuyos subtemas se refería a la planificación de emergencias, relacionados con este subtema, y a pesar de que la mayor parte de los gestores/reguladores de la seguridad reconocen que los Planes de Emergencia son, posiblemente, el mejor elemento para minimizar las consecuencias ocasionadas por una hipotética rotura o funcionamiento incorrecto de una presa o de sus estructuras auxiliares, el número de artículos presentados fue muy reducido.

La presentación efectuada en el marco de la Cuestión 90, realizada por D. Alberto Gonzalo, de la empresa HHC, trató de nuevos métodos de mantenimiento de sistemas de drenaje utilizando sistemas de alta presión (Jet cleaning), en la sesión dedicada a la Cuestión 91 que presidida por José Polimón, presentó el Dr. Ignacio Escuder Bueno, de la Universidad Politécnica de Valencia, y en este momento uno de nuestros mayores expertos a nivel internacional en esa materia, la aplicación de metodologías de gestión de la seguridad basadas en la declaración de riesgos en algunas presas de Confederación Hidrográfica del Duero. ♦

Referencias:

- Soriano, A. (2008). "El Club Europeo de ICOLD", Revista de Obras Públicas. Noviembre.
- ICOLD 2009. Transactions del XXIII Congreso Internacional de Grandes Presas. Brasilia.



Máster Universitario Internacional en Explotación y Seguridad de Presas y Balsas

International Master Course on Dam and Reservoir Operation and Safety

Revista de Obras Públicas
nº 3.509, Año 157
Abril 2010
ISSN: 0034-8619

José Polimón López. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Presidente del Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD). presidente@spancold.es

Fernando Girón Caro. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Presidente del Comité Técnico de Explotación, Mantenimiento y Rehabilitación de Presas (SPANCOLD)
fgironcaro@telefonica.net

Resumen: Se describen los objetivos y características del nuevo Curso Máster Universitario Internacional en Explotación y Seguridad de Presas y Balsas, cuya primera edición va a comenzar el próximo mes de Septiembre de 2010. Este Máster se estructura en nueve Módulos y hay previstas tres modalidades de realización que dan acceso al Título de Máster o a Diplomas de especialista en las actividades cursadas.

Palabras Clave: Máster; Explotación; Seguridad; Presas; Balsas; SPANCOLD; UPM

Abstract: The paper describes the objectives and characteristics of the new International Master's Degree in Operation and Safety of Dams and Small Dams. First edition is going to start next September 2010. This Master's Degree is structured in 9 areas and it is foreseen three different modalities, which permit the access to master or specialist certificate depending on the subjects chosen.

Keywords: Master; Operation; Safety; Dams; Small Dams; SPANCOLD; UPM

Introducción

El Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD), consciente de la importancia y de la influencia que tienen las Presas y las Balsas en el contexto de la economía nacional y muy especialmente en todo lo relacionado con la Gestión Sostenible del Agua, así como de la necesidad de una explotación segura de estas instalaciones, organiza un Máster Universitario Internacional en Explotación y Seguridad de Presas y Balsas, en colaboración con el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, la Fundación Caminos y la Fundación Agustín de Betancourt de la Escuela de Caminos de la Universidad Politécnica de Madrid.

El descenso reciente en la actividad construcción de estas infraestructuras, cuyas fases de proyecto, construcción y puesta en explotación, fueron en otros años las canteras de formación de muchos profesionales, ha propiciado en la actualidad una escasez de ingenieros con alta cualificación y experiencia en el ámbito de las Presas y las Balsas. Este problema de falta de realimentación técnica se produce actualmen-

te también en otros países, como ha puesto de manifiesto la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD), en el Informe de la Cuestión "Q-90 Mejora de las presas existentes" presentado en el Congreso Internacional celebrado en Brasilia el pasado mes de Mayo de 2009.

Por ello, el Máster responde a esa necesidad de formación de personal especializado en las actividades de Explotación y Seguridad de Presas y Balsas, tanto para España con 1.300 presas y más de 100.000 balsas, como para otros países, por lo que se plantea como Curso Internacional.

Con este objetivo y para promover una participación multidisciplinar e internacional en las clases y conferencias impartidas y en la composición del alumnado, se cuenta con la colaboración de las Instituciones y de las Asociaciones Profesionales o Empresariales relacionadas con el sector del Agua, con la gestión sostenible de los recursos hidráulicos y con la explotación y la seguridad de Presas y Balsas, así como con las Instituciones y Asociaciones que promueven la investigación, la innovación, la transferencia in-

ternacional de tecnología y aquellas cuyo fin está relacionado con el objeto de este Curso.

Está prevista y en tramitación la homologación de este curso como Máster Propio de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), que se producirá antes del inicio de la primera edición.

Objetivos y aspecto formativo

El objetivo del Curso Máster es proporcionar, a titulados y a profesionales con o sin experiencia, una formación que les permita desarrollar una gestión y explotación segura, funcional y adaptada al medio ambiente de Presas y Balsas, en cumplimiento de la legislación vigente.

Como ya se ha dicho y dado el alto nivel tecnológico español en estos temas, es objeto del Curso Máster contar con una amplia difusión internacional que facilite la incorporación de alumnos de otros países y la aplicación de la tecnología española.

El Máster suministrará los conocimientos necesarios para el seguimiento de la seguridad de la explotación y del mantenimiento de estas estructuras, así como de sus elementos y de los factores que inciden sobre ellos.

Este Curso tiene una duración de 600 horas lectivas (60 ECTS) y cuenta con una importante base práctica con exposición de casos reales, a cargo de expertos de reconocido prestigio, acaecidos durante la explotación de las Presas y de las Balsas.

El Máster, cuyo comienzo se realizará el próximo mes de Septiembre de 2010, pretende llenar el vacío de formación existente, aprovechando la experiencia teórica y práctica de los profesores y de los conferenciantes invitados, que son expertos y especialistas que desarrollan su profesión en el sector de la gestión sostenible de presas y balsas.

Las enseñanzas del Máster, están dirigidas a titulados universitarios y también a profesionales con competencias actuales o previstas en la explotación de presas y balsas, que cumplan los requisitos establecidos por la Comisión Docente del Máster.





Contenido

El contenido teórico del curso se centra en transmitir el conocimiento de la actual legislación, directamente relacionada con la explotación de Presas y Balsas y su seguridad. Así mismo, el contenido del curso profundiza en el conocimiento del terreno en general y de la cimentación en particular a través de la geología aplicada y de la geotecnia, así como un análisis de los materiales de construcción y su comportamiento a lo largo del tiempo.

Se estudian las características de las Presas, como estructura compleja, centrándose específicamente en lo que es fundamental y debe conocerse para la operación y para la detección de indicios de posibles problemas para la explotación y la seguridad de estos elementos. Se estudian casos prácticos

en relación con la auscultación y la reparación de presas de distintas tipologías.

Especial atención se pone en la descripción, operación, reparación y mantenimiento de los órganos de desagüe, y de las instalaciones hidromecánicas en general, analizando su influencia en el comportamiento general de las instalaciones. En este sentido, para las Presas el curso incide en el conocimiento de la cuenca vertiente, su comportamiento hidrológico, el embalse y su entorno, el cauce aguas arriba y aguas abajo y sus afecciones ambientales.

Se contempla la rehabilitación y el recrecimiento así como la puesta fuera de servicio tanto de Presas como de Balsas. Así mismo, se exponen los criterios para un correcto seguimiento de la explotación y el mantenimiento, mediante los medios de auscultación y sistemas de seguimiento más fiables e innovadores.





Estructura del curso

El curso, con una importante base práctica y con exposición de casos reales, está estructurado en ocho módulos teórico-prácticos y un módulo de realización de tesina, a través de los cuales se pretende dar una visión conjunta, tanto de la problemática de la gestión, como especialmente de los criterios para una explotación segura y eficaz. Se trata de dar una formación completa, en la que se equilibran los aspectos teóricos de carácter general, los aspectos de carácter tecnológico y los prácticos.

Para ello, se expondrá la amplia legislación aparecida en los últimos 15 años relacionada con el ámbito de las presas y las balsas (Módulo 1. Legislación), así como las implicaciones del entorno de la presa o balsa (Módulo 2. Hidrología y Módulo 3. Geología y Geotecnia).

El conocimiento necesario, a efectos de explotación y seguridad, del funcionamiento de las Presas como estructuras complejas se incluye en el Módulo 4.

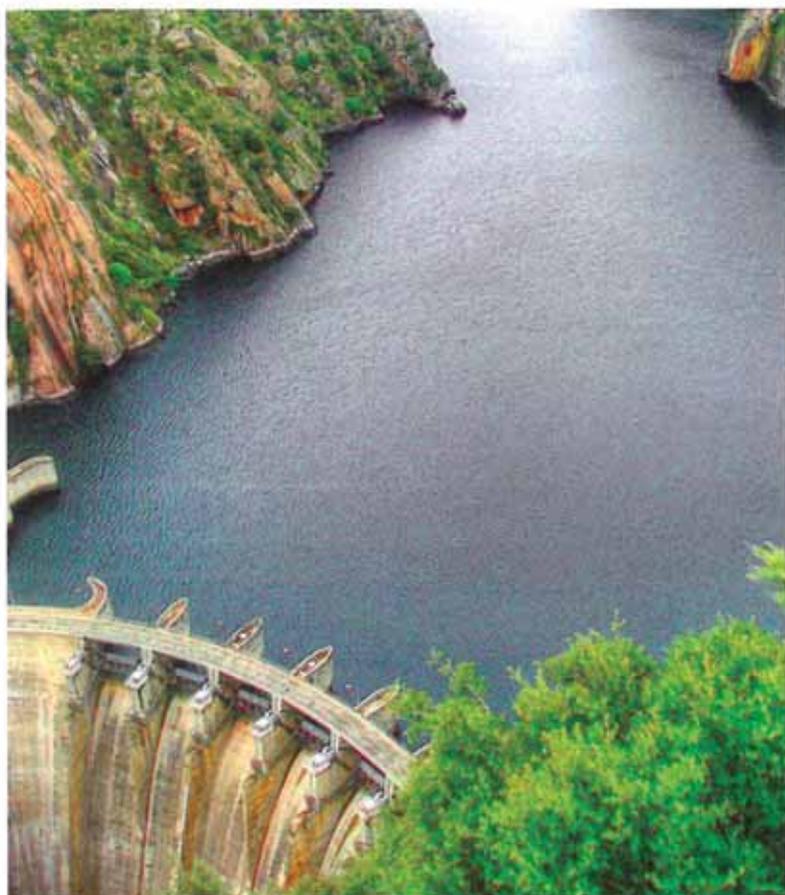
Para las Balsas, dadas sus características especiales y las necesidades de formación de personal especializado en la explotación y seguridad de estos elementos, se ha preparado el Módulo 5.

Los aliviaderos y los órganos de desagüe constituyen el objeto del Módulo 6, en tanto que el desarrollo amplio de los criterios de buena práctica en la gestión, la explotación y el mantenimiento se dan en el Módulo 7.

El Módulo 8 está dedicado específicamente a los aspectos de Seguridad, donde se recogen los criterios y normas actuales de obligado cumplimiento, así como los procedimientos y controles reglados, que ayudan a garantizar la seguridad y el buen estado de las Presas y las Balsas.

El Módulo 9, de realización de una Tesina con prácticas en campo, permite desarrollar un trabajo seleccionado conjuntamente por el alumno y el tutor designado y completar su formación con el conocimiento de un amplio abanico de actuaciones realizadas en presas y balsas españolas, tanto para





garantizar su seguridad como para mejorar la explotación y su funcionalidad.

Modalidades de realización:

Máster completo o módulos

Se han previsto tres modalidades de realización de este Máster:

- Realizar los nueve Módulos en un solo curso lectivo. Se obtiene el Título de Máster en Explotación y Seguridad de Presas y Balsas.
- Hacer el Máster completo en dos cursos, realizando varios Módulos en cada uno de ellos. Se obtiene un Diploma acreditativo de cada Módulo realizado en el primer año y el Título de Máster cuando se han completado los nueve módulos.
- Realizar uno o varios Módulos independientes para conseguir la especialización necesaria, obteniendo el Diploma acreditativo de Especialista en

las actividades cursadas. Esta modalidad está prevista para formación de personal de explotación sin titulación universitaria, dotándoles tanto de los conocimientos necesarios como de la acreditación que le permitirá acceder al mercado de trabajo de este sector.

Sede y calendario del Máster

Las clases teóricas se impartirán en el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en Madrid.

Las clases prácticas se desarrollarán en emplazamientos de presas o balsas y en centros de investigación o laboratorios de ensayos hidráulicos o mecánicos.

La Tesina se hará en el lugar de residencia del alumno realizando las visitas necesarias al sitio asignado por los tutores para el desarrollo de la misma.

El planteamiento del Máster está hecho para que se pueda realizar simultáneamente con el desempeño de un puesto de trabajo en organismos o empresas, por lo que los días de asistencia al lugar donde se imparten las clases son jueves y viernes en horario de mañana y tarde.

La duración del Máster es de 9 meses, desde mediados de Septiembre hasta Junio del año siguiente. Desde Septiembre hasta Marzo se extienden las clases teóricas y prácticas. La Tesina se realiza en los meses de Abril, Mayo y Junio, durante los que el alumno compatibiliza su desarrollo en tiempo y lugar de realización con su trabajo habitual. La presentación y defensa de la Tesina se hace en el mes de Junio.

A finales de Junio se celebrará el acto de entrega de títulos y diplomas a los alumnos que hayan superado las pruebas correspondientes.

Comisión docente

La Comisión Docente del Curso Máster está compuesta por los Directores del Curso y de los Módulos, y por representantes de las entidades organizadoras del Máster, y tiene las siguientes funciones:

- Configurar el contenido académico del Curso, de acuerdo con las directrices y objetivos establecidos
- Velar por la calidad académica del Curso
- Controlar el trabajo desarrollado



DIRECCIÓN DEL MÁSTER Y DIRECTORES DE MÓDULO

Los Directores del Máster y los Directores de Módulo se indican en este cuadro, en el que también se indica la duración de las clases teóricas y prácticas de los distintos Módulos.

Dirección del Máster	Alfredo Granados Granados, UPM Fernando Girón Caro, SPANCOLD		
Módulo	Directores de Módulo	Teoría	Prácticas
Legislación	Jesús Yagüe Córdova, MAMRM	34	6
Hidrología	Luis Garrote de Marcos, UPM	34	8
Geología y Geotecnia	Antonio Soriano Peña, UPM	37	12
Presa como estructura	Jesús Granell Vicent, JGIC, M ^a Gabriela Mañueco Pfeiffer, ACUAMED.	71	30
Balsas	José M ^a González Ortega, ATEBA Francisco Javier Sánchez Cabezas, PYCSA/ ATEBA	45	12
Aliviaderos y desagües	Juan Manuel Bull Sanz, UPC/ENDESA	34	16
Explotación y mantenimiento	Arturo Gil García, IBERDROLA	64	31
Gestión de la Seguridad	Juan Carlos de Cea Azañedo, MAMRM	24	12
Tesina	José Enrique Bofill de la Cierva, SPANCOLD José Polimón López, SPANCOLD	130	
Totales		473	127
Total horas lectivas	600		

- Velar por el equilibrio y coordinación de los distintos Módulos
- La selección y evaluación del profesorado
- La evaluación de los alumnos preinscritos para comprobar que cumplen los requisitos establecidos
- Adjudicar las becas dotadas por las entidades organizadoras
- La revisión y aprobación de los resultados obtenidos por los alumnos en cada Módulo y al final del curso

Becas

El Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos otorga 2 becas y SPANCOLD otorga 3, por lo que existen 5 Becas que se asignarán a aquellos soli-

citantes que, a juicio de la Comisión Docente, tengan las condiciones profesionales y personales idóneas.

La solicitud de beca se hará en el momento de la preinscripción a través de la página web del Máster.

Información e inscripciones

La información sobre este Curso Máster Universitario Internacional en Explotación y Seguridad de Presas y Balsas está en la web www.spancold.es/master

La dirección de correo electrónico es master@spancold.es

Las preinscripciones para cursar el Máster completo o alguno de los Módulos se harán a través de la página indicada. ♦



Manuel Alonso Franco, maestro de presas

Manuel Alonso Franco, master in dams

Revista de Obras Públicas
nº 3.509. Año 157
Abril 2010
ISSN: 0034-8619

Fernando Sáenz Ridruejo, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
fsaenzr@yahoo.es

Resumen: Se hace una semblanza de la figura de Manuel Alonso Franco como funcionario y profesional de la ingeniería, vinculado durante cerca de medio siglo al mundo de las presas.

Palabras Clave: Alonso Franco; Vigilancia de Presas; CNEGP; Normas de presas; Hormigón Compactado con Rodillo

Abstract: The article offers a biographical sketch of Manuel Alonso Franco, a civil servant and professional engineer associated with the world of dams for almost half a century.

Keywords: Alonso Franco; Dam monitoring; SPANCOLD; Dam regulations; Roller-Compacted Concrete

1. Introducción

El geógrafo Jaime González, en un libro publicado recientemente, se ha referido a José Luis Fernández Casado y Manuel Alonso Franco como "maestros de presas"⁽¹⁾. Creemos que este es un calificativo adecuado para encabezar una semblanza de Alonso Franco. Su actividad se desarrolló en los ámbitos, estrechamente relacionados, del Servicio de Vigilancia de Presas, el Comité Nacional Español de Grandes Presas y la Comisión de Normas de Presas. Al final de su vida ejerció como asesor de FCC en las materias de esta especialidad.

Manuel Alonso Franco nació en Palencia el 25 de diciembre de 1927 y falleció en Madrid el 18 de enero de 2010. Su padre, Eugenio Alonso Sigler (1868-1932) procedía de Castillo Pedroso, pueblo de Cantabria al que siguió arraigada después su familia. Eugenio acabó la carrera de Ingeniero de Caminos en 1898 y, tras su ingreso en el Estado, fue destinado a la jefatura de Obras Públicas de Palencia. Allí se casó y nacieron sus hijas y sus dos hijos mayores, Eugenio y Manuel. En 1929, al ascender a ingeniero jefe fue destinado a la

vecina provincia de Zamora, donde nació el pequeño de sus hijos. En mayo de 1932, cuando viajaba con su mujer en tren a Madrid, sufrió una angina de pecho, falleciendo en Ávila.

La madre marchó con todos los hijos a Palencia, que allí cursaron la segunda enseñanza y pasaron la guerra. Hacia 1944, el mayor de los varones, Eugenio, marchó a Madrid a prepararse para el ingreso en la Escuela de Caminos. Cuando terminó el bachillerato, Manuel quiso seguir el mismo camino por lo que la madre trasladó el hogar familiar a la capital. Los dos hermanos se prepararon en la Academia Navarro-Alicart, que dirigían el matemático e ingeniero Naval Francisco Navarro Borrás y el ingeniero de Caminos Federico Alicart. Eugenio ingresó en la Escuela en 1949 y Manuel lo hizo en 1951. Terminaron los estudios en 1954 y 1956, respectivamente.

Al acabar la carrera, y mientras esperaba para ingresar al servicio del Estado, Manuel entró a trabajar en Coviles, a las órdenes de José Torán. No ha quedado noticia de en qué obra trabajó dentro de esa empresa. Pudo ser en la Base de Rota, que entonces estaba en ejecución, o en la presa de Guadalmena, obra más en consonancia con su posterior dedicación. En cualquier caso, no fue una colaboración muy duradera ni relevante. Su nombre no aparece en la

(1) González González, Jaime J., *La presa de las Cuevas de las Niñas en Majada Alta. Construcción, estabilidad obra y terreno*, 1930-2009. Gran Canaria, 2009.

amplia nómina de ingenieros que Ángel del Campo menciona en el entorno de Torán durante aquellos años⁽²⁾.

Poco después, tal vez a causa de la crisis económica de Coviles, que determinó la salida de Torán de la empresa, pasó a Huarte, constructora con la que trabajó, sucesivamente, en Barcelona y en Avilés. Durante su estancia en esta última ciudad coincidió, por única vez en su vida profesional, con Eugenio, que estaba a la sazón destinado en el cercano puerto de San Esteban de Pravia.

2. Vigilancia de Presas

Vigilancia de Presas fue un organismo atípico dentro de la Administración. Sus integrantes, antes que en meros funcionarios vigilantes, se convirtieron en asesores de las administraciones periféricas y cooperaron eficazmente en la resolución de los problemas. Incluso las empresas, recelosas en un principio respecto a las estipulaciones oficiales, que podrían retrasar o encarecer sus obras, acabaron reconociendo la garantía que representaban los dictámenes de este organismo. Se creó en 1959, a raíz de la rotura de la Presa de Vega de Tera, como una Sección dentro de la Comisaría Central de Aguas. En un principio quedó la jefatura vacante y sus dos negociados fueron ocupados por dos ingenieros procedentes de la Asesoría Geológica y la Jefatura de Sondeos, Fernando Reig Vilaplana y José Luis Fernández Casado. Como ayudante de este se incorporó enseguida Primitivo Bravo, procedente de Moncabril. En 1963 se reorganizó la Sección; por O. M. de 7 de febrero, se nombró jefe a José Núñez Fagoaga. Se establecieron tres negociados, correspondiente a tres distintas zonas, una radicada en Madrid, de la que se encargó Rafael Nieto; otra en Zaragoza, a cargo de Julio Suárez Llanos y la tercera en Sevilla, que ocupó Alonso Franco. En 1964 se creó una cuarta zona, con sede en Valladolid, de la que se encargó Guillermo Gómez Laá. Suárez Llanos pasó pronto a otra dependencia y su puesto lo ocupó José Luis Adalid.

Cuando pasó Núñez Fagoaga a dirigir las obras del Tajo-Segura, su puesto al frente de Vigilancia de Presas lo ocupó José Luis Fernández Casado, que sería durante dos décadas, el alma del organismo. En

los años siguientes, la Sección se convirtió en Servicio, primero, y en Área después, con un intervalo de tiempo en que se denominó 'División'. Junto a los cuatro ingenieros citados colaboraron algunos ingenieros técnicos entre los que, además de Primitivo Bravo, señalaremos a José Briones que ejerció de secretario del Servicio, José Luis Gómez, residente en Sevilla, y José Luis Romero.

La labor de Vigilancia fue muy intensa en la redacción de informes y recopilación de información, que quedaría luego integrada en los Documentos llamados XYZT, que plasmaban la situación espacial y temporal de cada presa. El organismo se ocupó de actualizar los inventarios de presas y de difundir unas 'Notas de colaboración' en que se daba cuenta del estado del arte en distintos aspectos de la técnica de presas. Tras la muerte de Fernández Casado, en 1979 la jefatura fue desempeñada por Luis Torrent, quien, en 1985, pasaría a otra Área para propiciar el ascenso de Alonso Franco. Este permaneció al frente de Vigilancia de Presas hasta su jubilación, a finales de 1992. En atención a todos sus servicios, ese mismo año el Colegio de Ingenieros de Caminos le había concedido la medalla al Mérito Profesional.

En un principio su actividad se circunscribió a la zona que le estaba asignada y que abarcaba Andalucía y las islas Canarias. Después, como jefe del Área, extendió su campo de actuación a toda España. Entre las muchas presas en que ha quedado memoria de su cooperación, citaremos las de Quéntar y Canales, en la zona granadina de la cuenca del Guadalquivir⁽³⁾; Tous, en la del Júcar, o algunas del plan de lucha contra las inundaciones del Segura, como la del Judío. Especial importancia tuvo su labor en Canarias donde un grupo numeroso de presas, construidas de modo artesanal, había proliferado al margen de la normativa. A raíz de los informes de 1964, en que Alonso Franco revisó sus condiciones de seguridad, todas esas presas entraron en un camino de racionalidad.

3. En el Comité Nacional Español de Grandes Presas

Fernández Casado entró en el Comité de Grandes Presas en 1972. A propuesta suya lo hizo Gómez Laá en 1975. Alonso Franco no ingresó hasta 1987. El

(2) Campo y Francés, Ángel. *José Torán, un ingeniero insólito*. Madrid, Colegio de ICCP, 1992.

(3) Bravo Guillén, Guillermo. *Tres presas andaluzas*. Granada, s.f. (2008)





Fotografía cedida por Víctor E. Flórez, FCC.

Acta de la reunión de 7 de julio de ese año lo recoge así: "Para cubrir las dos vacantes del grupo del MOPU fueron elegidos por unanimidad de los 13 vocales presentes D. Guillermo Bravo Guillén y D. Manuel Alonso Franco".

Antes de esa fecha, no obstante, ya había colaborado activamente con el Comité. Asistió y presentó comunicaciones a los Congresos Internacionales de Grandes Presas celebrados en Estambul (1967), Montreal (1970), México (1976) y Río de Janeiro (1982). Lo hizo casi siempre con Fernández Casado, Gómez Laá, Romero u otros miembros del equipo de Vigilancia de Presas. Colaboró, asimismo, en los números extraordinarios de la *ROP* preparados por el Comité, con motivo de los distintos Congresos. Por ejemplo, en 1977, hizo, con Gómez Laá, una síntesis de "Las Grandes Presas en los recientes Congresos".

En 1976, en el libro del Comité Español, *Experiencias españolas en grandes presas*, se incluyó un capítulo, "El comportamiento de las presas", hecho conjuntamente con los miembros de Vigilancia de Presas y varios colaboradores externos. También participó en Grupos de Trabajo del Comité, como el de Auscultación, formado en abril de 1983, junto con Pérez Saiz, Cajete, Gaztañaga e Yges.

Esta colaboración se intensificó tras su entrada en el Comité y además de presentar una comunicación al Congreso de San Francisco (1988), en 1992 preparó con José Polimón el Informe de Síntesis del Comité Español, correspondiente al trienio 1988-1990. Era un documento de cerca de cien páginas en que, con la colaboración de José Briones y Gabriela Mañueco, se pasaba revista a las 64 presas construidas en el periodo.

También participó, con distintas comunicaciones y ponencias, en las Jornadas de Presas que, a partir de 1988, se han convertido en los auténticos congresos nacionales sobre la materia. Sin ánimo de exhaustividad, señalaremos las IV Jornadas (Murcia 1993) a las que presentó, con Jesús Yagüe, "Tendencias en el tratamiento de cimientos de presas de materiales sueltos en España"; las VI Jornadas (Málaga 1999) en las que, con el mismo coautor, presentó "Control de filtraciones en cimientos erosionables de presas de materiales sueltos" o las VII Jornadas (Zaragoza 2002), en que su comunicación, titulada "Análisis de las ventajas de las CFRD", tuvo a Jesús García Villar, Liana Ardiles y Luis Quintas como coautores.

Su asistencia a las reuniones plenarios del Comité fue asidua y, a pesar de su discreción, las Actas recogen algunas intervenciones a propósito de los temas que más le interesaron. En la reunión de enero de 1994 dio cuenta de haber organizado, con el IECA, las Jornadas de Verín y Merida sobre Hormigón Compactado con Rodillo y a, propuesta suya, España se ofreció para organizar, en 1995, un Simposio Internacional Mediterráneo sobre esta materia.

Tal vez su última colaboración en las tareas del Comité sean los capítulos del libro *Dams in Spain*, preparado para el Congreso de Barcelona de 2006, cuya versión española, *Las Presas en España*, apareció en 2008. En esta obra redactó, con Jesús Yagüe y Juan Carlos de Cea, el capítulo de "Legislación y normativa de seguridad de presas en España" y, con Antonio Soriano el relativo a "Guías técnicas de seguridad de presas".



4. Hombre de equipo

No intentaremos hacer un listado de la amplia producción escrita de Manuel Alonso Franco, desarrollada casi siempre a propósito de reuniones técnicas de diverso alcance. Si insistiremos, como ya ha quedado patente en las líneas anteriores, en su condición de "hombre de equipo", que le hizo trabajar a medias con toda clase de ingenieros funcionarios, consultores o contratistas. Las materias que más le interesaron fueron, en un primer momento, las cimentaciones, su inyección y su drenaje; ejemplos de esta inquietud son trabajos tales como "Joints sealing and Impermeability on concrete dams" o "Fondation de quelques barrages espagnols sur formations érodables et perméables", presentados ambos con Gómez Laá, en los Congresos de 1967 y 1970, respectivamente.

Más tarde, se interesó por el proyecto y la construcción de las presas de HCR, sobre lo que escribió, por ejemplo "Las presas de HCR en España. Presente y futuro", con Carlos Jofre Ibáñez, para el Simposio Internacional de Presas de Hormigón Compactado, organizado por el Comité en Madrid en 2003. Siempre le preocupó la normativa de seguridad; sobre este asunto citaremos "Estado actual de la Legislación Española", presentado en el Simposio Internacional sobre seguridad de presas y embalses (Barcelona, 1988) y "Normativas sobre seguridad de presas", trabajo de

2001, firmado con Gaspar Zaragoza, en que aparece ya como presidente de la Comisión de Normas para Grandes Presas.

Pero también hubo otras materias objeto de su interés y otros colaboradores con los que eventualmente trabajó y publicó. Entre los muchos que podrían citarse, mencionaremos "Tensiones que aparecen en un medio poroso debidas a la presión intersticial de un fluido que circula por sus huecos", publicado en la ROP, en 1973, como comentario a otro de José Luis Fernández Casado. De ese mismo año es el documento de Vigilancia de Presas "Comentario sobre las presa de materiales sueltos con pantalla en España" hecho con Adalid y Nieto Cufí. De 1982 data "La presa de El Siberio", acerca de la auscultación de esa estructura, con Rafael Fernández Ordóñez, y la cooperación de Luis Maroto y Antonio Soriano. En 1995 preparó, en colaboración con Miguel Ángel Pérez y Rafael Remesal "Presa de Guadalquivir de materiales sueltos", editada por FCC. En 2003 sobre "Reparación de los desagües de fondo de la presa de Sau (Barcelona)", con Miguel Ángel Lobato.

Finalmente, hubo bastantes cursos organizados por el Cedex o por alguna de las Escuelas de Caminos en que se requirió su presencia. En 1993 se le encomendó la conferencia especial del Simposio sobre Geotecnia de Presas de Zaragoza, que versó sobre "Casos patológicos de presas españolas". Fue, en definitiva, un verdadero maestro. ♦



VII Premio Internacional José Torán

VII Jose Toran Awards International

Revista de Obras Públicas
nº 3.509. Año 157
Abril 2010
ISSN: 0034-8619

Nuria Segura Notario. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Secretario Técnico del Comité Español de Grandes Presas.
Aguas de las Cuencas Mediterráneas, ACUAMED. nsegura@acuamed.es

Resumen: El artículo describe la creación del premio José Torán, la historia de sus siete ediciones y los premiados en la última convocatoria.

Palabras Clave: José Torán; Premio; Presa; Seguridad; Política hidráulica

Abstract: The article describes the creation of the José Torán Awards, a review of its seven editions and the winners in the last summon.

Keywords: José Torán; Awards; Dam, Safety; Hydraulics policies

1. La creación del Premio Internacional José Torán

José Torán es un referente en la historia hidráulica de este país, y destaca no solo su importante labor profesional en el mundo de las grandes presas, donde consiguió reincorporar a España en el Comité Internacional de Grandes Presas y llegar a ser presidente de dicho organismo, sino también por su arrolladora personalidad y vitalidad de la que hacía gala en todos los proyectos que acometió a lo largo de su vida. Fue constructor y consultor de grandes presas y obras hidráulicas, maestro de una generación de ingenieros hidráulicos y mecenas de un importante número de escritores y artistas.

En 1992, en el décimo aniversario del fallecimiento de José Torán, el Comité Nacional Español de Grandes Presas acometió diversas iniciativas para rememorar el evento; colocar una placa conmemorativa en la presa José Torán, traducir su manifiesto "El Mirador", etc. Entre ellas se encontraba la creación de unos premios, periodístico y técnico, con su nombre.

Desde la institución del Premio José Torán se han celebrado siete convocatorias. La primera se realiza en 1993 siendo un éxito el premio técnico, para el que se reciben numerosos trabajos, no ocurriendo igual con el periodístico, que al no tener el



Fig. 1. José Torán.

resultado ni el apoyo esperado, ya en la siguiente edición no se convoca.

2. Las convocatorias del Premio

En esta primera convocatoria el jurado compuesto por José Luis Guitard, Alfonso Álvarez, Luis Berga y Felipe Mendaña premia el trabajo "Comportamiento sísmico de presas bóveda. Influencia de algunos parámetros geométricos" presentado por Juan Carlos Mosquera Feijóo y Avelino Samartín Quiroga y se otorga el accésit a José M^o Marín Morcillo, por su trabajo "La regulación de los ríos y el desarrollo sostenible o siete historias peregrinas y una propuesta de cirugía geográfica".

La segunda convocatoria de 1994 premia el trabajo "Aireación de las estructuras hidráulicas de las presas: aliviaderos y desagües profundos" de Ramón María Gutiérrez Serret y Alfonso Palma Villalón. El accésit se entrega a Eduardo Alonso, Ignacio Carol, Antonio Gens y Pere Prat por el trabajo "Metodología para el análisis de la seguridad de las presas y su macizo de cimentación".

La tercera convocatoria, celebrada en 1996 queda desierta, tal y como se recoge en el acta del Pleno del Comité n^o 126 del 21 de enero de 1997.

En 1998 se celebra la cuarta convocatoria siendo premiado Miguel Ángel Toledo Municio por el trabajo "Diseño de presas de escollera resistentes al sobrevertido". El accésit se otorga al "Estudio de fenómenos expansivos en presas de hormigón. De la micro a la macro estructura" redactado por Antonio Aguado, Lluís Agulló, Ignasi Casanova, Carlos M^o López.

Tanto los trabajos premiados, como los accésit, de la primera, segunda y cuarta convocatoria han sido publicados por el Comité Nacional Español de Grandes Presas, y se encuentran disponibles a través del apartado de Publicaciones\Otras publicaciones de su página Web (www.spancold.es).

Hasta 2001 no se vuelve a convocar el premio, y en esta quinta convocatoria únicamente se premia el trabajo "Comportamiento sísmico de presas bóveda. Influencia de algunos parámetros geométricos" de Antonio Aguado, Lluís Agulló, Jordi Vilardell y Ravindra Gettu, quedando desierto el accésit.

La sexta convocatoria se realiza en 2005 y se entregan los premios durante el Congreso Internacional de Grandes Presas celebrado en Barcelona en junio de 2006, siendo el ganador Juan Carlos Castillo Barranco por el estudio "Las presas romanas en España", y otorgándose el accésit a Francisco Javier Sánchez Caro por su trabajo sobre "Aproximación histórica y estadística a los incidentes en presas".

3. Premiados en la última convocatoria

La séptima convocatoria del premio internacional José Torán se realizó conmemorando el 75^o aniversario del Comité Nacional Español de Grandes Presas y coincidiendo con la celebración de las VII Jornadas Españolas de Presas, celebradas en Córdoba en Noviembre de 2008.

Al igual que en anteriores ocasiones se convoca el premio para "...trabajos científicos y técnicos originales, inéditos y no premiados relacionados con las Presas, tanto en lo que se refiere a su propia estructura como a su gestión y la de sus embalses para lograr el desarrollo y la mejora equilibrada de los recursos hidráulicos."

El jurado del premio, ha estado compuesto por Eugenio Vallarino y Cánovas del Castillo en calidad de presidente, José Antonio Baztán de Granda, Cristóbal Mateos, Fernando Sáenz y Nuria Segura. Tras reunirse para deliberar en septiembre de 2009, destaca la excelente calidad técnica de todos los trabajos recibidos y decide por unanimidad otorgar el Premio José Torán al trabajo "Desarrollo de un protocolo para la evaluación de la seguridad de presas en Venezuela: Aplicación al embalse Tres Ríos "El Diluvio", del que es autor el ingeniero venezolano José Daniel Rosales Maniglia.

El fallo del jurado indica "... ha estimado favorablemente la sistemática evaluación de los factores que intervienen en la seguridad de las presas, la rigurosa ordenación de las medidas de vigilancia e inspección necesarias y su aplicación práctica a un caso concreto. El trabajo, que en buena parte se basa en la experiencia de la técnica española de presas, no sólo ha ser de gran utilidad para la implementación de la seguridad de las presas venezolanas, sino que puede ser examinado con provecho en cualquier otro país, como índice metódi-



co de las actuaciones en materia de inspección de presas."

El trabajo describe la situación de los recursos hídricos de Venezuela, país en el que con un parque de aproximadamente 100 grandes presas se abastece al 90 % de la población, a los principales regadíos y se genera más del 90 % de la energía eléctrica que consume el país.

Venezuela no dispone de un marco legislativo o técnico que sirva de referencia para la gestión de la seguridad de las presas, realizándose generalmente la explotación de las infraestructuras con criterios de administración del recurso y no con criterios de seguridad.

El autor desarrolla un protocolo de análisis de la seguridad para las presas de Venezuela, con intención de crear un proceso de debate entre diferentes sectores de la sociedad con el objetivo de lograr una gestión más eficiente y segura de los embalses. El protocolo presentado se basa en la revisión clásica de la seguridad, tal y como se efectúa normalmente en el marco de la legislación española, añadiendo un análisis complementario cualitativo de Modos de Fallo.

Se completa el trabajo con la aplicación del protocolo a un caso concreto, el embalse Tres Ríos ubicado en el Río Palmar (Venezuela), obteniéndose una de las primeras evaluaciones completas de seguridad realizadas a una presa de este país, suponiendo un aporte importante en materia de gestión y seguridad de embalses.

Como conclusiones, el autor destaca la utilidad práctica de esta metodología y pone de manifiesto una serie de necesidades que deben irse solventando para alcanzar un estado del conocimiento y de la técnica en el país acorde con los estándares internacionales en gestión de la seguridad de las presas y embalses.

También se acuerda por el Jurado otorgar un acésit al trabajo titulado "Reflexiones sobre el agua en el siglo XXI" y que lleva como subtítulo "José Torán, un ingeniero insólito; José Torán, un ingeniero hidráulico", del que es autor Mariano Palancar Penella. En su fallo el jurado manifiesta que "a pesar de que el trabajo se aparta del carácter científico que tradicionalmente han tenido los presentados a los Premios José Torán, ha considerado muy oportunas las reflexiones del autor en unos momentos en que, por una parte, se están poniendo en marcha



Fig. 2. Presa de los Tres Ríos.

las actuaciones previstas por la Directiva Marco del Agua europea y, por otra, se están desarrollando, en sus aspectos hidráulicos, las nuevas disposiciones de algunos Estatutos de Autonomía."

Este artículo, tal y como cita su autor "está concebido desde la admiración a Jose Torán, Ingeniero hidráulico eminente, y desde la preocupación por la actual deriva de la Política Hidráulica de nuestro país".

El trabajo comienza con un breve recuerdo del personaje histórico que fue Jose Torán, en el que se citan ideas suyas sobre el agua. Entre ellas se destaca la importancia de nuestro patrimonio hidráulico, que José Torán se esforzó en transmitir, consiguiendo que en el año 1964 por su iniciativa, el Gobierno Español invitara al Bureau of Reclamation a realizar un amplio recorrido por España para conocer las principales obras hidráulicas. En esta línea Torán edita en 1970 el libro *The Heritage of Spanish Dams*, en inglés, cuyo autor era el Dr. Norman A.F. Smith del Imperial College de Londres.

Por todo ello, el artículo incluye la información básica de los grandes embalses españoles, con especial atención a la información relativa a la capacidad y superficie de embalse, agrupados por cuencas, y fotografías seleccionadas por su belleza.

Finalmente el autor aborda otro tema que considera fundamental junto con la divulgación del Patrimonio Hidráulico, que es la Gestión del Agua en el siglo XXI. Tras recordar algunas ideas de Torán se pasa revista a las Conclusiones del Libro Blanco del Agua y realiza unas reflexiones acerca de la denominada Nueva Cultura del Agua y de la Normativa



Europea vigente en materia de agua, la Directiva Marco del Agua.

Como colofón el autor formula unas conclusiones, que destaca como cruciales en la gestión del agua en el siglo XXI:

- *Características del recurso Agua.*
- *Necesidad de un pacto de Estado sobre Política Hidráulica.*
- *Mejora de la organización de la Administración Hidráulica.*
- *Valorar nuestro Patrimonio Hidráulico.*
- *Reducir el volumen de agua dedicado a la Agricultura.*

- *Afrontar con decisión el problema del Abastecimiento Urbano por no estar justificado que sufra problemas un uso prioritario que solo requiere el 14% del agua disponible.*
- *Considerar la posibilidad de una gestión de los embalses hidroeléctricos diferente.*

Por último cabe destacar, que tal y como se indica en las bases de la séptima convocatoria, el Comité Nacional Español de Grandes Presas va a celebrar una presentación de los trabajos premiados durante las IX Jornadas Españolas de Presas, que tendrán lugar en Valladolid entre los días 15 y 17 de Junio de 2010. ♦

Referencias:

- 1. Actas de las reuniones plenarias del Comité Nacional Español de Grandes Presas
- 2. *Desarrollo de un protocolo para la evaluación de la seguridad de presas en Venezuela: Aplicación al embalse Tres Ríos "El Diluvio"*; José Daniel Rosales Maniglia
- 3. *Reflexiones sobre el agua en el siglo XXI (José Torán, un ingeniero insólito; José Torán, un ingeniero hidráulico)*; Mariano Palancar Penella
- 4. *Los premios José Torán*, Alfredo Granados, ROP 3,496
5. *Hizo historia: José Torán*, M^o del Mar Merino, Revista Ambiente.



Manual para el proyecto, construcción, explotación, diseño y mantenimiento de balsas

Handbook for the design, construction, operation and maintenance of small dams

Revista de Obras Públicas
nº 3.509. Año 157
Abril 2010
ISSN: 0034-8619

Jesús Yagüe Córdoba. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Subdirector General de Gestión Integrada del Dominio Público Hidráulico. Dirección General del Agua.
MAMRM. jyagüe@mma.es

Juan Carlos de Cea Azañedo. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Dirección General del Agua. jcdecea@mma.es

Resumen: El artículo describe el trabajo llevado a cabo para la elaboración de un Manual para balsas en el que se contempla, la forma de elaborar su proyecto, desde los puntos de vista geotécnico, hidráulico y sistema de impermeabilización, cómo llevar a cabo su construcción, de qué forma acometer su explotación, prestando una especial atención a su seguimiento continuo a través de inspecciones periódicas, y de qué forma mantenerlas.

Palabras Clave: Balsas; Seguridad; Geotecnia; Hidráulica; Mantenimiento; Explotación; Inspección

Abstract: The article describes how we have worked to develop a handbook for the design of small dams. this handbook includes how to develop a project from the standpoint of geotechnical, hydraulic and waterproofing system. In addition, the handbook presents the construction and monitoring criteria's during operation. In the operational phase with regular inspections, monitoring and as maintenance.

Keywords: Small dams; Safety; Geotechnical; Hydraulics; Maintenance; Operation; Inspection

1. Introducción

En España, las presas han sido de siempre las grandes obras de ingeniería hidráulica. Sin embargo, en los últimos años, sus hermanas pequeñas, las balsas, han tenido un gran auge, salpicando hoy gran parte de la geografía española. Tanto es así que algunas fuentes cifran este número en más de 50.000, lo que supone aproximadamente un 4.000% más de balsas que de grandes presas.

Como consecuencia de esta creciente actividad dentro del sector, en la década de los 80 el IRYDA redactó un Manual para el *Diseño y construcción de pequeños embalses*, y en 1994, la Consejería de Agricultura y Alimentación del Gobierno de Canarias el *Manual para el diseño, construcción y explotación de embalses impermeabilizados con geomembranas*. Manual con el que se han diseñado y construido un gran número de las balsas del país.

A raíz del Plan Nacional de Regadíos (2006) del Ministerio de Agricultura, en el que se incluía la construcción de un número elevado balsas, la Dirección General del Agua, consciente de la necesidad de que dichas estructuras se proyectaran y construyeran con unos estándares de calidad similares a los empleados en las presas, encargó al CEDEX la redacción de un nuevo manual que incluyera los requisitos mínimos de seguridad a exigir a esas estructuras, para que sirviera de guía a los técnicos encargados de su diseño, construcción, explotación y mantenimiento, para evitar las repercusiones que un mal diseño, una mala construcción, una inadecuada explotación o un escaso o nulo mantenimiento pueden tener sobre terceros. A esa labor se incorporó también el Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD), y más concretamente su Comité Técnico de Balsas, con el principal objetivo de colaborar con el trabajo de los distintos laboratorios del CEDEX que han participado en su redacción. Estos han sido:

- Laboratorio de Geotecnia (Aspectos Geológico-Geotécnicos y Constructivos)
- Laboratorio del Centro de Estudios Hidrográficos (Aspectos Hidráulicos), y
- Laboratorio Central de Estructuras y Materiales (Impermeabilización y Seguimiento)

La redacción del Manual, ahora en imprenta representa, se ha terminado y representa una aportación de la Dirección General del Agua a la promoción de recomendaciones, manuales y normas de buena práctica en relación con la seguridad, con el fin último de poner de relieve el valor social de las balsas y el papel de estas infraestructuras en una sociedad que exige la máxima atención en todos los aspectos relacionados con dicha seguridad y con la conservación y sostenibilidad del medio ambiente. Y ello es debido a la existencia de una nueva normativa de seguridad de presas, y balsas, que vio la luz a principios del año 2008 en forma de Real Decreto (RD 9/2008, de 11 de enero).

Según dicho RD, cómo balsa se entiende *toda estructura artificial destinada al almacenamiento de agua, situada fuera de un cauce y del dominio público hidráulico y delimitada total o parcialmente por un dique de cierre*.

2. Objeto y ámbito de aplicación del Manual

El principal objeto del Manual es el de enmarcarlo dentro del proceso de normalización tecnológica que se viene imponiendo en los últimos años en diferentes ámbitos de la ingeniería civil, con el fin último de unificar criterios de proyecto y de disminuir los riesgos inherentes a dichos proyectos. Por lo tanto, el Manual constituye un documento técnico que facilita la divulgación de ideas y conceptos básicos para el diseño de balsas con el propósito de garantizar su seguridad.

Son precisamente los dos aspectos anteriores los principales objetivos perseguidos por este manual: el constituir un documento técnico sencillo, de fácil lectura, seguimiento y aplicación, que facilite la divulgación de ideas y conceptos básicos del diseño de balsas de contención de agua y de su mantenimiento y explotación, para que estas actividades se hagan de forma segura. Es por ello

que está pensado para ser utilizado por técnicos no muy versados en la materia, y especialmente, con conocimientos limitados en ingeniería geotécnica, por lo que dejan fuera de su ámbito de aplicación aquellas balsas que, por las características de sus materiales, o de su cimiento, requieran estudios más profundos y complejos.

Dejando de lado a estas últimas, con carácter general el Manual será de aplicación a balsas de reducidas dimensiones y a aquellas que, en caso de rotura o funcionamiento incorrecto, tengan escasa incidencia en el dominio público hidráulico, es decir, que cumplan los siguientes puntos:

- A aquellas cuyo dique de retención tenga una altura inferior a 10 m, o que teniendo una altura de entre 10 y 15 m, tenga una capacidad de almacenamiento inferior a 1 hm³.
- A aquellas en las que la aportación de agua externa esté totalmente controlada y acotada, de modo que no haya entrada directa de agua desde un cauce público, y
- A las que su rotura o funcionamiento incorrecto pueda producir únicamente daños materiales de moderada importancia y sólo incidentalmente pérdida de vidas humanas (Categoría C, de acuerdo con el punto 3.5.1.2 de la Directriz Básica de Protección Civil frente al Riesgo de Inundaciones).

En el caso de balsas en las que la altura del dique de retención sea menor de 5 m o que tengan una capacidad de embalse inferior a 100.000 m³, el presente Manual también se considera de aplicación, con las lógicas modificaciones que se deriven de las circunstancias específicas de cada balsa en concreto y de sus condicionantes.

3. Aspectos Geológicos-Geotécnicos

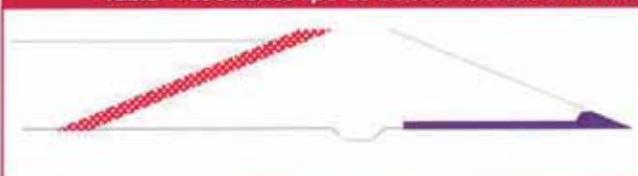
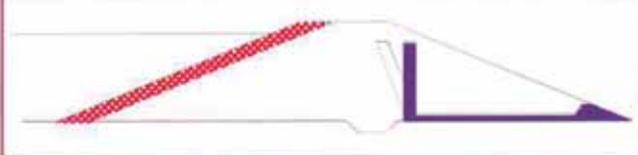
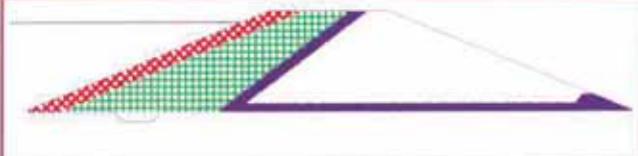
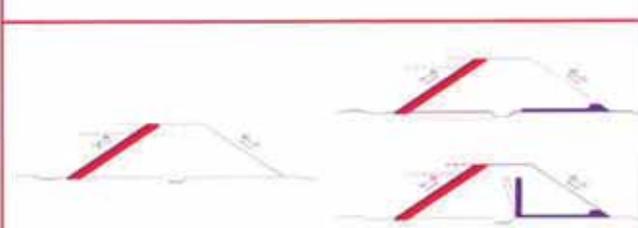
El dique de cierre de una balsa, elemento clave de la misma, se ejecuta, de forma general, mediante un relleno de tierras procedentes, fundamentalmente, de los materiales extraídos de las excavaciones necesarias para la construcción del vaso, que incluye las posibles zonas en ladera y desmonte.

A partir de esta definición, el método de trabajo preconizado por el Manual para los aspectos



geotécnicos comienza con el detalle de qué tipo de reconocimientos, y número mínimo de ellos, se consideran necesarios para abordar con éxito la etapa de proyecto, por lo que el trabajo del laboratorio de Geotecnia se ha estructurado en los siguientes cinco puntos:

- *Estudios previos del terreno*, tanto en lo que se refiere al reconocimiento del cimiento como al análisis de los materiales susceptibles de ser utilizados posteriormente en la construcción del dique. Esta parte se desarrolla en el Capítulo 3, y en él se detallan los ensayos de campo y laboratorio necesarios.
- *Criterios generales para el diseño* sobre la cimentación de la balsa, dique de cierre y vaso de la balsa. Se recogen en el Capítulo 5 del Manual, una vez interpretados los resultados de la campaña de ensayos de campo y laboratorio.
- *Selección de la tipología del dique de cierre*. Se desarrolla este aspecto en el Capítulo 6, en el que se recogen un conjunto de secciones tipo del dique de cierre que se pueden diseñar de acuerdo con los materiales predominantes en la zona de ubicación de la balsa (tabla I), diferenciándolas, en función de cómo se logra su impermeabilización, en dos tipos: Diques sin elemento de impermeabilización externo (homogéneos o heterogéneos) y diques con elemento de impermeabilización externo artificial. Con relación a estas últimas, se indica que las más utilizadas son las que emplean geomembranas (GBR-P) como elemento de impermeabilización. También se recogen otras menos utilizadas: las de pantalla asfáltica, las de pantalla de hormigón, las de pantalla de gunita y las que emplean geocompuestos a base de bentonita (GBR-C).
- *Análisis general de la seguridad*. Se definen y detallan en el Capítulo 7 los métodos para analizar la estabilidad de los taludes del dique de cierre y de las laderas y desmontes del vaso de la balsa, las diferentes situaciones de cálculo que se deben considerar y los coeficientes de seguridad mínimos exigidos para cada una de ellas (Tabla II). Para facilitar el diseño de los taludes y para evitar la necesidad de realizar cálculos adicionales justificativos, el Manual incluye una serie de óba-

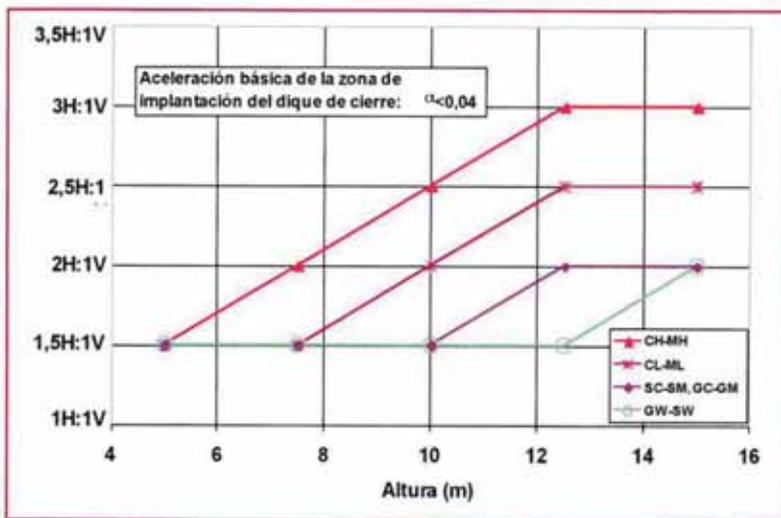
Tabla I. Secciones tipo de balsas incluidas en el Manual	
	Sección 1: Dique homogéneo con dren horizontal $H < 10\text{m}$ (ver fig. 17)
	Sección 2: Dique homogéneo con dren mixto horizontal y chimenea $H \leq 10\text{m}$ (ver fig. 18)
	Sección 3: Dique con impermeabilización arcillosa hacia el interior de la balsa (ver fig. 19)
	Sección 4: Dique zonado $H \leq 10\text{m}$ (ver fig. 20)
	Sección 5: Dique con impermeabilización con geomembrana (GBR-P) (ver fig. 21)

cos que permiten determinar la inclinación que satisface los criterios anteriores, en función de la altura del dique, del material empleado en su ejecución (también se definen qué ensayos son precisos para su correcta identificación) y de las condiciones sísmicas del emplazamiento. En la figura 1 se muestra uno de ellos.

Tabla II. Situaciones de cálculo y valores de los factores de seguridad al deslizamiento

Situación de cálculo	Factores de seguridad
Fin de construcción	1,3
Embalse lleno	1,5
Rotura del elemento de impermeabilización	1,3
Sismo a embalse lleno	1,3
Desembalse rápido	1,1





• *Recomendaciones constructivas.* Se recogen en el Capítulo 9 las relativas al movimiento de tierras, tanto para la excavación y terminación del vaso, como para la posterior ejecución del dique de cierre con los rellenos correspondientes y previamente seleccionados en los estudios previos del terreno. Se definen y detallan también los procedimientos de ejecución, el tipo de maquinaria a utilizar y el control de calidad que se ha de efectuar en la obra.

Fig. 1. Inclinación de taludes para zonas con coeficiente sísmico $\alpha < 0,04$.

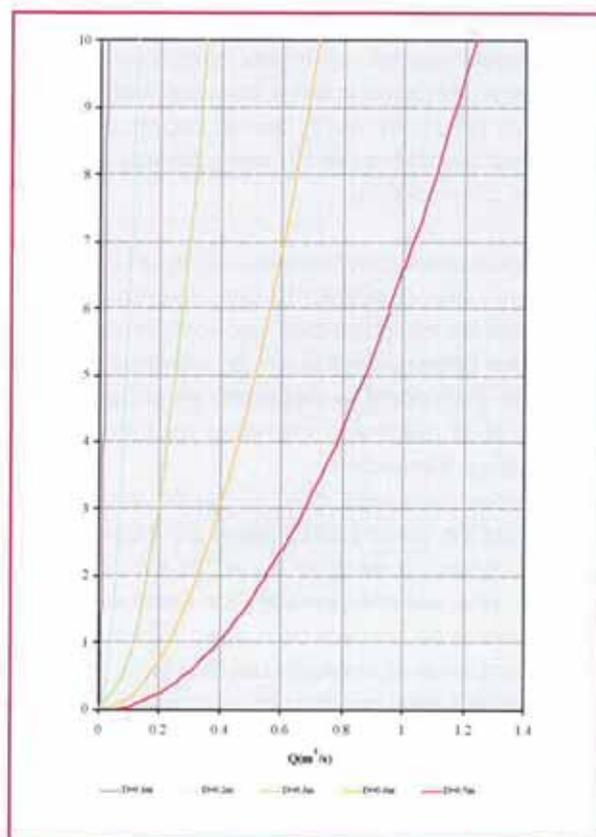
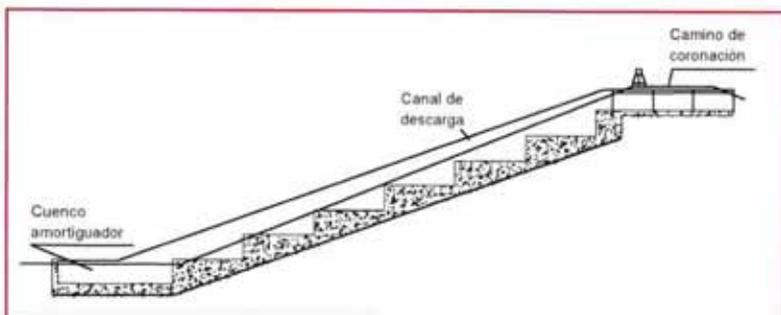


Fig. 3. Curva de gasto de una toma para una balsa de 10 m de altura máxima con un talud de hasta 4H/1V.

4. Aspectos hidráulicos

Se concretan en el Capítulo 4, *Estudios de carácter hidráulico.* Se detallan y describen los elementos que dentro de estas infraestructuras permiten la entrada y salida del agua de forma segura (figura. 2), de manera que su funcionamiento tenga las adecuadas garantías de control y seguridad exigibles a toda estructura hidráulica. Estos elementos, a los que se dedica un apartado específico, son los siguientes:

Fig. 2. Esquema de uno de los sistemas de entrada de agua mediante vertido directo sobre canal escalonado incluido en el Manual.



- *Dispositivos de entrada de agua.*
- *Dispositivos de salida de agua:*
 - Tomas.
 - Desagües de fondo.
- *Aliviaderos.*
- *Elementos auxiliares:*
 - Elementos previos a la entrada de agua.
 - Galerías de servicio.
 - Caseta de control.
 - Dispositivos de control del suministro y piezas especiales.
 - Elementos de cubierta.

En el Anejo nº 3 (*Diseño hidráulico*) se expone toda la formulación teórica con la que dimensionar los elementos hidráulicos, se incluyen ábacos para facilitar el diseño de los mismos y se recogen ejemplos prácticos para su mejor comprensión y seguimiento, sintetizándose una serie de recomendaciones sobre el cálculo de la capacidad, la altura de agua y el resguardo de una balsa.

En el Capítulo 5, *Criterios generales de diseño,* se presta una especial atención a los elementos de dre-



Tabla III. Valoración de las características para los distintos materiales

Propiedad	Material													
	EVA/C	PEAD	PELBD	PEMBD	PEC	PIB	PVC-P	TPO	PP	CSM	CR	IIR	EPDM	POE
Refuerzo				SI		SI	SI	SI	SI	SI			SI	SI
Características de tracción	B	E	E	E	A	B	A	A	B	B	A	A	A	B
Resistencia al desgarro	E	E	E	E	A	B	A	B	E	E	R	R	R	E
Punzonamiento Dinámico	A	E	B	B	B	B	B	B	B	B	R	R	R	B
Estático	E	R	A	E	B	B	B	E	B	R	E	E	E	E
Resistencia radiaciones UV	B	E	B	A	B	B	A	B	B	B	E	E	E	E
Resistencia al ozono	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	R	R	B	E
Resistencia de la soldadura														
Soldabilidad	B	B	B	E	E	B	E	E	A	A	R	R	R	E
Pelado	B	E	E	E	B	B	B	B	B	B	R	R	R	B
Facilidad de instalación	B	E	E	E	E	B	E	E	B	B	B	B	B	E
Reparabilidad	A	E	E	E	E	A	E	E	A	R	R	R	R	E

donde: R: Regular; A: Aceptable; B: Bueno; E: Excelente

naje internos y externos, por su especial importancia a efectos de seguridad, estableciéndose una serie de recomendaciones sobre los tipos más comunes, con qué caudal tienen que estar dimensionados y de qué forma debería sectorizarse el vaso de la balsa.

5. Impermeabilización

El Capítulo 8 describe de forma pormenorizada todo el sistema para llevar a cabo una adecuada impermeabilización en una balsa mediante geomembranas, al ser este el sistema de impermeabilización más frecuente. Se definen los distintos tipos de geomembranas en el apartado 8.1 y se valoran, en función de sus propiedades físicas y mecánicas, las características de los diferentes materiales que se pueden emplear (Tabla III). A su vez, para facilitar el proceso de elección, se recogen para las principales propiedades de las geomembranas, cuales deben ser los valores mínimos que deben presentar para garantizar un adecuado comportamiento.

Algo parecido se hace con los geotextiles, que también se tratan en el apartado 8.2., los cuales se clasifican desde el punto de vista de su funcionalidad, sus características, propiedades hidráulicas y requisitos mínimos que deben tener para cumplir su cometido.

En el apartado 9.3. del Capítulo 9 se desarrollan con detalle todas las recomendaciones constructivas, tanto de geotextiles como de geomembranas, relati-



Fotografía 1.
Sectorización de la
balsa de Las Adelfas
(Mejilla).



vas a puesta en obra, despliegue de paños, solapes y soldaduras.

6. Seguimiento

Dentro de la explotación de la balsa, uno de los puntos fundamentales desde el punto de vista de la seguridad, es la vigilancia y el control de la misma, por lo que el Manual desarrolla una serie de pautas que el equipo de explotación ha de seguir de una forma muy sencilla:

- *Recogida de lecturas de los elementos de auscultación.* Si bien la existencia de estos elementos no es muy frecuente en la mayor parte de las balsas del país, el Manual plantea la necesidad de que, al menos, se examine de forma continua los elementos de drenaje, por su sencillez y porque la presencia de agua en los mismos es síntoma claro de la posibilidad de presentación de futuros problemas. En aquellos casos en los que sí existen elementos de control se plantea qué variables es importante controlar y se dan modelos de estadillos a rellenar.
- *Inspecciones visuales* de vaso de la balsa, dique de cierre, sistema de impermeabilización y elementos hidráulicos, en las que se propone además de rellenar partes muy simples y sencillos, efectuar periódicamente fotografías para el contraste, a lo largo del tiempo.

7. Criterios generales de mantenimiento y patologías observadas de acuerdo a la experiencia

Los criterios generales de mantenimiento se han elaborado a partir de la experiencia del grupo de técnicos que han participado en la redacción del Manual. Se han desarrollado unas fichas técnicas simples a través de las cuales se puede llevar a cabo un

adecuado mantenimiento del cuerpo del dique, las instalaciones y los accesos.

Por otra parte, dado que el avance de la ingeniería se ha basado siempre en el análisis y comprensión de los errores cometidos, y en la puesta en valor de los éxitos alcanzados, es precisamente el primero de los dos aspectos anteriores el que se encuentra más "cojo" en este campo de las balsas. En el caso de las grandes presas, las estadísticas que periódicamente publica la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD) permiten conocer qué es lo que más ha fallado de ellas en el pasado, para tomar las medidas pertinentes y evitar que vuelva a producirse en el futuro. Por desgracia, en el caso de las balsas, nada se sabe de ellas con relación a esos aspectos; los incidentes -entendidos éstos como pérdidas parciales de agua- apenas se registran, y de las roturas -pérdidas totales de agua-, muchas veces pasarían desapercibidas (normalmente por el poco volumen soltado no ocasionan víctimas mortales) si no fuera porque la prensa local se encarga de airearlas.

Por ello, el Manual incluye en sus páginas un pequeño check-list con la idea de que cualquier técnico conocedor de la existencia de un incidente o una rotura acaecida en una balsa lo rellene y lo envíe a continuación al Comité Nacional Español de Grandes Presas o a la Asociación Técnica Española de Balsas y Pequeñas Presas para que forme parte de una base de datos de incidentes y/o roturas de balsas, de manera que en el futuro esos datos se puedan tratar estadísticamente como se hace con las presas.

7. Agradecimientos

Desde estas breves líneas queremos agradecer a todo los Laboratorios del CEDEX y SPANCOLD su dedicación y entrega en la elaboración de este Manual, al igual, que a las más de 20 personas que han participado con sus comentarios y aportaciones al texto. ♦



Conclusiones de la Jornada “El papel de las balsas en la gestión sostenible del agua”

Conclusions of the meeting on “The role of reservoirs in sustainable water management”

Revista de Obras Públicas
nº 3.509. Año 157
Abril 2010
ISSN: 0034-8619

José María González Ortega, Dr. Ingeniero Agrónomo
Presidente de la Asociación Técnica Española de Balsas y Pequeñas Presas. presidente@ateba.es

Resumen: La primera jornada organizada por la Asociación Técnica Española de Balsas y Pequeñas Presas (ATEBA) abordó desde una perspectiva fundamentalmente práctica y desde diferentes puntos de vista la situación actual y la problemática de la gestión de las balsas en España. Entre las principales conclusiones de dicha jornada destaca la conveniencia de disponer de un inventario de balsas a nivel nacional y de una normativa técnica adecuada a la singularidad de este tipo de infraestructuras. ATEBA, entre cuyos fines se encuentra la contribución al avance tecnológico en el campo específico del proyecto, construcción y explotación de balsas y pequeñas presas está llamada a desempeñar un importante papel de interlocución activa entre los titulares de estas infraestructuras y las administraciones competentes.

Palabras Clave: Balsa; Normativa; Regulación; Seguridad; Ateba

Abstract: The first workshop organized by the Technical Spanish Ponds and Small Dams Association (ATEBA) raised and stressed the importance of the current situation and the difficulties in managing the ponds in Spain from a practical fundamental perspective and also from different point of views. The main conclusion of this workshop highlighted the benefit of providing an inventory of all the ponds at a national level and a technical regulation adequate for the peculiarity of this type of infrastructures. ATEBA's main objective is to contribute the most advanced technology in this specific field for the project, construction and development of ponds and small dams must perform an important role by being the active speaker between the entitled of these infrastructures and the competent administration.

Keywords: Pond; Technical procedure; Regulation; Security; Ateba

1. Introducción

El pasado 11 de noviembre de 2009 se celebró en Madrid la primera jornada organizada por la Asociación Técnica Española de Balsas y Pequeñas Presas (ATEBA), denominada “*el papel de las balsas en la gestión sostenible del agua*”. El interés suscitado por esta jornada queda patente por la asistencia a la misma de más de 130 participantes que llenaron por completo el salón de actos del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, centrándose en el debate sobre las consecuencias que conlleva la aplicación de la nueva normativa relativa a la seguridad de las presas, embalses y balsas, así como el desarrollo y avance tecnológico de estas infraestructuras, claves para llevar a cabo una gestión sostenible del agua en España.

La jornada fue inaugurada por Jesús Yagüe Córdova, Subdirector General de Gestión Integrada del Dominio Público Hidráulico del Ministerio de Medio Ambiente

y Medio Rural y Marino, junto con José María González Ortega, presidente de ATEBA.

El objetivo de la jornada era el abordar, en la medida de lo posible, y desde diferentes puntos de vista, la situación actual y la problemática de la gestión de las balsas en España desde una perspectiva fundamentalmente práctica. Para ello se contó con la participación de ponentes de gran relevancia y categoría, representantes de numerosas instituciones con conocimiento, competencia y responsabilidad en la gestión de balsas en España:

- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino a través de la Subdirección General de Regadíos y Economía del Agua
- Comunidades Autónomas: Dirección General del Agua de la Generalitat Valenciana, Agencia Andaluza del Agua, Agencia Catalana del Agua
- Sociedades Estatales: Seiasa del Sur y Este



- Comunidades de Regantes: Comunidad General de Regantes del Canal de Aragón y Cataluña
- Asociación Española de Riegos y drenajes (AERYD)
- Universidades: Universidad Politécnica de Cartagena

La Jornada contó también con el apoyo e intervención directa en el acto de clausura del Presidente de Fenacore, del Director Técnico de Filiales del Grupo Tragsa y de la Subdirectora de Infraestructuras y Tecnología de la Dirección General del Agua del MMARM.

2. Situación actual de las balsas en España

Desde hace unos cuantos años se viene observando en ciertas zonas del país un paulatino aumento en el proyecto y construcción de balsas de agua por iniciativa privada, para diferentes usos, situadas normalmente fuera del dominio público hidráulico (DPH).

En general se trata de balsas destinadas al aprovechamiento de aguas de naturaleza privada, pero en muchos casos son anejas al aprovechamiento privativo de aguas públicas, aunque no se ubiquen en el DPH y se realicen con posterioridad o con independencia del otorgamiento y del contenido del título concesional.

La disminución en la construcción de nuevas obras de regulación en los ríos y la decidida política de modernización de regadíos son razones que han llevado a las Comunidades de Regantes a la necesidad de disponer de un mayor número de balsas de agua para almacenamiento y/o regulación y a un incremento importante del tamaño de las mismas. Otro factor importante a tener en cuenta en este proceso es la utilización cada vez mayor de aguas regeneradas y desaladas para regadío.

Algunos estudios realizados a nivel nacional concluyen que el número total de balsas existentes supera las 50.000 unidades (otras fuentes lo cifran en 80.000 e incluso 100.000). Los datos disponibles en cuanto a su distribución geográfica son: más de 16.000 en Andalucía, unas 11.000 en Murcia, más de 3.500 en la Comunidad Valenciana, etc., es decir situadas mayoritariamente en el litoral mediterráneo, donde existe agricultura intensiva.

Si se compara este dato con el número total de balsas que se estima que existen en el mundo, alrededor de 800.000, y con el número de grandes presas existentes en España, alrededor de 1.300, resulta que España posee más del 6% de las balsas existentes en el mundo y

alrededor de un 4000 % más de balsas que de grandes presas.

Aparte de las razones mencionadas anteriormente, otra posible justificación de estas cifras puede ser la flexibilidad que le aporta al regante el disponer del almacén de agua más cerca del punto de utilización, lo que le permite suplir de forma mucho más rápida y efectiva los servicios satisfechos por futuros grandes embalses, mucho más costosos y de incierta ejecución.

Las balsas, al ubicarse normalmente fuera del DPH, nunca han dispuesto de una normativa de seguridad clara y explícita, por lo que se ha venido aplicando de forma más o menos acertada la desarrollada para las presas. Este hecho, unido unas veces a la confusión existente en cuanto a competencias y otras a lo inadecuado que puede resultar el cumplimiento de la normativa de presas, especialmente en casos de balsas de tamaño reducido y emplazamientos favorables, ha propiciado una excesiva relajación por parte de los propietarios en el cumplimiento de cualquier tipo de normativa.

Si además se tiene en cuenta que éstas infraestructuras pueden a veces suponer riesgos importantes: por su menor exigencia en cuanto a la idoneidad y calidad de su proyecto y construcción, por la antigüedad de muchas de ellas sin haber pasado ningún tipo de revisión técnica, por su ubicación en lugares dominantes y rodeadas de infraestructuras potencialmente afectadas en caso de fallo, por su creciente número, etc., es lógico que exista preocupación en los sectores interesados, y que desde ciertos estamentos de la administración se haya venido propugnando la necesidad de mejorar e incrementar el control de su seguridad.

En el año 2008 se publicó el Real Decreto 9/2008 de 11 de enero (BOE 16/01/08) por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico. En el mismo, destaca la inclusión de un nuevo título VII dedicado a la seguridad de presas, embalses y balsas, en el que aparece por primera vez una definición "legal" de balsa, se clarifican las competencias en materia de seguridad, asignando a los órganos designados por las Comunidades Autónomas la competencia en materia de seguridad de las presas, embalses y balsas ubicados fuera del DPH, se contempla la creación de una Comisión Técnica de Seguridad de presas y la aprobación por Real Decreto de las Normas Técnicas de Seguridad de presas y embalses, etc.

El creciente interés y preocupación existente en España en torno a las balsas ha traído consigo algunas iniciativas entre las que destacan la creación, por un gru-





po de técnicos procedentes de muy diversos sectores, de la Asociación Técnica Española de Balsas y Pequeñas Presas (ATEBA), y la redacción de un Manual de Proyecto, Construcción, Impermeabilización y Explotación de Balsas, encargado por la Dirección General del Agua al CEDEX dentro de un convenio establecido entre ambos, y el cuál en el momento de redactar estas líneas se encuentra en proceso de edición.

3. Conclusiones de la Jornada

Las conclusiones que a continuación se exponen han sido extraídas de observaciones y comentarios realizados tanto por los asistentes a la misma como por los propios ponentes. Desde la Asociación Técnica Española de Balsas y Pequeñas Presas (ATEBA) hacemos nuestras estas conclusiones que a continuación comentamos:

- Después de casi dos años de la entrada en vigor del Real Decreto 9/2008 no se ha creado aún la Comisión Técnica de Seguridad de presas y por tanto están pendientes de revisión, información y aprobación las Normas Técnicas de Seguridad de

presas y embalses. En esta jornada tampoco hubo ninguna intervención por parte de ningún representante del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino que aportara alguna luz acerca del estado actual de las Normas y de las previsiones de su aprobación. Esta situación no deja de tener su importancia, pues ha traído y sigue trayendo como consecuencia durante este tiempo la aplicación a las balsas de las vigentes *Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas (1967)* y *Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses (1996)*, lo que está significando a veces la aplicación a infraestructuras de dimensiones pequeñas de unos criterios de seguridad que resultan inadecuados, y con frecuencia inabordables para una gran cantidad de titulares de balsas con recursos económicos limitados. Esta situación desemboca muchas veces en la ya comentada excesiva relajación por parte de los propietarios en el cumplimiento de cualquier tipo de normativa.

- Tampoco existe todavía un Registro Oficial de Seguridad de presas y embalses en la Administración Central, tal y como lo establece el *Real Decreto 9/2008* y en el que las propias Comunidades Autó-





nomas deben inscribir las balsas que se encuentran dentro de su competencia. A día de hoy, y con la tecnología existente, no parece de recibo que se tenga que seguir diciendo que no se sabe ni cuántas balsas existen en España ni a quien pertenecen.

- Existen Comunidades Autónomas que tienen ya perfectamente asumidas y delimitadas sus competencias en materia de seguridad de balsas y que están actuando como órgano competente en esta materia. En este sentido merece destacar la labor realizada por la Generalitat Valenciana, la cuál ha publicado además unas *Guías para el proyecto, construcción, explotación, mantenimiento, vigilancia y planes de emergencia de las balsas de riego con vistas a la seguridad (octubre 2009)* y dispone de los borradores de las tres Normas Técnicas de Seguridad de presas y embalses. Estos hechos pueden suponer también una diferencia de criterios en cuanto a los estándares de seguridad que esta marcando la Administración Central.
- Sin embargo otras Comunidades Autónomas no tienen todavía designados los órganos competentes en materia de seguridad de presas, embalses y balsas, existiendo en algunos casos una gran desorientación en este tema. Esta desorientación existe también en los titulares de las balsas que no saben a ciencia cierta a qué organismo deben enviar los documentos, tales como las propuestas de clasificación frente al riesgo potencial, que redactan. Las gestiones para el establecimiento de los convenios de colaboración entre la Administración General

del Estado y las Comunidades Autónomas no se están llevando a cabo, al menos en su totalidad.

- Las Normas Técnicas de Seguridad que se aprueben definitivamente deberían incluir especificaciones especiales para las balsas que difieran, al menos, en determinados casos de las grandes presas. Se debe hacer una gran esfuerzo para el establecimiento de un "modus operandi" para la redacción de documentos de seguridad (propuestas de clasificación, planes de emergencia) realmente adaptados a la realidad de los que es una balsa, y por tanto que signifiquen una seguridad real y no de grandes tomos de papel que sirvan para muy poco, o incluso resulten contraproducentes, a la hora de abordar una situación de emergencia.

4. Fines de la Asociación Técnica Española de Balsas y Pequeñas Presas (ATEBA)

ATEBA es una Asociación técnica, independiente y sin ánimo de lucro, cuyo objetivo fundamental es favorecer el conocimiento de las tecnologías relacionadas con las balsas y los pequeños embalses.

Entre los fines de la Asociación se encuentra la contribución al avance tecnológico en el campo específico del proyecto, construcción y explotación de balsas y pequeñas presas.

Por tanto, y siendo fieles a nuestros objetivos y fines, desde ATEBA nos preocupa especialmente el reto que, con el apoyo de la Administración Central, han de llevar a cabo las Comunidades Autónomas para poder abordar con garantías de éxito la gestión de la seguridad de las balsas construidas fuera del DPH. Para ello, ATEBA se ofrece como interlocución activa entre los titulares de estas infraestructuras y ambas administraciones.

Otro de los temas en los que Ateba debe estar presente y prestar su apoyo es en la creación de una normativa para la redacción de documentación de seguridad (propuestas de clasificación, planes de emergencia, etc.) que realmente se adapte a lo que es de verdad una balsa.

ATEBA, como asociación con intereses en el ámbito de las presas, embalses y balsas, ocupa una vocación dentro de la Comisión Técnica de Seguridad de Presas y Embalses a la que hace referencia en su artículo 361 el ya mencionado Real Decreto 9/2008, de 11 de enero. ♦



La importancia de los pequeños detalles de diseño de la presa de Las Navas del Marqués

Revista de Obras Públicas
nº 3.509. Año 157
Abril 2010
ISSN: 0034-8619

The importance of small details in the design of Las Navas del Marques Dam

Jesús Morán Cabreros. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos,
Confederación Hidrográfica del Tajo. jesus.moran@chtajo.es

Isabel Granados García. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos,
INPROES. igranados@inproes.net

Alfredo Granados García. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos,
ETSI Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid. a.granados@upm.es

Resumen: En esta presa de gravedad de planta curva se han introducido una serie de pequeños detalles constructivos que inciden favorablemente sobre la seguridad estructural, la funcionalidad de la explotación y la estética de la obra, con un incremento porcentual insignificante del costo. En el artículo se describe cada una de estas actuaciones, el objetivo de las mismas, y su repercusión sobre el costo.

Palabras Clave: Presa; Gravedad; Estética de las presas; Islas en embalses; Funcionalidad de las presas

Abstract: Some small details that have been introduced in the design of Las Navas del Marqués gravity-arch dam had a positive effect on the structural security, functionality during exploitation and aesthetics of the dam, with an insignificant increment in the total budget of the work. The description of those points, their objectives and their impact on the global cost, are described in this paper.

Keywords: Dam; Gravity; Dam aesthetics; Islands on the reservoir; Functionality of the dams

1. Introducción

La presa de Las Navas del Marqués, cuya construcción finalizó al término del año 2006, se halla en la provincia de Ávila, en la zona alta de la Sierra de Malagón sobre el río Valtraviés, en la cuenca del Alberche. El embalse tiene una capacidad de 2 hm³, suficiente para abastecimiento durante el periodo de verano de la población estacional que se acumula en esta zona abulense próxima a la ciudad de Madrid.

La obra ha sido realizada por Confederación Hidrográfica del Tajo (Ingeniero director del Proyecto D. Jesús Morán e ingeniero director de las obras D. Juan Manuel Cervós), la empresa constructora ha sido OHL y la asistencia técnica la ha realizado INPROES.

La cerrada en que se ubica queda inmediatamente aguas abajo de la zona en que el cauce da un giro de 90° hacia el Sur, saliéndose de la falla regional de dirección O-E por donde deambula el curso alto del río. En la posición seleccionada para la presa, el río atraviesa una mesa tubular de leucogranitos, imbrida

cada intrusivamente en la etapa tardihercínica y atravesada por diques de pórfidos, aplitas y diabasas. Es posible que este rasgo morfológico, de la última etapa de la deformación hercínica, generase una cuenca endorreica liberada con el transcurrir de los años al labrar el agua una salida sobre estas rocas intrusivas, abriendo una vía de escape. El relieve actual es el de un valle en V, berroqueño, con laderas parcialmente recubiertas de coluviales, bolos de granito y canchales.

El macizo rocoso de la cerrada presenta una fracturación intensa, con contactos limpios, más sana y dura en la margen derecha que en la izquierda. A nivel del borde del estribo izquierdo existe, en dirección paralela al cauce, una fractura con granitos milonitizados y alterados. El RQD de los testigos de los sondes de reconocimiento fue del orden del 60 al 80% y la permeabilidad en general fue muy baja, sin sobrepasar valores de 1,5 UL.

La presa es de gravedad de planta curva, de 41 m de altura, 265 m de longitud de coronación, taludes

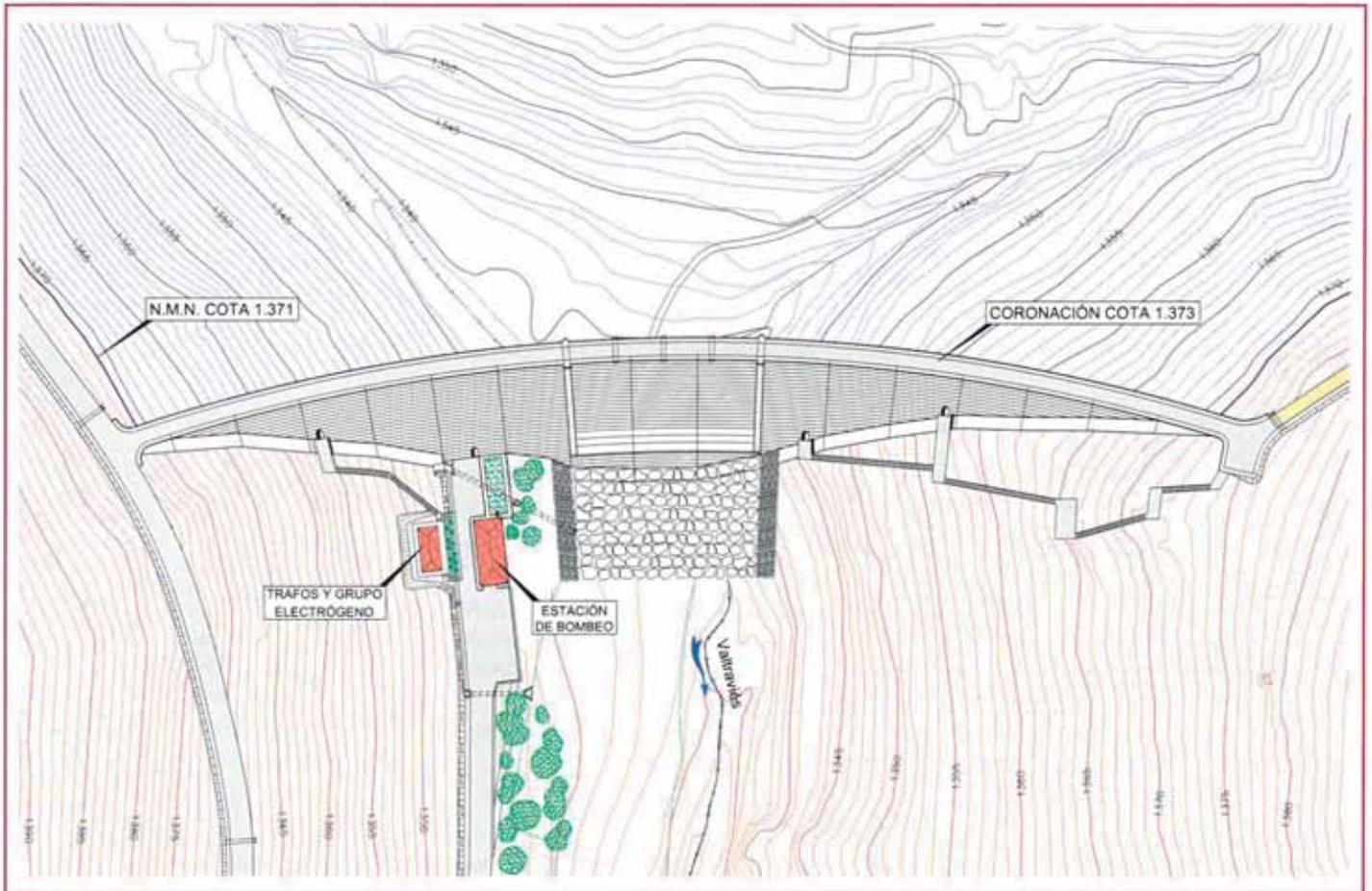


Fig. 1. Planta general.

vertical aguas arriba y 0,80/1 aguas abajo, NMN a la cota 1.371, vértice a la 1.371,50 y coronación a la 1.373. La directriz del vértice describe un arco circular de 400 m de radio.

Otras características técnicas del proyecto, y de la construcción de la presa son las siguientes:

- El hormigón se ha puesto en obra con cintas. La planta estaba situada del lado de aguas arriba. El árido se ha obtenido por machaqueo de los granitos de la mesa leucogranítica del lado del vaso, y en la dosificación se le ha añadido una arena fina de aportación. El tamaño máximo del árido se fijó en 80 mm. El hormigón colocado en el contacto de los encofrados del paramento de aguas arriba y de aguas abajo de los bloques se fabricó sin el árido 40-80. Se ha utilizado un cemento del tipo II/B-P/32,5 N con dosificación de 210 kg/m³, y se le ha exigido una resistencia de 20 MPa a 90 días. A los hormigones se les añadió plastificante, y la consistencia estuvo en el entorno de cono de Abrams 0-1. El volumen total del hormigón de la presa es de unos 90.000 m³.
- Los bloques de la presa son de 15 m de ancho, medidos sobre la directriz del vértice. Todas las tongadas son de 2 m de altura, ejecutadas con 4 subtongadas de 0,50 m de espesor. Se vibró con tractor. Dispone de 2 niveles de galerías horizontales, conectadas por la galería perimetral, y dos accesos en cada margen.
- El aliviadero es de labio fijo con 4 vanos de 9,75 m, dispuesto sobre los 3 bloques centrales de la presa. El vertido se evacua al cauce mediante trampolín. El calado a NAP es de 1,10 m (caudal de diseño 100 m³/s) y a NAE de 1,60 m (caudal de diseño 160 m³/s).
- Los desagües de fondo son de 600 mm de diámetro y el cierre se realiza con una válvula de compuerta tipo Bureau y una válvula de regulación tipo Howell-Bunger.



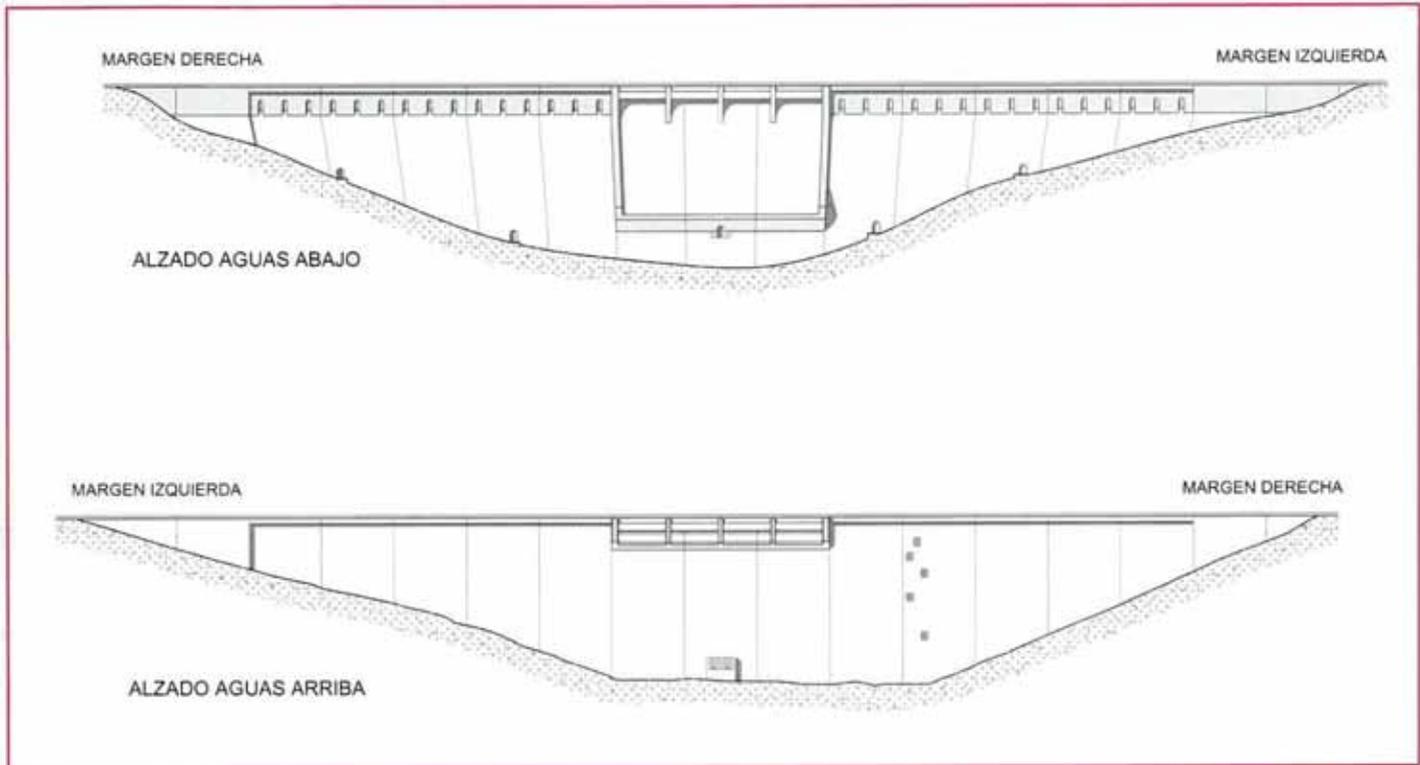
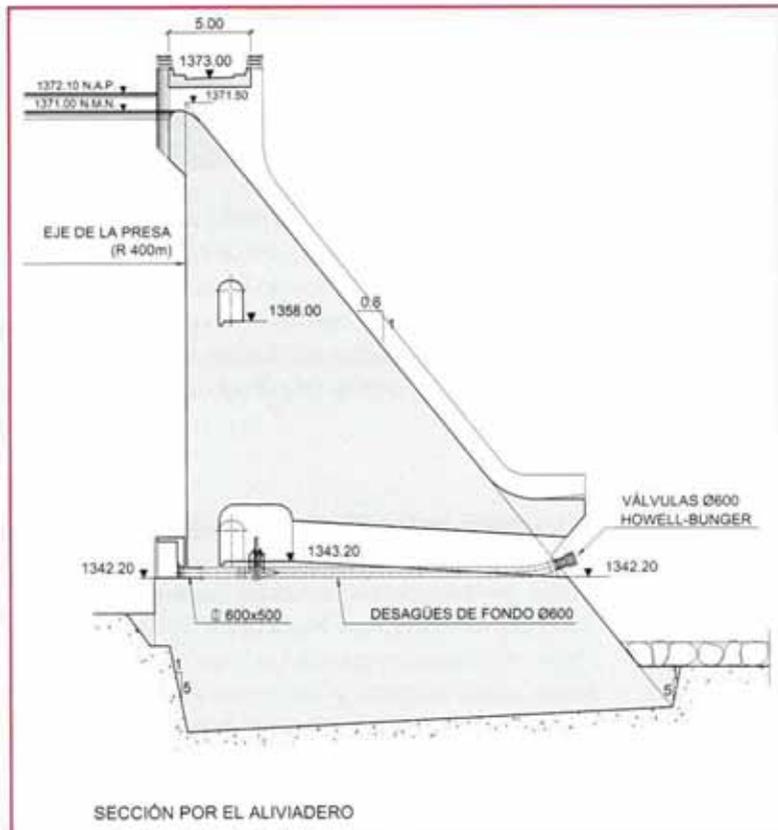


Fig. 2. Alzados, abajo Fig. 3. Sección por el aliviadero.



- Adosadas al paramento de la presa se disponen a distintas alturas 5 tomas de abastecimiento de 500 mm de diámetro, cuyo control se realiza mediante sendas válvulas de mariposa, instaladas en las cámaras habilitadas para ello en el interior de la red de galerías.

En el diseño de esta presa se introdujeron una serie de pequeños detalles constructivos, que siendo porcentualmente de bajo costo, inciden muy favorablemente sobre la seguridad, sobre la funcionalidad de la explotación, y sobre la estética de la obra. El objetivo de este artículo es resaltar estos pequeños, pero a la vez importantes, detalles del diseño.

2. La curvatura de la presa

Los taludes dados a los paramentos de la sección tipo de esta presa son suficientes para garantizar la estabilidad a deslizamiento de los bloques. La curvatura en planta supone una mejora adicional de la seguridad y, dada la simetría de la cerrada, favorece la estética global del diseño. Hay que resaltar que una curvatura tenue, como la dada a esta presa, apenas





Fig. 4. Vista general de la presa desde el estribo izquierdo.

si incrementa el volumen de hormigón y las dificultades constructivas que añade son mínimas.

La flecha de la directriz del vértice para la totalidad del bloque ($L = 15 \text{ m}$) para $R = 400 \text{ m}$, es de 7 cm . Si se dispone el encofrado recto en todo el paramento del bloque esta flecha prácticamente no se aprecia, ni tampoco el quiebro de $2,15^\circ$ que se produce con el bloque adyacente. Por lo tanto no es imprescindible girar los paneles del encofrado para adaptarse a la directriz del arco. Si se girasen los paneles de 5 m del encofrado, la flecha se reduce a 8 mm y el quiebro a $0,72^\circ$, valores que resultan totalmente imperceptibles.

La diferencia entre la longitud del arco y la de la cuerda no es significativa. En esta presa el desarrollo del arco es de 265 m , mientras que la cuerda es de $260,2 \text{ m}$, por lo que el incremento de volumen de hormigón que produce el diseño de planta curva es del orden del $1,5\%$.

Una curvatura suave de la presa es por lo tanto recomendable frente al diseño de planta recta, siempre que las formas topográficas de la cerrada sean favorables y la geología lo permita. Esta curvatura mejora claramente la seguridad estructural, realza la estética de la presa, y no añade dificultad alguna al proceso constructivo.

3. La estética de la cuña de coronación

Las ménsulas de la coronación tienen un cometido estético y funcional muy importante, por lo que se disponen en todas las presas. La línea de sombra que arrojan sobre el paramento rompe la monotonía del muro de hormigón. Además las ménsulas permiten dar mayor anchura a la calzada y la del lado de aguas arriba actúa eficazmente como botaolas. También es habitual, en todo buen diseño del área de corona-





Fig. 5. Detalle de la coronación y del aliviadero vistos desde aguas abajo.

ción, que estas ménsulas dispongan de pequeños pretilos sobre los que se asienta la barandilla, los cuales aumentan el ancho de la banda horizontal de la ménsula, evitando el efecto antiestético que producen los espesores de los elementos estructurales de la presa cuando son excesivamente delgados (esto también es extensible a los cajeros y a las pilas del aliviadero).

Las hornacinas de la presa de Las Navas del Marqués son un elemento decorativo de bajo costo (el adorno queda embutido en el hormigón) que dan un toque de singularidad al diseño. En las presas modernas se echan a veces en falta los adornos ornamentales de las presas antiguas, en las que el ingeniero siempre daba un toque personal al diseño de la imposta o a la albardilla del pretil.

Respecto a estos elementos decorativos dispuestos bajo la ménsula de coronación, del lado de aguas abajo, hay que tener presente lo siguiente:

- Los elementos decorativos huecograbados son muy fáciles de construir y su costo es mínimo (lo que vale el molde que se adosa por la cara interior del encofrado). El diseño debe permitir que este molde se extraiga fácilmente.
- Los elementos decorativos repetitivos tienen un costo reducido, ya que el encofrado especial que se hace ex profeso para ello tendrá muchas puestas y se amortiza en la obra.

4. Las islas artificiales del interior del embalse

La topografía de los grandes embalses deja islas naturales que mejoran la estética del paisaje y son además enclaves aislados que crean el hábitat idóneo para el desarrollo de determinadas especies de la fauna. Sin embargo en los embalses más pequeños no suelen existir islas a menos que se construyan



Fig. 6. Vista general de la coronación.



artificialmente, lo cual es una práctica recomendable.

En el embalse de Las Navas del Marqués se han construido dos islas artificiales, utilizando los desechos de excavación del cimientado de la presa y los desechos de la cantera de áridos, colocados adecuadamente y arropados con un rip-rap para proteger los taludes de la acción de las olas, a los que se les ha añadido una cubierta de tierra vegetal y la plantación de arbustos y arbolado autóctono.

El costo de estas islas es reducido, ya que son el vertedero de los residuos de las excavaciones, junto con los de la cantera y los de la planta de clasificación de los áridos, correctamente colocados. Aparte de su función como vertedero, es innegable su alto valor ornamental sobre el paisaje del embalse y su efecto ambiental favorable al convertirse en refugio para las aves, y también para los peces y anfibios que se cobijan en los huecos de la escollera del rip-rap de protección de los taludes.

5. Accesibilidad a las válvulas Howell-Bunger

Se ha construido una galería transversal que comunica la cámara de válvulas de los desagües de fondo con el exterior, llegando hasta la base del tram-

polín del aliviadero en donde están instaladas las válvulas Howell-Bunger. Por esta galería discurren los tubos del sistema oleohidráulico de accionamiento.

El diseño permite acceder cómodamente hasta las válvulas y a todo el recorrido de los tubos del sistema hidráulico de accionamiento, lo que facilita las labores de mantenimiento que ha de llevar a cabo el personal de explotación.

6. Detalles constructivos de la coronación

En primer lugar se llama la atención sobre el drenaje de las aguas pluviales, que ha de hacerse siempre hacia el embalse para evitar el chorreo sobre el paramento de aguas abajo que lo mancha y afea. Hay que tener presente que la calzada de coronación no es una autopista. El paso de vehículos debe estar restringido, y en todo caso debe circularse despacio, por lo que el peralte en el concepto aplicado en carreteras no es imprescindible aplicarlo en este caso. La pendiente transversal de la calzada de coronación debe darse hacia aguas arriba, para que el drenaje sea lo más directo y simple posible, evitando la colocación de cazoletas por el borde de aguas abajo y el entubamiento del drenaje dentro de la masa del hormigón para reconducir el agua hacia el la-



do opuesto y verterla sobre el embalse (lo que suele dar lugar durante la explotación a atascos de los conductos).

Otro de los detalles constructivos destacables de la coronación de la presa de Las Navas del Marqués es la robustez y la perfección de las alineaciones de la barandilla. Para los lugareños es uno de los mayores indicadores de calidad de la obra.

Anteriormente se ha comentado el efecto estético favorable que tiene el pequeño pretil que acompaña a las aceras, al dar la imagen de más espesor de las ménsulas cuando se contempla el alzado de la presa. También este pretil de baja altura, visto desde coronación, da sensación de recogimiento y de seguridad para los transeúntes.

El remate de las pilas del aliviadero a escuadra, por el lado de aguas abajo, queda en consonancia con las formas de los cajeros y de los estribos, y favorece la aireación de la lámina de agua en vertidos con calados pequeños como es el caso.

En los ensanches de los estribos, los muretes de acompañamiento se han realizado con mampostería de granito. Durante la ejecución de la obra se ha tenido a una pequeña cuadrilla de especialistas mamposteros que se ha ocupado de ejecutar todos los muros de piedra de la obra: las fachadas de la central de bombeo de pie de presa, las del centro de transformación, los muros de los estribos de coronación y los de acompañamiento del camino de servicio. Ello ha permitido conseguir una excelente calidad en los acabados.

7. Detalles constructivos de las galerías

La sección tipo de las galerías de la presa de Las Navas del Marqués no remata en la clave con un arco de medio punto, como suele hacerse, sino que ésta se ha construido con un arco rebajado con dos radios de 0,50 m más un tramo central plano de otros 0,50 m, lo cual es una innovación respecto al diseño habitual que le da una cierta singularidad a la sección de las galerías de esta presa.

Otro detalle destacable es la disposición de pasamanos de acero inoxidable en los tramos de escalera de la galería perimetral. Ello da evidentemente un toque de calidad a los elementos accesorios de la presa, y son por añadidura seguros y de bajo mantenimiento. La curvatura de estos pasamanos se ha cul-

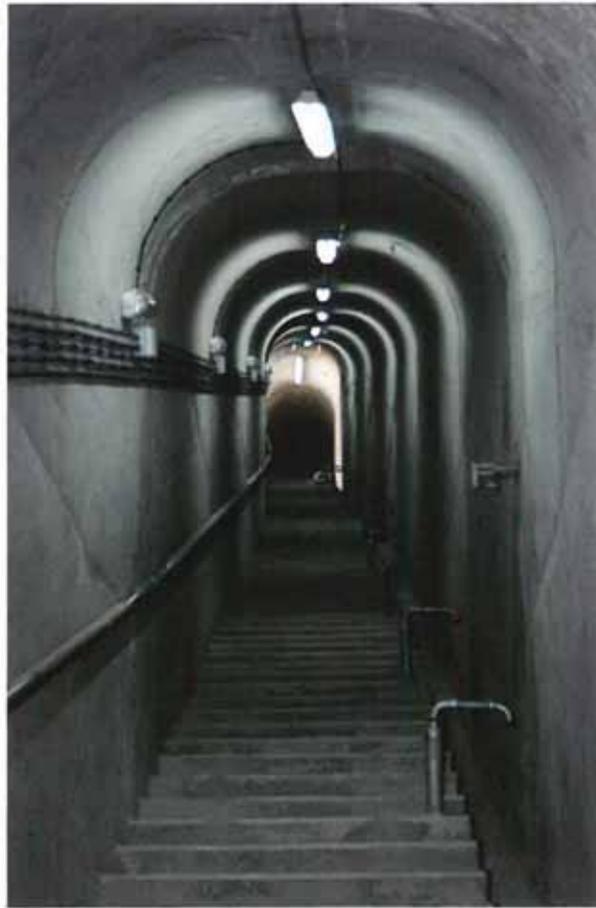


Fig. 7. Vista de la galería perimetral.

dado especialmente, de manera que la perfección del trazado anule, en la percepción visual, a los pequeños defectos que pueda haber en la alineación de los módulos de la galería.

Con respecto a la alineación, de determinados elementos que se disponen a posteriori, se llama de nuevo la atención para señalar la importancia que ello tiene en la instalación de las canalizaciones eléctricas del interior de las galerías, ejecutadas siempre al término de la obra.

También es importante disponer tomas de agua en las galerías, para la limpieza de los canalillos de drenaje. En las tomas de esta presa se dispusieron dos válvulas en serie que tuvieron que ser sustituidas, ya que el operario de mantenimiento dejó cerradas las dos y se reventaron por efecto de las heladas, por lo que se recomienda que si existe este riesgo y se coloca doble válvula se inmovilice la de aguas arriba para mantenerla siempre abierta.

El equipamiento de auscultación colocado en el interior de la red de galerías es muy simple: limnógrafo



Fig. 8. Edificio de la estación de bombeo, situado a pie de presa.



para seguimiento de la evolución del nivel del embalse, medidores del movimiento de las juntas transversales, aforo del drenaje profundo y control de las filtraciones totales de la presa.

8. Edificaciones auxiliares

El agua regulada en el embalse se transporta por bombeo al sistema de abastecimiento urbano. Con este fin se ha construido a pie de presa, en margen derecha, una estación de bombeo. El diseño de esta estación se ha hecho siguiendo la tónica de las edificaciones de la zona, con muros de mampostería de granito y cubierta de pizarra.

Frente a la estación de bombeo se ha construido un segundo edificio auxiliar que alberga el centro de transformación y los grupos electrógenos, con un diseño estructural parecido, aunque evidentemente difieren en las formas. Dispone el centro de transformación de tres cuartos independientes: uno para la entrada de la línea, protecciones y cuadros de medida en alta tensión; otro para el transformador; y el tercero para los cuadros de baja, un grupo electrógeno de instalación fija y otro móvil de menor potencia.

En ambas edificaciones se ha cuidado la estética de las formas y de los materiales, y siendo su costo insignificante, en comparación con el de la presa, constituyen otro de los indicadores importantes de calidad de la obra, tanto para los lugareños como para los foráneos.

9. Control de los accesos

Antiguamente las áreas de los embalses eran de libre acceso (que incluso en algunos de ellos se facilitaba construyendo caminos perimetrales de circunvalación), y muchas veces la coronación se aprovechaba para hacer pasar por ella una carretera. El tiempo ha ido cambiando esta concepción, y hoy en día es normal restringir los accesos a la totalidad o a determinadas partes del embalse, bien sea por motivos ambientales, sanitarios, o de seguridad.

En la presa de Las Navas del Marqués se ha cercado todo el recinto de servicios, situado en la margen derecha, junto al acceso al nivel inferior de las galerías. También se ha procedido a cercar totalmente el embalse, sin dejar pasos para pescadores como se ha hecho en otros.

10. Conclusión

La presa de Las Navas del Marqués es una estructura de dimensiones reducidas (sólo 41 m de altura) y de capacidad de almacenamiento moderada (2 hm³ de agua). Sin embargo, en la construcción de la misma se han cuidado muchos pequeños detalles que le dan el toque singular de innovación y de calidad. El objetivo del presente artículo se cumplirá con creces si alguna de las actuaciones descritas sirve como modelo a aplicar en otras presas en fase de diseño. ♦



Construcción de la presa de Lechago

Construction of Lechago Dam

Revista de Obras Públicas
nº 3.509. Año 157
Abril 2010
ISSN: 0034-8619

Fernando Esteban García. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Confederación Hidrográfica del Ebro. Director de las obras. festeban@chebro.es

Antonio Soriano Peña. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Catedrático de Ingeniería del Terreno. Universidad Politécnica de Madrid. antonio.soriano@upm.es

Antonio Soriano Martínez. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Ingeniería del Suelo, S.A. asm@ingesuelo.com

Resumen: La construcción de la presa de Lechago ha supuesto un reto técnico muy importante. El tamaño de la presa, que debería alcanzar unos 35 m sobre el cauce y la naturaleza del aluvial del río, altamente deformable y de un espesor que localmente supera los 20 m, llevó a proyectar una solución de materiales sueltos con arcillas (núcleo) y pizarras (espaldones) que estaban disponibles localmente. Los problemas técnicos planteados por la debilidad del cimiento han sido resueltos gracias a algunos ensayos in situ (pruebas de tratamiento de la cimentación) y una serie de actuaciones especiales entre las que cabe destacar la cimentación profunda del cuenco del aliviadero y la preconsolidación del cimiento de la presa mediante rebajamiento forzado del nivel freático simultáneo con una precarga. También se incluyen en este artículo los trabajos realizados para investigar la resistencia de la presa frente a un eventual sismo. Trabajos que incluyen ensayos dinámicos en laboratorio de los suelos del cimiento y el cálculo dinámico con un modelo numérico.

Palabras Clave: Presas de tierra; Consolidación; Sismos; Mejora del terreno

Abstract: The construction of Lechago dam has posed an important technical challenge. The size of the dam, that had to reach some 35 m above the river level and the nature of the alluvial soils, highly compressible and with a thickness that is locally greater than 20 m, led the designer to an earth dam with impervious clay core and rock (slate) shoulders that were locally available. The technical problems associated to the foundation have been solved by means of some "in situ" testing (foundation treatment test) and a series of special preventive measures, among them it is opportune to mention the deep foundation of the spillwater stilling basin and the preconsolidation of the foundation of the dam by means of a forced lowering of the water table together with some preloading. It is also included in this paper the studies directed to investigate the dynamic strength of the dam under an eventual seismic loading. Those studies include some laboratory dynamic tests of the foundation soils and the use of a numerical model for dynamic analysis.

Keywords: Earth dams; Consolidation; Earthquakes; Soil Improvement

1. Antecedentes y situación

La presa de Lechago se encuentra situada en el término municipal de Calamocha (Teruel), en el río Pancrudo, cerca de la desembocadura de este con el río Jiloca. Desde el primer tercio del siglo pasado (1932) se venían realizando numerosos estudios para la regulación del río Jiloca, pero es en el año 1998 cuando la empresa PROSER redactó, para la Confederación Hidrográfica del Ebro, el Proyecto Base de la "Presa de regulación del río Jiloca en el T.M. de Ca-

lamocha (Teruel)". El objeto de dicho Proyecto fue el definir las obras necesarias para la construcción de una presa de embalse en el río Pancrudo y de sus estructuras hidráulicas, así como las obras de un trasvase de caudales desde el río Jiloca al embalse. En el año 2002 se anunció el concurso de las obras, para el que se admitían pequeñas variantes. La UTE COPISA S.A. - FERNANDEZ S.A. - BRUES S.A. fue la adjudicataria de las obras correspondientes. Entre los años 2004 y 2008 se ejecutó el cuerpo de presa con sus órganos de desagüe.



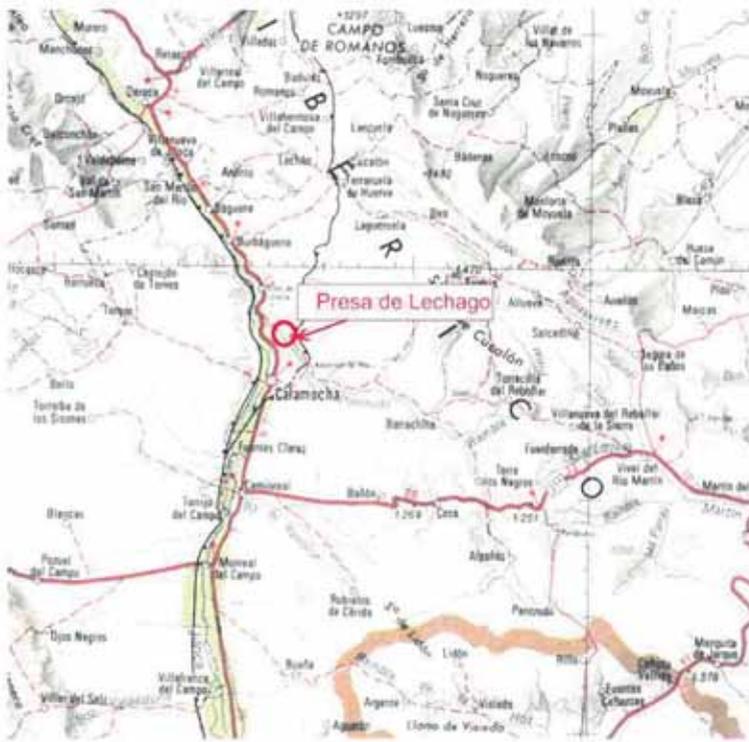


Fig. 1. Plano de situación de la presa.

La construcción de esta obra ha sido dirigida por el primer autor de este artículo con la asistencia técnica de IBERINSA y la colaboración técnica de los coautores.

2. Descripción de la presa y aspectos más destacados del Proyecto de construcción

El proyecto base de la presa de Lechago fue redactado por la Confederación Hidrográfica del Ebro (2002).

La presa tiene una altura máxima sobre cimientos del orden de 39 metros y una longitud de la coronación del orden de 340 metros. La coronación queda situada a la cota 895. El máximo nivel normal de embalse queda situado a la cota 891, el nivel de avenida de proyecto a la cota 893 y el nivel de avenida extrema a la cota 894.

En la zona escogida para la cerrada, el sustrato rocoso está formado por pizarras y cuarcitas compactas que quedan recubiertas por zonas de alteración y por suelos coluviales. En la zona del cauce del Pancrudo existe un depósito de suelos blandos cuyas características resultaron críticas a la hora de proyectar la presa. Ver Fig. 2.

Dentro de los depósitos aluviales se distinguen, de arriba abajo las zonas siguientes:

- Aluvial superior. Tiene un espesor máximo de unos 6 m. Es fundamentalmente granular (gravas, arenas y limos). La evaluación del proyectista lleva a caracterizarlo con un ángulo de rozamiento de 35°.

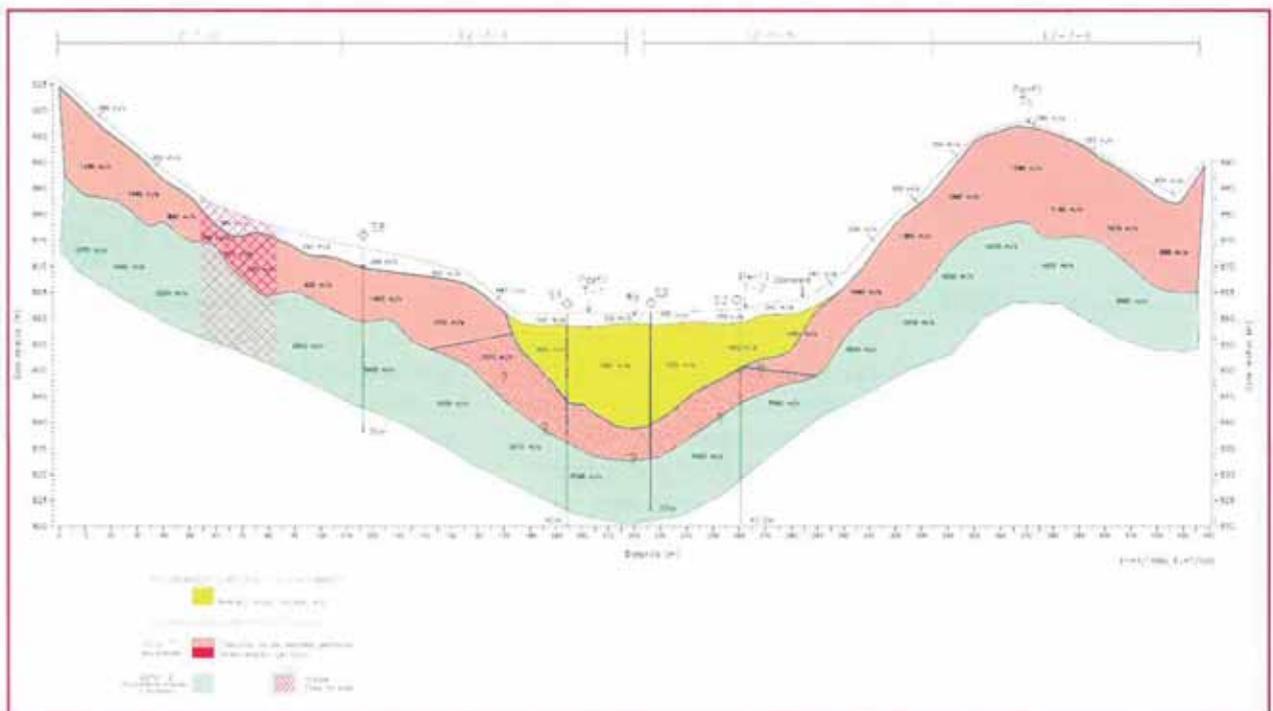


Fig. 2. Perfil geológico-geotécnico de la cerrada.



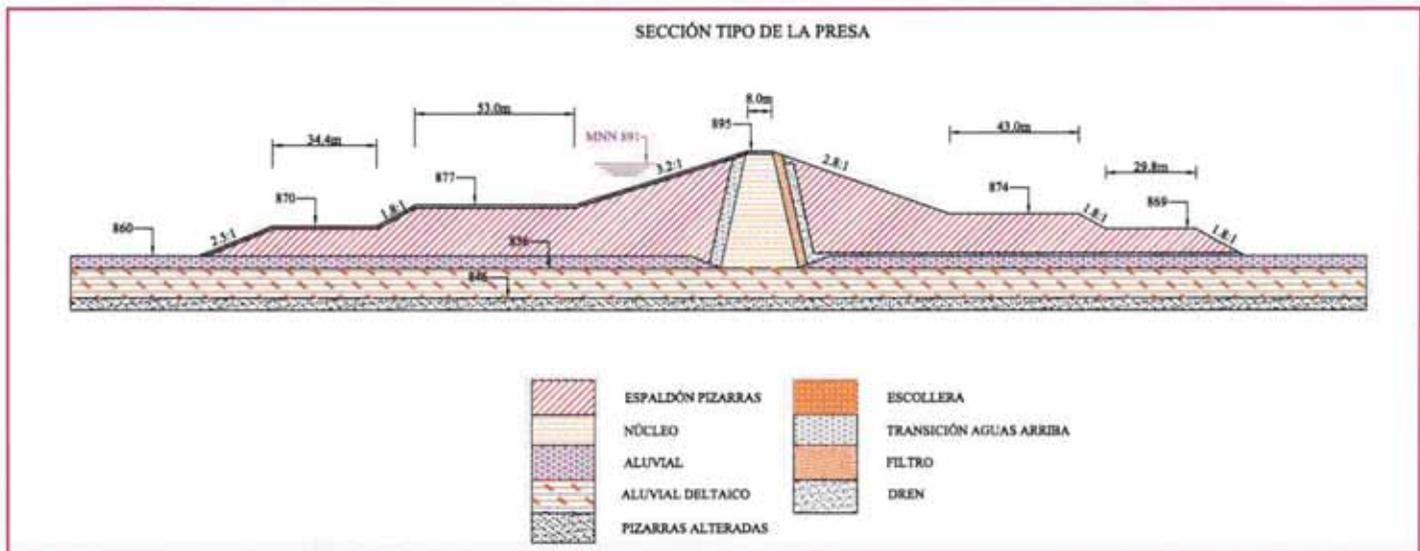


Fig. 3. Esquema de la sección tipo de la presa.

• Aluvial inferior. En los escritos de proyecto esta unidad litológica también recibe el nombre de "aluvial deltaico". Tiene potencia variable (hasta más de 12 m) Está formado por intercalaciones de suelos limo-arcillosos y suelos limo-arenosos. La humedad del límite líquido no suele superar el 35% y el índice de plasticidad no supera el 16%. Las evaluaciones realizadas por el proyectista, llevan a suponer un ángulo de rozamiento de pico superior a 30° y un valor del ángulo de rozamiento residual en el entorno 15°-25°. Para la rotura sin drenaje supone que la resistencia al corte es igual al 25% de la presión vertical efectiva. Como parámetros de deformación propone usar un valor medio del índice de compresión igual a 0,17 y un índice de huecos natural igual a 0,7. En cuanto al coeficiente de consolidación, dato este de gran trascendencia en el proyecto, se indican dos valores según se consideren los resultados de los ensayos edométricos o los ensayos de disipación de los penetrómetros estáticos. Los valores correspondientes son:

$$c_v \text{ (edómetros)} = 3 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$c_h \text{ (penetrómetros)} = 0,45 \text{ cm}^2/\text{min}$$

El segundo valor, expresado en las mismas unidades que el primero sería $c_h = 75 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$, esto es 25 veces mayor que el primero. La parte baja del aluvial inferior es más arenosa. En las primeras descripciones se trata de distinguir esta zona, pero en la evaluación final se considera

que esa parte baja también queda integrada dentro del conjunto "aluvial inferior".

- Zona profunda de coluvión y transición a la roca. La transición entre el aluvial deltaico y la roca queda descrita en el proyecto como una zona de un espesor del orden de 2 m formada por suelos procedentes de la alteración de la roca.

La sección tipo adoptada consiste, básicamente en espaldones de pizarra y núcleo central de arcilla con eje vertical. Dicha sección tipo puede observarse en la Figura nº 3. La anchura de coronación es de 8 metros. En el paramento de aguas arriba existen dos bermas a las cotas 877 y 870 siendo los taludes entre bermas variables. En el paramento de aguas abajo estas bermas quedan situadas más bajas; situadas a las cotas 874 y 869. La ataguía queda integrada en el cuerpo de presa.

El desvío del río/desagüe de fondo se realiza en galería apoyada en las pizarras existentes en la margen izquierda.

El aliviadero, con una capacidad de 586 m³/s, se dispone en la margen derecha, definiéndose el umbral del vertedero a la cota 891,0, siendo la cota de restitución al cauce la 861.

La disposición general en planta de la presa queda reflejada en Fig. 4.

En base a las características del terreno comentadas, el equipo de proyecto concluyó que el asiento de la base del núcleo de la presa podría ser de 1,20 m en el centro del valle. Este asiento se consideró peligroso para el núcleo, que podría agrietarse y por eso



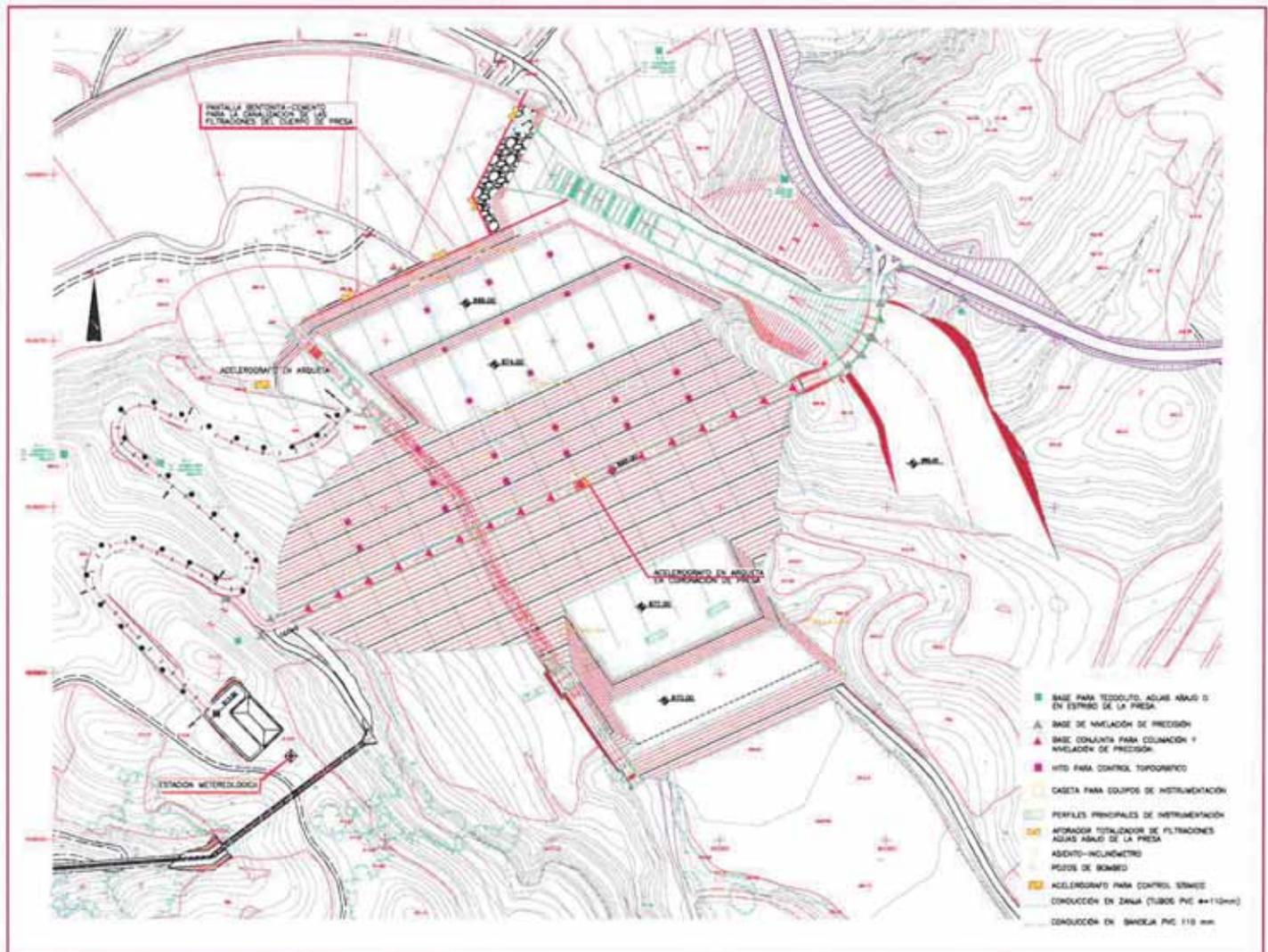


Fig. 4. Planta de la presa.

se decidió proyectar un tratamiento del terreno con objeto de limitar los asentamientos.

El tratamiento se proyectó como una solución de compromiso. Si se eliminan todos los asentamientos (tratamiento muy intensivo y profundo) se llegaría a crear un "punto duro" que no es conveniente. Si se permitiera el desarrollo de todo el asiento se temía que se pudiera llegar a agrietar el núcleo. Como solución de compromiso se establece un fiel de la balanza caracterizado por un asiento máximo de unos 30 cm (reducción del 75% de los asentamientos, aproximadamente). Y para conseguirlo se especificó la construcción de columnas de "col-mix" flotantes.

Por otro lado, y también con este mismo objeto, se condiciona la construcción. El núcleo se construye después que los espaldones con un desfase de cotas

de 4 m. De esa manera los espaldones, que asientan más (su cimiento no está tratado), no arrastran al núcleo en su descenso.

Finalmente, para reducir los asentamientos diferenciales del núcleo entre la ladera y el cauce, se construye antes la presa en el valle y después que ésta ha asentado, se construye la parte que apoya en las laderas rocosas.

La lucha contra los asentamientos, por lo tanto, es causa de tres medidas: el tratamiento de la cimentación (1) mediante la ejecución de columnas de "col-mix", la construcción retrasada del núcleo respecto a los espaldones (2) y la construcción adelantada de la presa en la zona del cauce respecto a las laderas (3).

Otro aspecto importante considerado en el Proyecto de Construcción es el relativo al sismo. Si



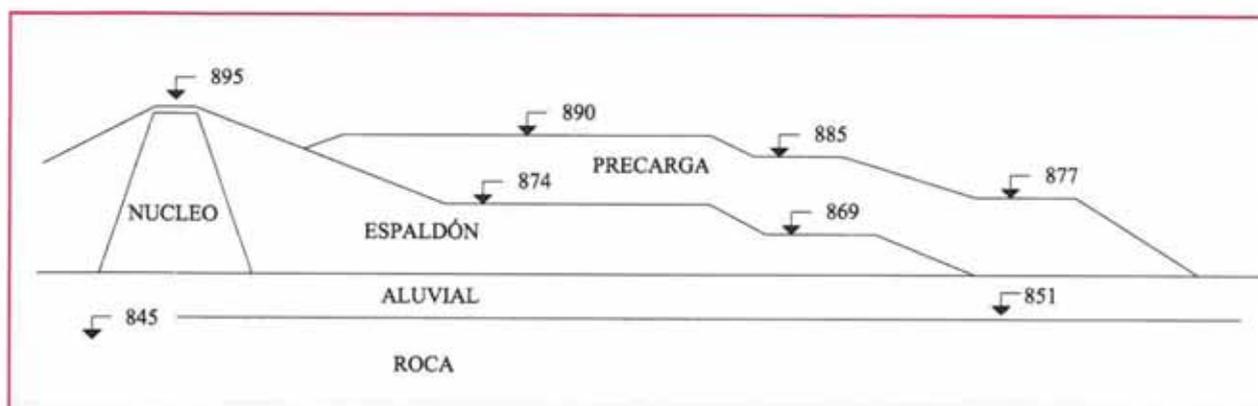


Fig. 5. Esquema de precarga prevista en Proyecto.

bien, según el Reglamento Técnico de Seguridad de Presas y teniendo en cuenta lo que se indica en la Norma Sísmica NCSE-94, entonces de obligado cumplimiento, no sería preceptivo considerar el efecto sísmico en este emplazamiento. El equipo de proyecto consideró necesario realizar un estudio especial para considerar el efecto sísmico, que concluye en una determinada acción de cálculo que, aplicada al cuerpo de presa, según el método pseudoestático, conduce a ser la hipótesis crítica condicionante de la estabilidad de la sección tipo.

Por este motivo, para tener seguridad suficiente frente al sismo, y teniendo en cuenta que ya no cabe un talud más tendido en el espaldón de aguas abajo, se decide aumentar la resistencia del terreno mediante una precarga del espaldón de aguas abajo con una altura de escollera de 16 m, según se indica en el esquema de Fig. 5. Dicha precarga debería ejecutarse una vez coronada la construcción de la presa en la zona central del valle.

Como más adelante se comenta, las observaciones y pruebas realizadas durante la construcción permitieron concluir con éxito la obra con procedimientos más convencionales. No fue necesario construir las columnas de "col-mix" ni retrasar la construcción del núcleo o de los estribos. La precarga necesaria fue de menores dimensiones.

3. Desvío del río

Las obras de la presa comenzaron en el año 2004 con la construcción de la galería correspondiente al desvío del río/desagüe de fondo, en la Fotografía 1 se muestra esta parte de la obra.

Entre los meses de abril y agosto de 2005 se realizó la ataguía necesaria para acometer las obras sin la interferencia de los caudales del río Pancrudo.

En primer lugar se realizó la pantalla de bentonita-cemento, utilizando, como base, 50 kg/m³ de bentonita y 250 kg/m³ de cemento. Las dosificaciones se fueron ajustando en función de las observaciones en obra y sirvieron como prueba para la pantalla impermeable bajo el núcleo de la presa.

Con objeto de tener datos objetivos con respecto a la deformabilidad del cimientto, se colocaron 3 placas de asiento en la base de la ataguía, registrando los asientos durante la construcción y durante el mes posterior.

Los asientos se produjeron prácticamente durante la propia construcción. Al final de la misma se había producido ya el 90% del asiento total registrado, siendo el tiempo de construcción menor de un mes. Se observó que los asientos registrados en la zona central

Foto 1. Vista del conducto de desvío, desagües y tomas.



Fig. 6. Sección tipo de la atagüa.

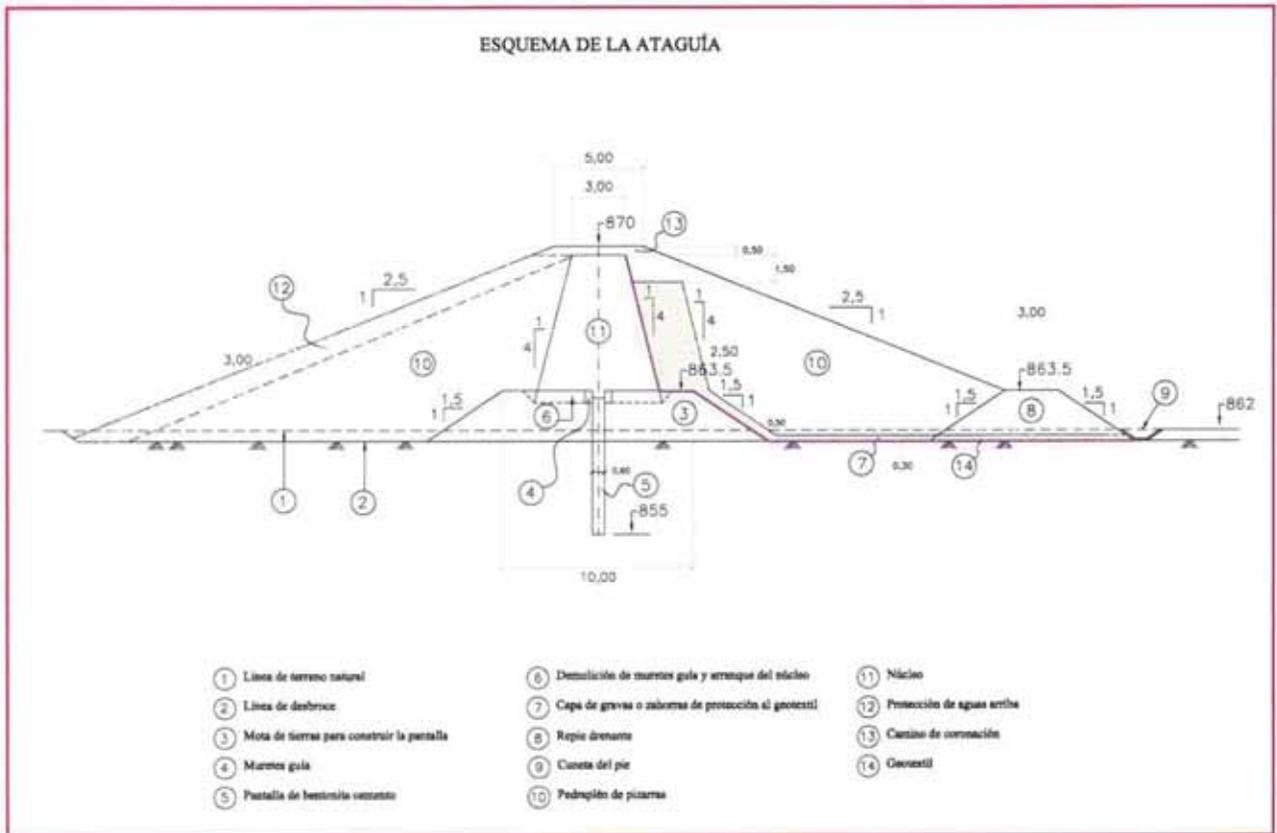
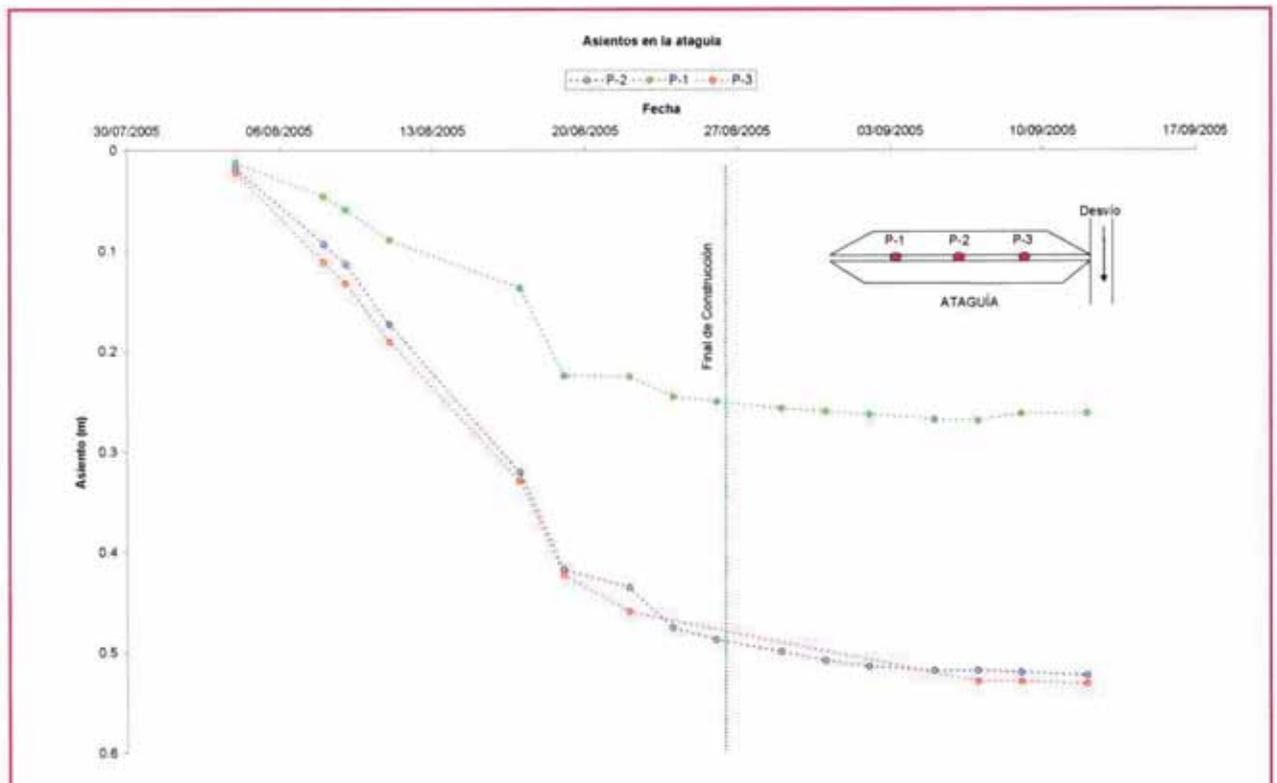


Fig. 7. Evolución de asentamientos en la base de la atagüa.



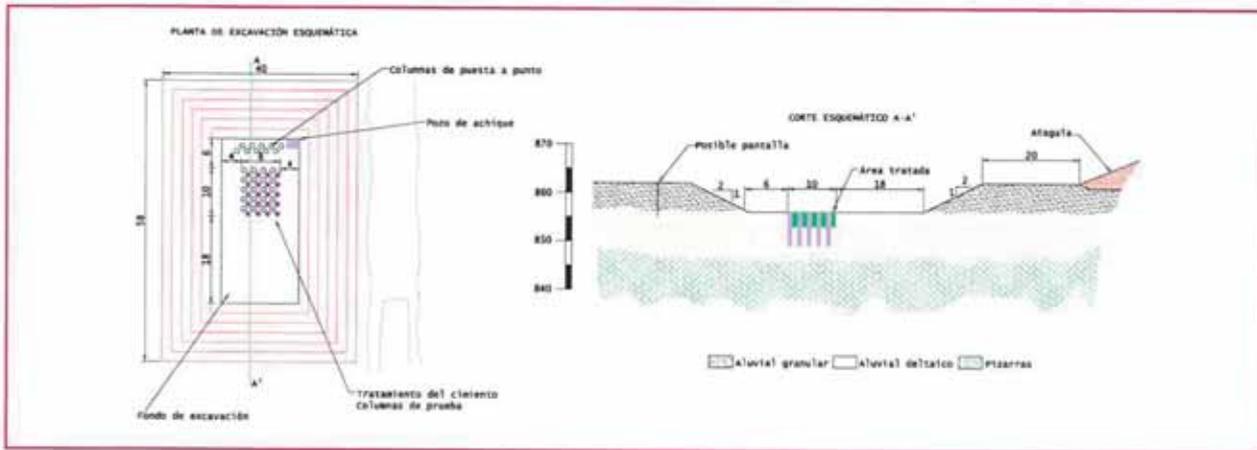


Fig. 8. Esquema de la prueba de tratamiento del núcleo del núcleo con columnas de col-mix.

(P-2) y en el estribo izquierdo (P3) eran muy similares entre sí pero muy diferentes a los registrados en el estribo derecho (P-1). Por este motivo se realizaron sondeos en la posición decidida para las placas de asiento resultando que, el espesor de aluvial deltaico defectado en la zona central y en el estribo izquierdo era de más del doble que el detectado en el estribo derecho, lo que explica la diferencia de asentamientos observados.

En todo caso se concluyó que la consolidación del cemento era rápida y que los valores de los coeficien-

tes c_h y c_v antes mencionados carecían de importancia práctica en esta obra.

4. Prueba de tratamiento del cemento

Poco después de finalizar la construcción de la atagüeta, entre los meses de septiembre y octubre de 2005 se llevó a cabo una prueba del tratamiento del cemento propuesto en el Proyecto de Construcción.

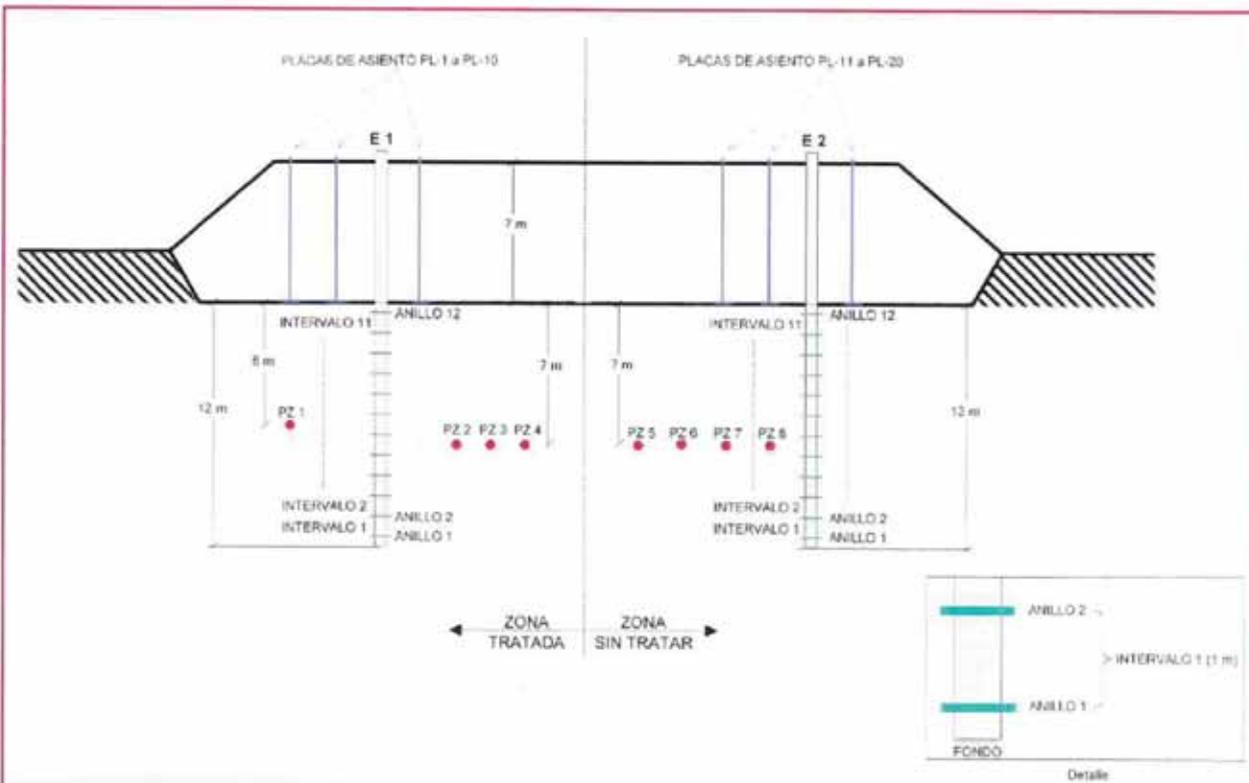
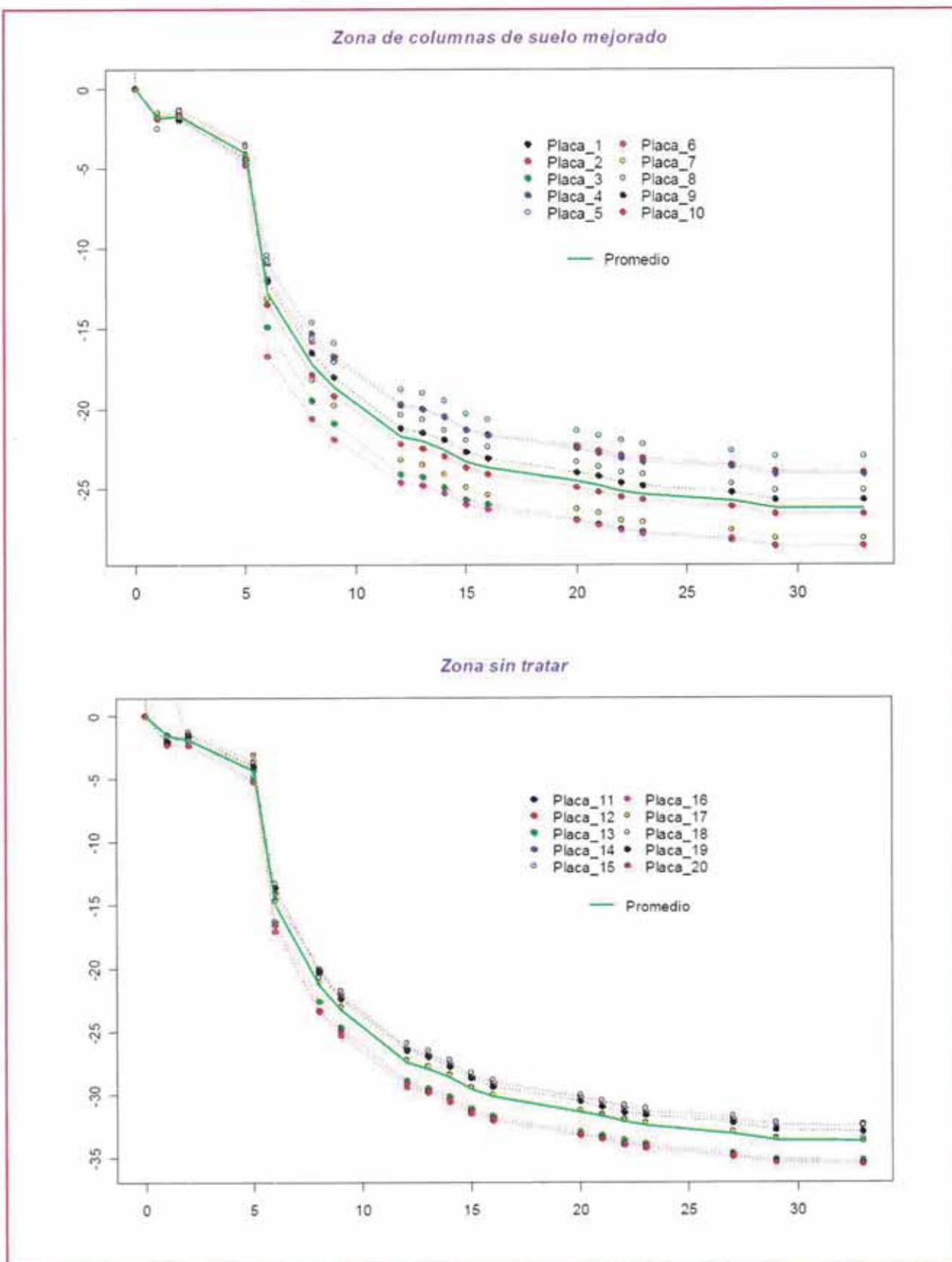


Fig. 9. Auscultación de la prueba de tratamiento de la cimentación del núcleo.



Fig. 10. Datos de control de asentamientos. Prueba de tratamiento.



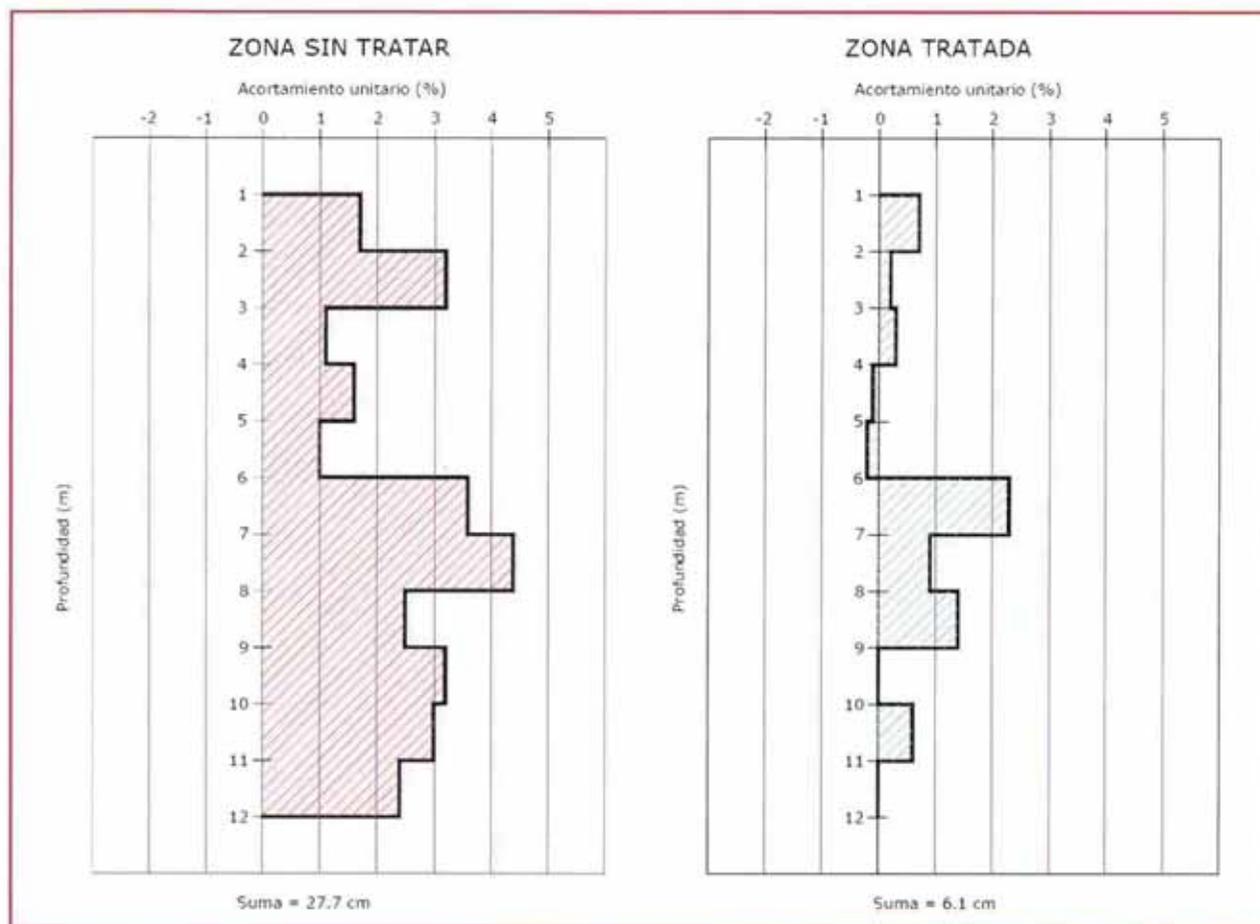


Fig. 11. Acortamientos unitarios verticales. Prueba tratamiento.

Para realizar la prueba se escogió una zona cercana al pie de aguas abajo de la ataguía. Previamente a su ejecución, se efectuaron reconocimientos geotécnicos con objeto de establecer tanto la posición como el espesor de aluvial deltaico.

La prueba consistió en la excavación del material granular superficial, de unos cuatro metros de espesor en este lugar, dejando una plataforma rectangular en el aluvial deltaico de 16 x 32 metros. En una mitad de dicha plataforma se realizó el tratamiento del cimiento propuesto en Proyecto, dejando la otra mitad sin tratamiento alguno. Posteriormente se dispusieron los instrumentos de auscultación (piezómetros, placas de asiento y tubos extensométricos) realizando un relleno de 7 metros de altura con respecto a la plataforma ejecutada.

Durante un mes se estuvieron tomando datos de asientos y presiones intersticiales, resultando un asiento de 26,2 cm en la zona tratada y de 33,7 cm en la zona sin tratar. Los asientos se produjeron de manera rápida (menos de un mes). Adicionalmente, los piezó-

metros situados en el cimiento no registraron incrementos significativos de presión.

Los acortamientos unitarios registrados por las tuberías extensométricas sí mostraron un comportamiento distinto en la zona tratada que en la no tratada. Mientras en la zona tratada el acortamiento unitario registrado fue prácticamente nulo, en la zona no tratada dicho acortamiento resultó significativo. Dado que los asientos totales resultaron similares, se dedujo que las columnas de "col-mix" debieron punzonar el aluvial inferior.

Más detalles de esta prueba pueden consultarse en la publicación de F. Esteban y A. Soriano (2008).

A raíz de los resultados obtenidos tanto en la prueba de tratamiento del cimiento como en el seguimiento de los asientos registrados en la ataguía, se recomendó no realizar tratamiento del terreno alguno en el cimiento de la presa por varios motivos: la consolidación es rápida y, por tanto, los asientos post-constructivos serán pequeños, los sistemas asociados al control de calidad de la técnica de tratamiento





Foto 2. Excavación en el entorno de la pantalla de bentonita-cemento para el apoyo del núcleo.

con "col-mix" no se encuentran bien establecidos y por último, porque las columnas de "col-mix" no permitirían que los suelos que quedan entre las columnas bajo el cimientado del núcleo queden debidamente comprimidos.

5. Construcción del cuerpo de presa

Una vez realizada la ataguía y la prueba de tratamiento del cemento comenzaron las obras correspondientes a la pantalla de impermeabilización bajo el

Foto 3. Excavaciones para la cimentación del cuenco del aliviadero.



núcleo de la presa y del pie de aguas abajo además de las excavaciones correspondientes para el apoyo del cuerpo de presa.

En el mes de abril de 2006 se colocó la primera tongada del núcleo a la cota 857. Compaginando la construcción del cuerpo de presa se comenzó la excavación necesaria para el apoyo del cuenco del aliviadero.

En el proyecto se estimaba que a la cota de apoyo del cuenco (853) se encontrarían las pizarras suficientemente sanas como para realizar el apoyo directo de la estructura. Al comenzar las excavaciones se observó que, a esa cota se encontraba un nivel de aluvial deltaico. Se decidió, en un primer lugar, continuar la excavación hasta alcanzar las pizarras, realizando un relleno posterior con escollera hormigonada hasta el nivel de apoyo del cuenco.

Al alcanzar tres metros más de excavación y no descubrir la roca se realizaron reconocimientos con objeto de conocer la profundidad a la que se encontraban realmente las pizarras. Estos reconocimientos reflejaron que la roca en esa zona se encontraba en torno a la cota 840, es decir, 13 más profunda de lo previsto.

A la vista de estos datos se estimó que, con la inclinación prevista, la estabilidad de los taludes de excavación para realizar el apoyo podía no resultar suficiente afectando una posible inestabilidad al cuerpo de presa ya parcialmente construido, por lo que se decidió realizar una cimentación profunda del cuenco del aliviadero mediante pilotes de 1,5 metros de diámetro.

Para ejecutar la cimentación del cuenco del aliviadero fue necesario paralizar la construcción del cuerpo de presa. Esta paralización se efectuó entre los meses de diciembre de 2006 y junio de 2007, quedando situado el cuerpo de presa a la cota 874.

Las excavaciones necesarias para construir el cuenco del aliviadero obligaron a construir unos pozos de achique. Y durante la ejecución de esta estructura se consiguió mantener localmente rebajado el nivel freático.

Fue durante la ejecución del cuenco del aliviadero cuando se decidió, con los pozos de achique disponibles en aquel momento (existían otros practicados para el rebajamiento local del nivel freático en el pie de presa), realizar una prueba conjunta de rebajamiento del nivel freático bombeando desde todos los pozos simultáneamente durante algunos días del

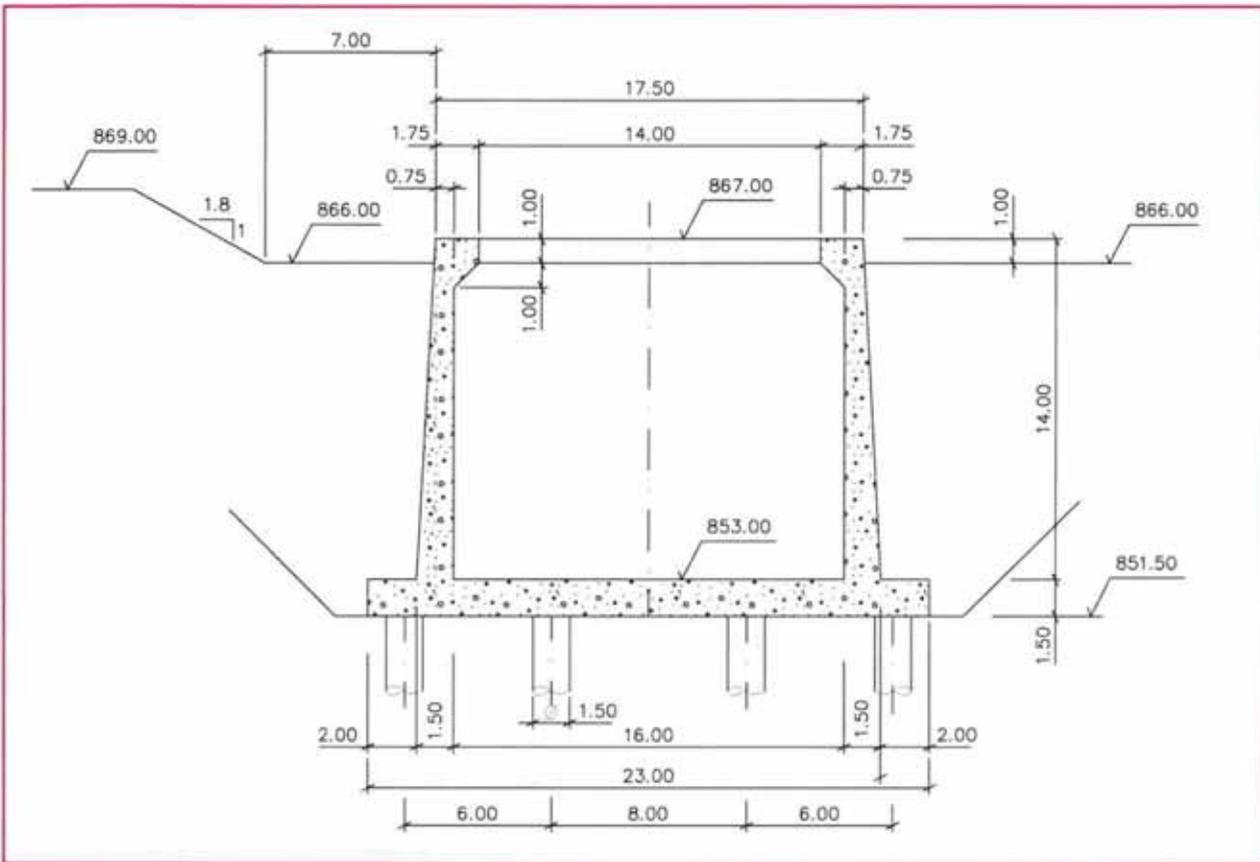


Fig. 12. Sección tipo del cuenco.

Foto 4. Cimentación del cuenco del aliviadero.

mes de marzo de 2007, observándose en los piezómetros que dicho rebajamiento resultaba efectivo, si bien no tanto como lo esperado debido a la intensa pluviometría de aquellas fechas. Al cesar el bombeo los niveles piezométricos se recuperaron en un corto espacio de tiempo (días). De la prueba de bombeo se estimó que, en caso de realizar el achique en condiciones de escasa lluvia, se conseguiría rebajar apreciablemente el nivel freático. Esto dio pie a la preparación del bombeo de consolidación que se llevaría a cabo más adelante.

Una vez finalizadas las obras correspondientes al cuenco del aliviadero, se continuó con la construcción del cuerpo de presa entre los meses de julio y septiembre de 2007, alcanzándose la cota 886. Prácticamente se había colocado ya la mayor parte del peso de los espaldones y sólo faltaba acometer la parte alta del cuerpo de presa. Ese momento se creyó adecuado para acentuar la consolidación del cemento.

La ejecución de la precarga prevista en proyecto interfería con la presencia del cuenco del aliviadero, por lo que se estudió una alternativa para la consoli-





Foto 5. Vista del cuenco de amortiguación construido.

dación del cimienta que permitiese reducir al máximo la precarga.

La alternativa consistió en la realización de un rebajamiento del nivel freático. Dado que el área a ocupar por el espaldón de aguas abajo se encontra-

ba delimitado por sendas pantallas impermeables (la situada en el núcleo y la situada en el pie de la presa), se consideró posible este rebajamiento utilizando métodos convencionales (pozos y bombeo).

Se decidió realizar el rebajamiento forzado del nivel freático cuando el cuerpo de presa alcanzase la cota 886, controlando en las fases previas de construcción las deformaciones y presiones intersticiales que pudieran generarse. Se estimó que esta consolidación forzada, habida cuenta la velocidad de consolidación del terreno ya conocida (por la observación de los asentos de la ataguía y la experiencia de la prueba de carga), sería suficientemente rápida como para no dilatar la construcción y se estimó que podrían ser suficientes del orden de 20 días.

En cualquier caso, la consolidación mediante el rebajamiento del nivel freático iría acompañada de una precarga del espaldón de aguas abajo, pero se propuso una de menores proporciones, sólo de 3 m de altura, colocada sobre las bermas de las cotas 869 y 874.

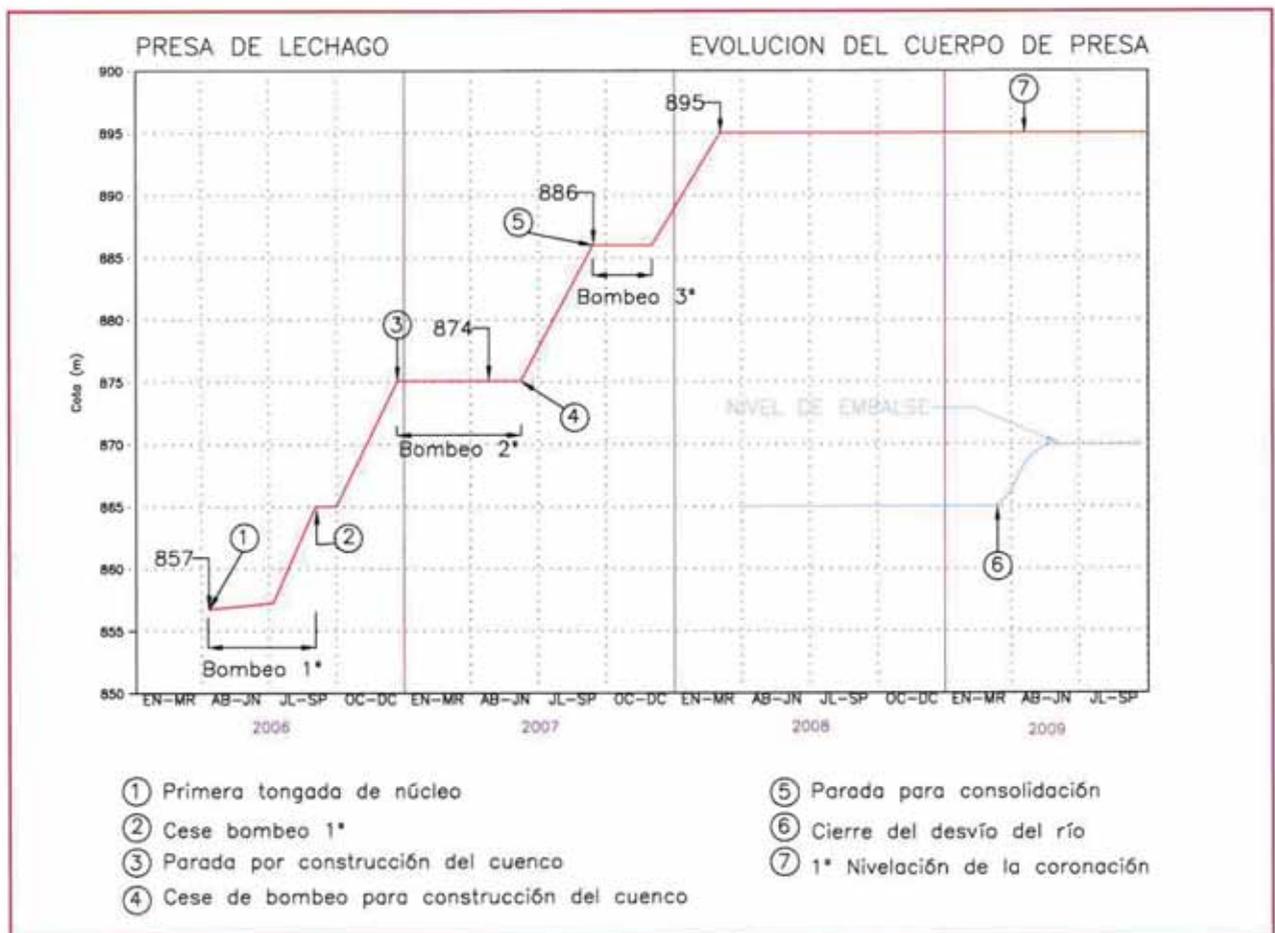




Foto 6. Estado de las obras cerca del final de construcción.

En el mes de septiembre de 2007 se detuvo nuevamente la construcción, esta vez para realizar el rebajamiento forzado del nivel freático previsto. Para ello se utilizaron todos los pozos existentes más otros cuatro específicamente perforados con este fin, interesando la roca de cimentación.

Durante la fase de bombeo se consiguió rebajar el nivel freático 2,5 metros, como media en el cimientado del espaldón de aguas abajo. El caudal de achique alcanzó un régimen estacionario que llegó a sumar, entre todos los pozos, la cifra de unos 1.000 m³/día.

Por último, una vez consolidado el cimientado del espaldón de aguas abajo, en diciembre de 2007, se dio por finalizado el bombeo y entre finales de diciembre de 2007 y comienzos de marzo de 2008 se continuó con la construcción del cuerpo de presa hasta llegar a coronación, sólo quedaba pendiente la construcción del camino correspondiente. En el mes de marzo de 2009 se cerró el desvío del río, quedando el nivel de embalse a la cota de la toma del desagüe de fondo (870).

La representación gráfica de la evolución de la construcción del cuerpo de presa queda recogida en el esquema de la Figura nº 13. El estado de las obras, ya cerca del final de construcción, puede apreciarse en la Fotografía nº 6.

6. Auscultación

Durante todo el proceso de construcción se llevó a cabo la lectura del sistema de auscultación dispuesto en el cuerpo de presa. En el Proyecto de Construcción se establecieron cuatro secciones de auscultación en las que se ha ido controlando los asentos del cuerpo de presa, las presiones intersticiales tanto en el núcleo como en el cimientado y las presiones totales.

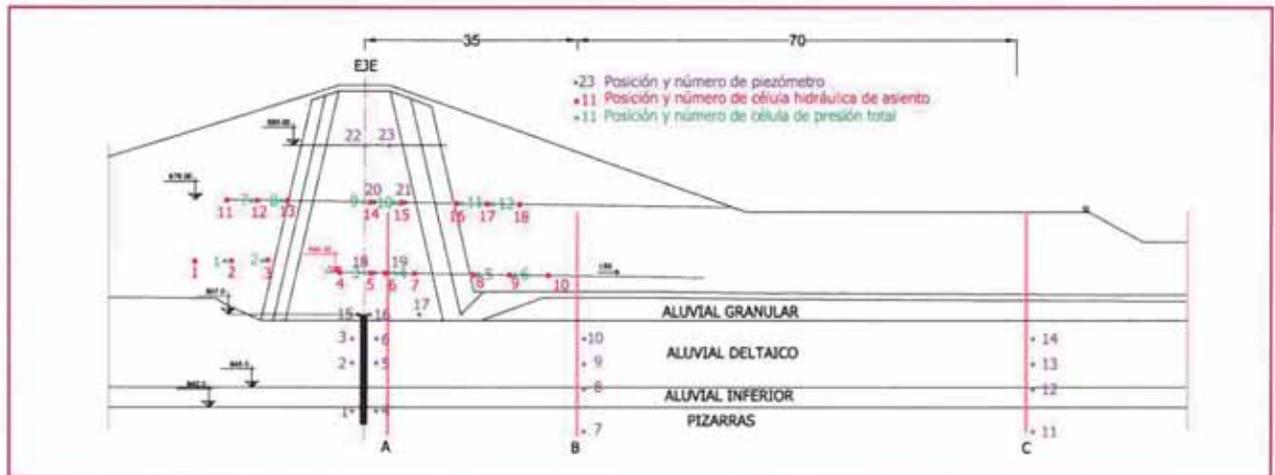
Dentro de los datos de auscultación, la sección más representativa del comportamiento del cuerpo de presa y de su cimientado es la situada en la zona central (Perfil 10). En esta sección se instalaron piezómetros, células hidráulicas de asiento y células de presión total, tal como se muestra en la Figura 14.

Existen instalados, en esa sección, 14 piezómetros en el cimientado y 9 en el núcleo. Se cuenta con datos de los piezómetros del cimientado desde el mes de abril de 2006, es decir, desde el inicio de la construcción del cuerpo de presa. Los piezómetros situados en el núcleo comenzaron a aportar registros desde su instalación.

En los piezómetros del cimientado se observa que existe diferencia de cota piezométrica entre los piezómetros situados aguas arriba de la pantalla y aguas abajo del orden de 6 metros para el embalse vacío. Con el



Fig. 14. Esquema de la oscultación del perfil 10.



cierre del desvío del río (embalse e cota 870), se incrementa ese diferencial a unos 12 metros. En la evolución histórica se observa el efecto de la prueba de bombeo realizada en marzo de 2007 y del bombeo realizado entre los meses de octubre y diciembre de 2007.

También se observa que existe cierto gradiente hacia aguas abajo, marcándose una diferencia de cota piezométrica de 2 metros entre la zona cercana al eje de la presa y el pie de aguas abajo de la misma.

Los piezómetros situados en el núcleo fueron instalándose conforme se construía el cuerpo de presa, aportando lecturas desde su instalación. Estos piezómetros no registran sobrepresiones destacables.

En el perfil 10 se instalaron un total de 18 células hidráulicas de asiento. 10 de ellas a la cota 864 (3 aguas arriba, cuatro en el núcleo y 3 aguas abajo) y 8 a la cota 876 (3 aguas arriba, 2 en el núcleo y 3 aguas abajo). En Figura nº 16 se representa la evolución del

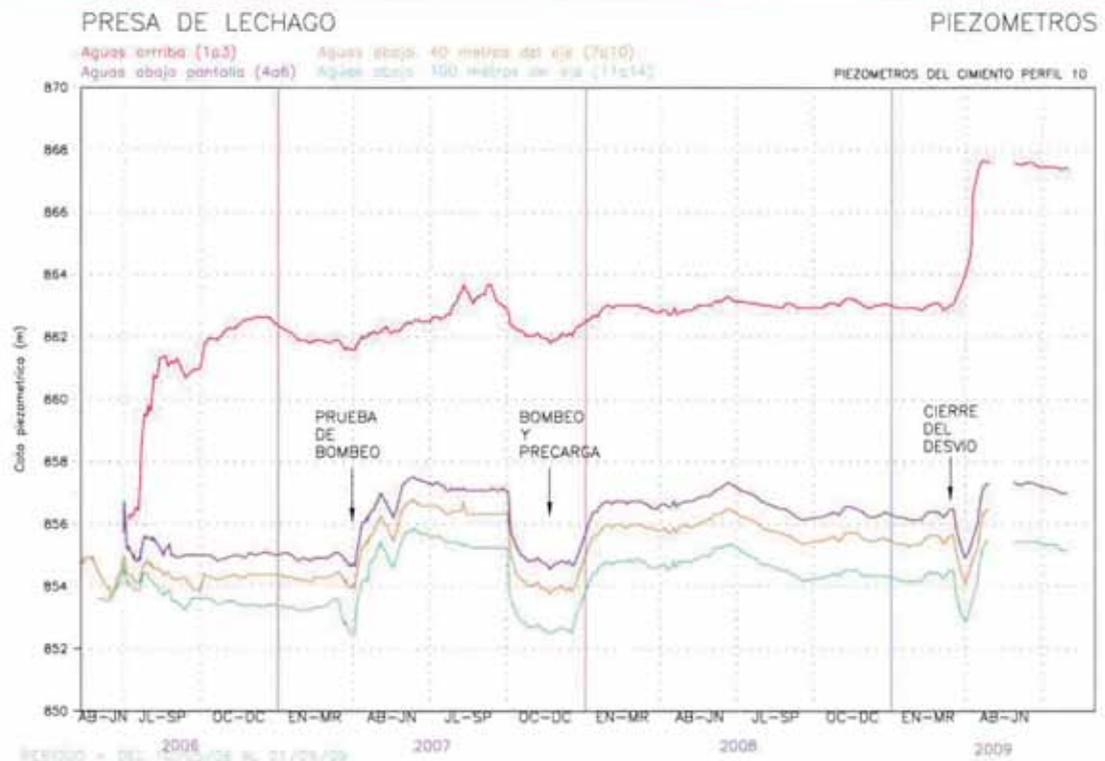


Figura nº 15. Ejemplo de la evolución de niveles piezométricos



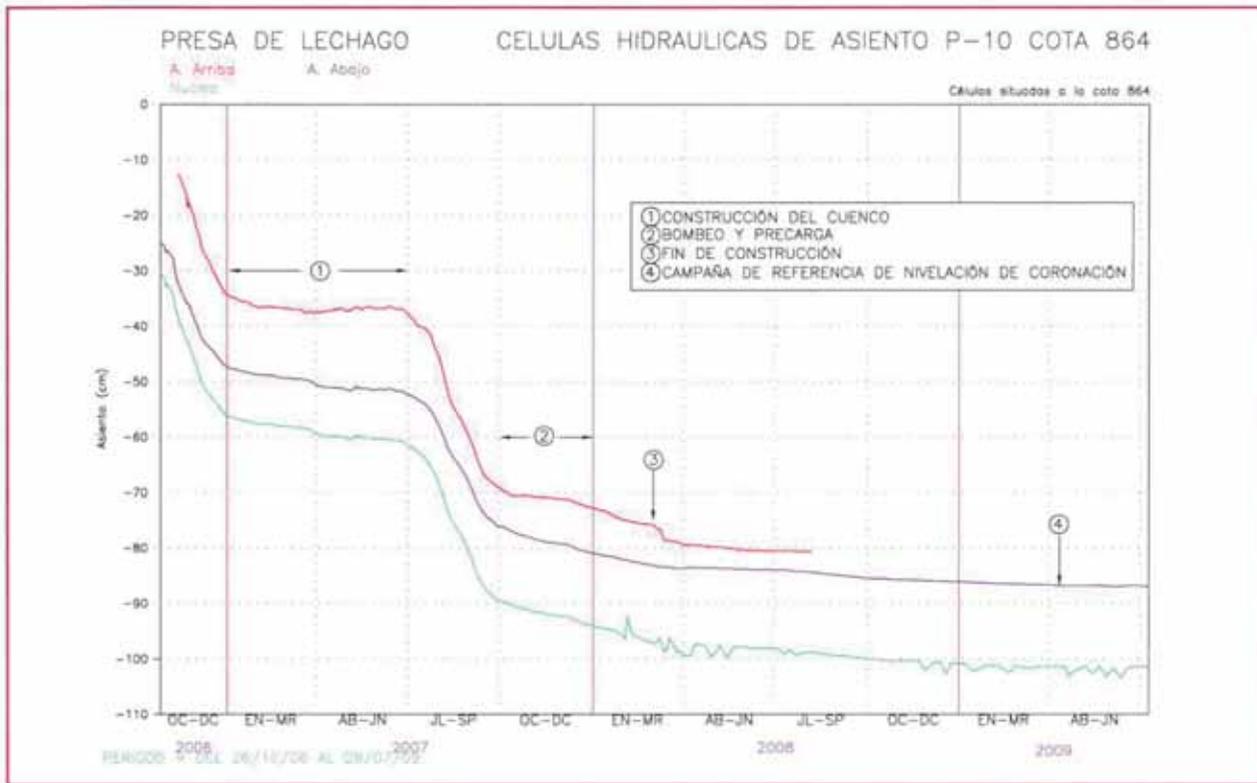


Fig. 16. Registro de evolución de asentamientos a la cota 864, P-10.

asiento medio a la cota 864, de las tres células del espaldón de aguas arriba, el asiento medio de las cuatro células del núcleo y el valor medio del asiento de las tres células del espaldón de aguas abajo.

En las células situadas en el núcleo a la cota 864 se ha llegado a registrar un asiento máximo de 1 metro. Bajo el espaldón de aguas arriba se ha medido un asiento máximo de 80 cm (estas células dejaron de leerse al cerrarse el desvío del río) y bajo el espaldón de aguas abajo el asiento máximo registrado es de 87 cm.

Conviene indicar que el asiento registrado en las células es relativo a la cota de la caseta en la que se miden. Estas casetas comenzaron a nivelarse, para corregir las lecturas, durante las primeras fases de la construcción, pero dada la dificultad de esta nivelación y debido a que los asentamientos registrados en las casetas eran de escasa entidad con respecto a los totales, se dejó de nivelar las casetas. Este hecho hace que los asentamientos absolutos puedan ser algunos centímetros mayores que los representados.

En el perfil 10 se dispusieron un total de 12 células de presión total: 6 a la cota 864 (2 aguas arriba, 2 aguas abajo y 2 en el núcleo) y 6 a la cota 876 (repartidas de igual manera). Se han comparado las presio-

nes totales obtenidas de las lecturas de las células de presión con los resultados obtenidos en el modelo numérico que se efectuó para representar la sección central de la presa. De dicha comparación se dedujo que, en general, las lecturas registradas en las células de presión total eran muy erráticas. Pero tomando como dato representativo la media de las células homólogas de cada uno de los perfiles auscultados, dichos valores medios quedaban en el rango de valores esperable. En cualquier caso no son fácilmente interpretables los detalles de los datos aportados por estos aparatos.

Además de las secciones de auscultación (se ha comentado la más representativa) se dispusieron en el

Fig. 17. Esquema de posición de los extensómetros.

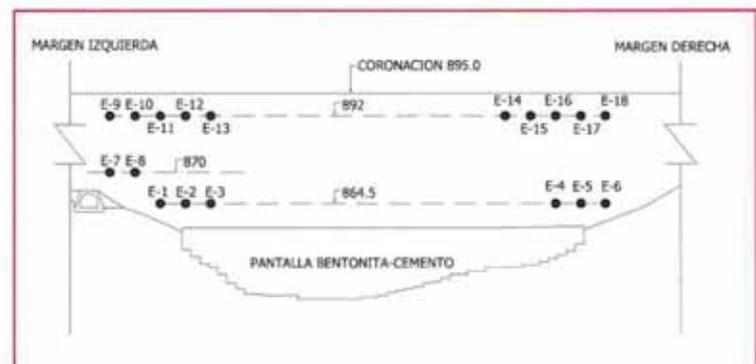
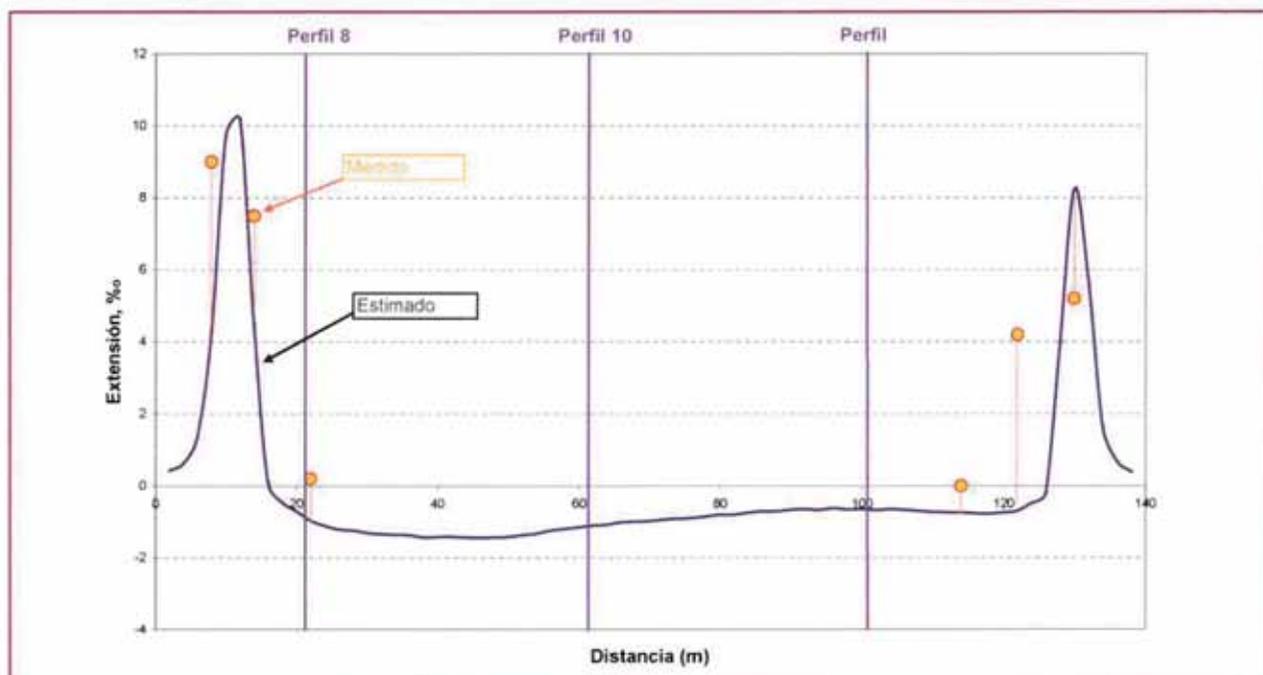


Fig. 18. Extensiones horizontales a cota 864.



cuerpo de presa una serie de extensómetros de gran base de medida de cuerda vibrante con objeto de controlar los posibles desplazamientos diferenciales en sentido longitudinal, que pudieran dar lugar a la apertura de grietas en el núcleo en las zonas donde se producen cambios bruscos de pendiente en sentido longitudinal. Ver Fig. 17.

Estos extensómetros se encuentran ubicados en las transiciones del terreno blando aluvial a los estribos de roca en ambas márgenes tanto a cotas bajas como en coronación. Concretamente existen tres extensómetros en la margen izquierda y tres en la margen derecha situados a la cota 864,5 en la zona donde se producen estas transiciones, otros dos en la margen izquierda a la cota 870 en la zona cercana a la galería y por último, a la cota 892 cinco en la margen izquierda y otros cinco en la margen derecha en la zona donde se produce la transición descrita.

Con objeto de tener un orden de magnitud previo de las deformaciones transversales esperables, se realizó un cálculo (con el programa FLAC) en dos dimensiones y en condiciones intermedias entre deformación plana y tensión plana, con una geometría que reproduce el perfil longitudinal de la presa de estribo a estribo. Con dicho cálculo se estimaron los alargamientos que serían esperables en cada uno de los extensómetros al final de la construcción. Como ejemplo, en la Figura nº 18 se comparan las mediciones de la auscultación con los re-

sultados obtenidos del modelo de cálculo para los extensómetros situados a la cota 864,5.

Como puede observarse en la mencionada figura, los datos estimados no coinciden con los realmente medidos. Esto puede deberse a que el factor de corrección utilizado para considerar el efecto tridimensional de la situación real sea distinto al considerado en el cálculo, que la pendiente del contacto pizarras-aluvial sea distinta de la considerada, que los extensómetros se encuentren algo desplazados con respecto a su situación teórica,.... En cualquier caso, las extensiones medidas son moderadas y obedecen a un comportamiento explicable sin implicar la aparición de grietas.

Poco después del cierre del desvío del río se realizó la campaña de referencia para la nivelación de la coronación. Se cuenta con cinco campañas de nivelación, habiéndose registrado un asiento máximo desde entonces de 1 cm en la zona del perfil 10 (sección central de la presa). Ver Fig. 19.

7. Estudio de comportamiento sísmico

Tanto en la fase de proyecto como en la fase de construcción se realizaron varios estudios de estabilidad del cuerpo de presa en condiciones sísmicas utilizando métodos pseudoestáticos.



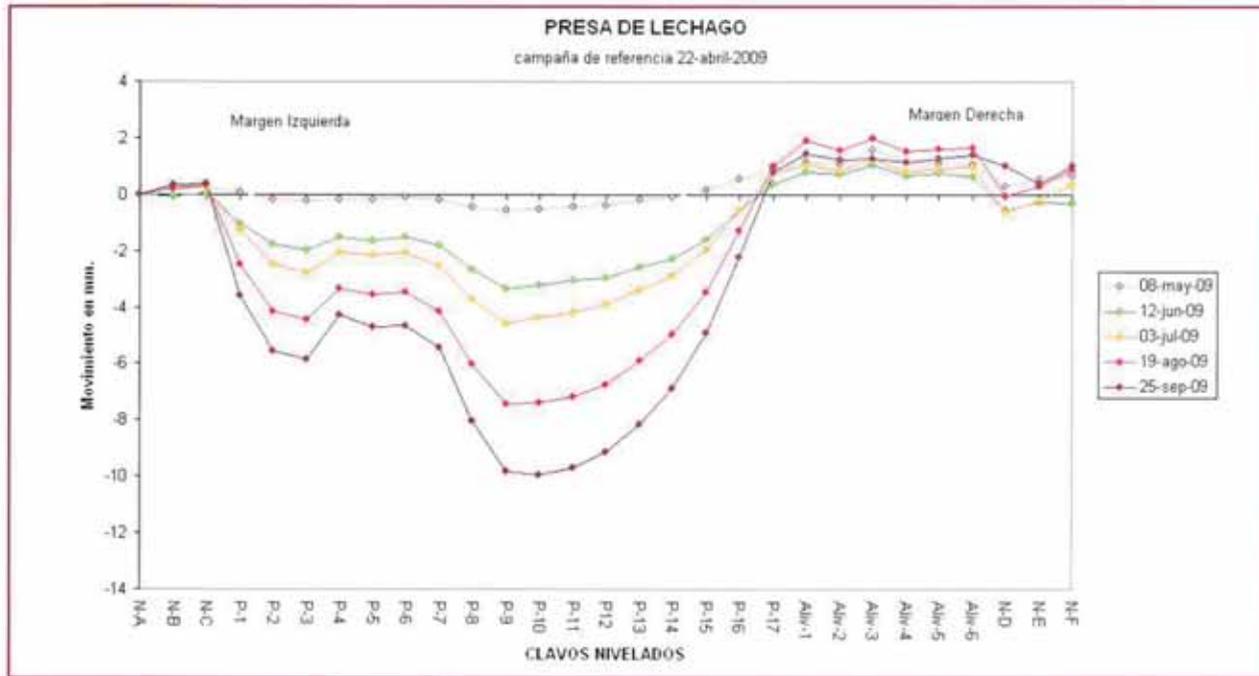


Fig 19. Registro de asentamientos de la coronación de la presa.

Teniendo en cuenta los datos aportados por estos estudios, así como los ensayos de corte dinámicos realizados con materiales del cemento obtenidos mediante nuevos sondeos, practicados durante la propia construcción de la presa, se abordó un cálculo dinámico utilizando un programa de ordenador basado en el método de las diferencias finitas (FLAC).

Para realizar el cálculo dinámico se preparó un modelo numérico bidimensional de la presa y el cimiento, utilizando la geometría correspondiente al perfil nº 10. Se simuló en el modelo la construcción por tongadas. Y el modelo se ajustó, dentro de lo posible, a los datos obtenidos a través del sistema de auscultación, particularmente en lo relativo a asentamientos y presiones intersticiales en cimientos. Después se simuló el futuro llenado de la presa, generándose las presiones intersticiales correspondientes. De este modo se estableció el estado inicial de tensiones (y presiones intersticiales) del modelo de cálculo dinámico en la situación previa al sismo; embalse lleno y régimen estacionario de presiones intersticiales.

Para realizar el cálculo dinámico se consideró que las características resistentes dinámicas eran iguales a las estáticas para aquellos materiales que drenan bien (espaldones de escollera y drenes) así como las de los materiales rígidos o no saturados (núcleo). Se supuso también para esos materiales que el comportamiento previo a la rotura era exclusivamente elástico

ca y que el módulo de elasticidad dinámico era varias veces superior al estático.

Con objeto de conocer el comportamiento del aluvial deltáico presente en el cimiento de la presa de Lechago, que es el elemento de mayor interés cara a la estabilidad de la presa, se llevaron a cabo cuatro ensayos de corte simple monotónicos y dieciséis ensayos de corte simple cíclico con muestras inalteradas de dicho material obtenidas mediante sondeos en la obra. Los ensayos se realizaron en el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).

En base a los resultados de dichos ensayos se elaboró el gráfico de Figura nº 21 en la que se relaciona el número de ciclos necesarios para provocar una deformación angular del 5% con las tensiones de prueba utilizadas en cada ensayo. La rotura del suelo en estos ensayos dinámicos no es frágil. No se produce ningún cambio repentino donde las deformaciones aumenten radicalmente.

Para conocer los parámetros efectivos de la resistencia del terreno, se fijó, para caracterizar el material, el valor del 5% de deformación angular como valor límite. Cuando se alcanza esa deformación se tiene un valor $\sigma'_v = \sigma'_{v0} - u$ y $\tau_{m\acute{o}x} = \tau_0 + \Delta\tau$ que pueden dar una idea del ángulo de rozamiento que se llega a movilizar. Con esos datos se preparó el diagrama de resistencia de la Figura nº 22.



Fig. 20. Modelo numérico de la sección tipo de la presa.

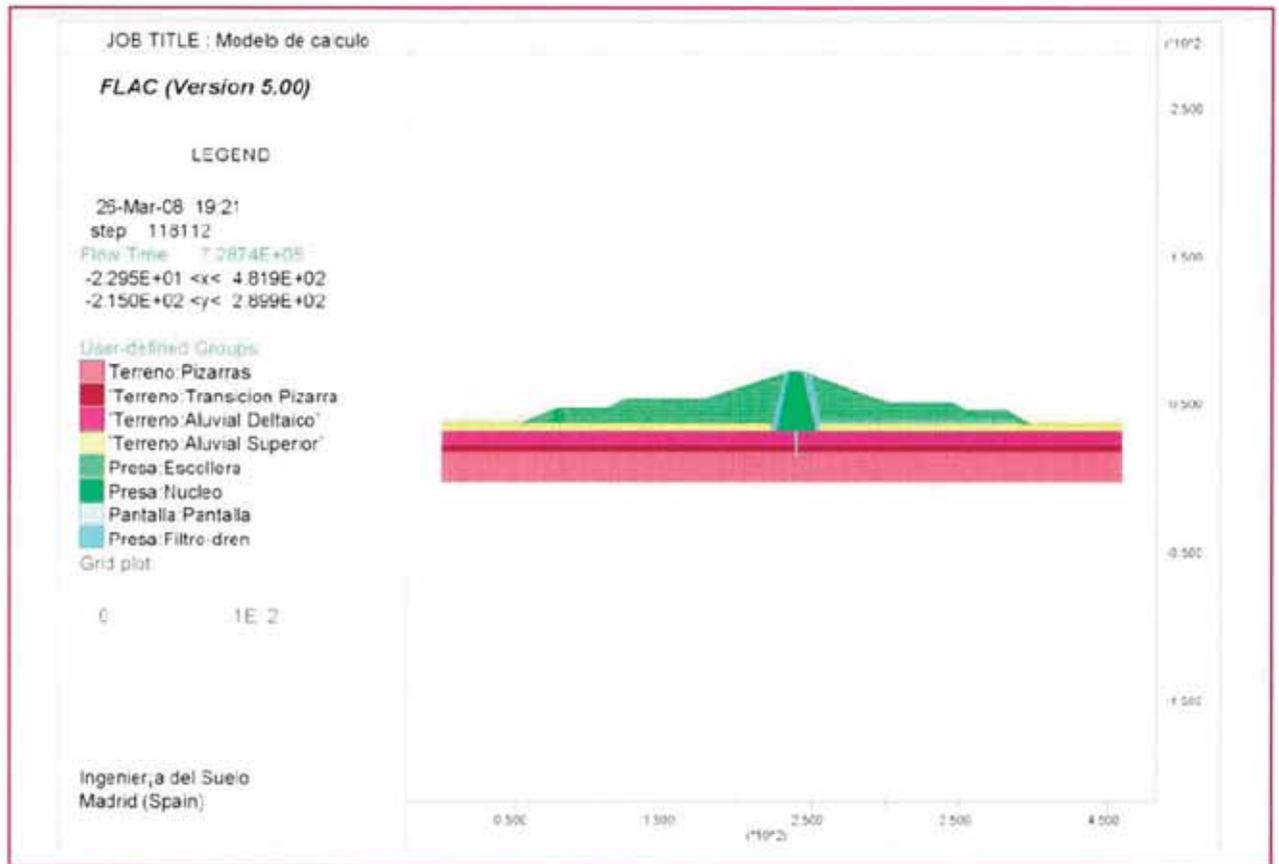
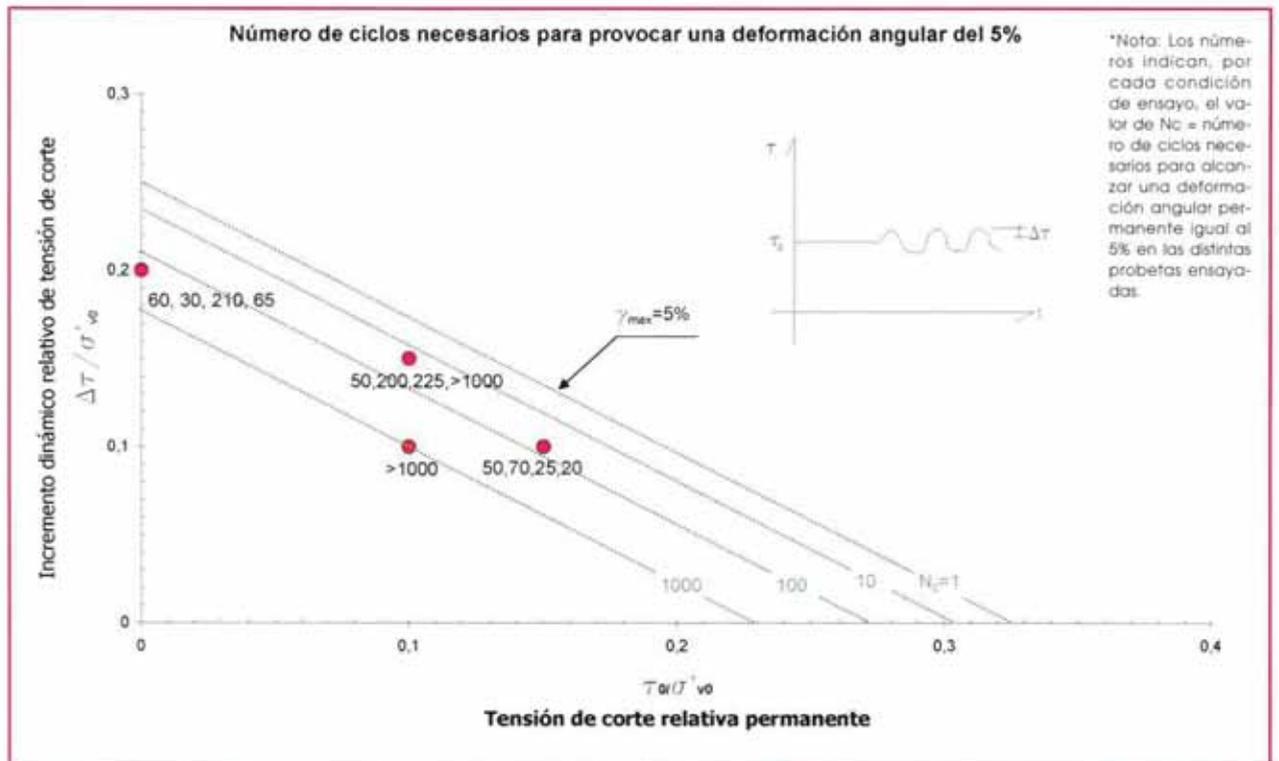


Fig. 21. Resistencia dinámica del aluvial deltaico en ensayos de corte simple dinámicos.



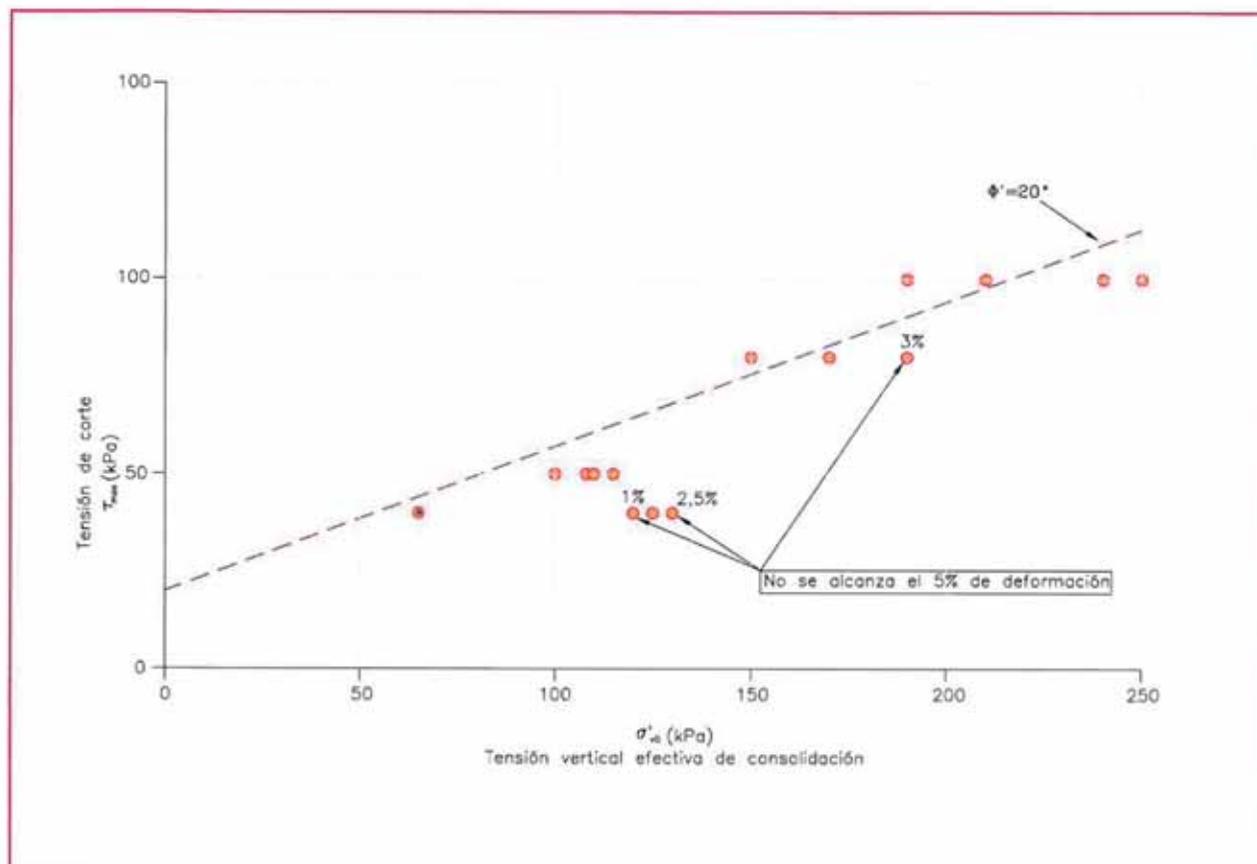


Fig. 22. Relación \$\tau_{max} - \sigma'_{v0}\$ en el momento de alcanzar el 5% de deformación.

En base a estos ensayos se consideró, para el aluvial deltaico y en el momento de ocurrencia del sismo, una cohesión de 20 kPa y un rozamiento interno de 20°. Esta resistencia queda avalada por los datos que se tienen en presiones efectivas para grandes deformaciones y además considera el efecto de la pre-consolidación del aluvial deltaico conseguida durante la construcción.

De estos ensayos dinámicos se dedujo un valor aproximado de la rigidez transversal. El módulo de deformación transversal para pequeñas deformaciones (\$G_0\$) en el aluvial deltaico, es función de la tensión efectiva vertical existente en cada punto. Para realizar el cálculo tal ley se aproximó según la relación:

$$G_0 = 400 \cdot \sqrt{\sigma'_{v0}} \geq 1800 \frac{t}{m^2} \quad \sigma'_{v0} \text{ en } t/m^2$$

Por otro lado se representó el hecho conocido de reducción de rigidez con el aumento de deformación. La relación entre el logaritmo de la deformación cíclica y la reducción del módulo se representa en este modo:

lo mediante una ecuación cúbica con pendientes nulas tanto cuando existen grandes deformaciones como cuando estas son pequeñas. Esta relación se resume en la siguiente formulación:

$$M = s^2 \cdot (3 - 2 \cdot s) ; s = \frac{L_2 - L}{L_2 - L_1} ; L = \text{Log}_{10}(\gamma)$$

En las expresiones anteriores, M es el factor de reducción del módulo de deformación tangencial, g es la deformación tangencial cíclica expresada en % y \$L_1, L_2\$ son los parámetros del modelo (lugares donde la pendiente de la curva definida es nula). En el cálculo se tomaron los valores \$L_1 = -3\$ y \$L_2 = 1\$, es decir, las pendientes nulas se dan para deformaciones de 0.001% y del 10%. Las deformaciones del modelo deberán estar comprendidas en esos límites.

Bajo las cargas dinámicas se produce un incremento de la presión intersticial en el terreno debido a la reordenación de las partículas del suelo. Este fenómeno de incremento de presión intersticial puede





**LAS BALSAS SON
UN ELEMENTO
FUNDAMENTAL
PARA LA GESTIÓN
SOSTENIBLE
DEL AGUA**

ATEBA

ASOCIACIÓN TÉCNICA ESPAÑOLA
DE BALSAS Y PEQUEÑAS PRESAS

ASOCIACIÓN TÉCNICA ESPAÑOLA DE BALSAS Y PEQUEÑAS PRESAS
FAX: +34 915 779 705 · WWW.ATEBA.ES · INFO@ATEBA.ES

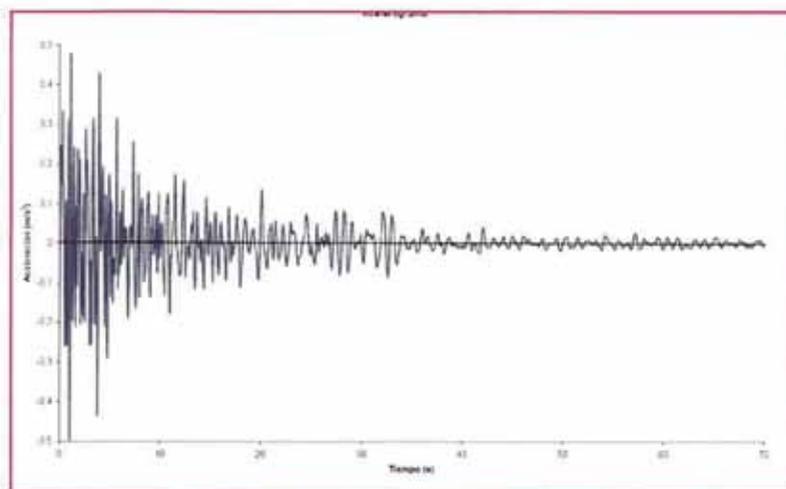


Fig. 23. Sismo de cálculo.

llegar a adquirir una magnitud tal que se anulen las tensiones efectivas, produciéndose el fenómeno de licuefacción. Este fenómeno puede simularse en el programa de cálculo mediante el modelo de Byrne (1991). Este modelo propone que, cuando un material granular está sometido a una carga cíclica en condiciones drenadas, se produce una disminución de volumen en dicho material siguiendo la ecuación:

$$\frac{\Delta \epsilon_{vd}}{\gamma} = C_1 \cdot \exp \left(-C_2 \cdot \left(\frac{\epsilon_{vd}}{\gamma} \right) \right)$$

Esta información junto con los parámetros de deformación del esqueleto del suelo permitirá el cálculo de los incrementos de presión intersticial que provoca el terremoto.

Para estimar las constantes C_1 y C_2 , se realizó un cálculo con el programa FLAC simulando una probeta de suelo saturado sometido a las cargas cíclicas usadas en laboratorio. Se utilizaron distintos parámetros del modelo de Byrne hasta reproducir con precisión suficiente un ensayo cíclico representativo de los realizados con las muestras de aluvial deltaico.

Para elegir el sismo de cálculo se consultó una base de datos de acelerogramas registrados y, en función de los datos proporcionados en el Proyecto de Construcción relativos a la posible distancia del epicentro e intensidad local, se optó por el acelerograma registrado en la biblioteca pública de Hollister (California) el 19 de junio de 1960. La aceleración máxima registrada en dicho acelerograma es de 0,55 m/s². Ver Figura n° 23.

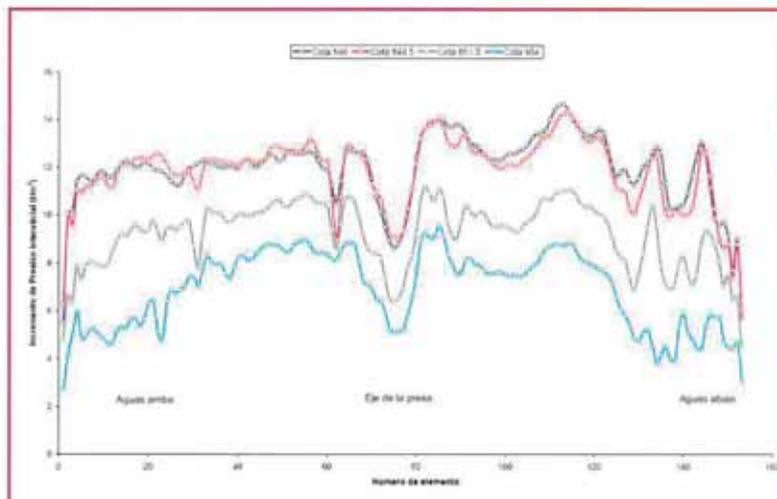
Una vez introducidos todos los parámetros en el modelo (que se encuentra con las tensiones iniciales correspondientes al embalse lleno en condición estacionaria), se le aplica la acción del sismo estimado y se realiza el cálculo.

Como resultado, al final del sismo existe un incremento de las presiones intersticiales en el aluvial deltaico de entre 2 y 14 t/m² (en función de la cota y de la distancia al eje de presa). Ver Figura n° 24. Este incremento de presiones se produce en los primeros 10 segundos de aplicación del sismo (cuando las aceleraciones son mayores)

Las deformaciones tangenciales que se producen en el aluvial deltaico son variables en función de la zona. Así, en la zona bajo el espaldón de aguas arriba y bajo el núcleo, las deformaciones tangenciales alcanzan un valor siempre inferior al 0,3%, sin embargo, en la zona situada bajo el espaldón de aguas abajo se registran deformaciones tangenciales mayores, siendo máximas en la zona cercana al pie de aguas abajo, donde se alcanzan valores de deformación tangencial del orden del 1%.

Debido a la acción sísmica se producen movimientos plásticos (permanentes) del cuerpo de presa, si bien son pequeños; el cuerpo de presa se deforma algo pero permanece estable tras el sismo. Se observa un asiento del cuerpo de presa más acusado en la zona de coronación, del orden de 2,5 centímetros mientras que el pie de presa experimenta un levantamiento del orden de 1,5 centímetros. Se registra también un movimiento horizontal hacia aguas abajo del cuerpo de presa del orden de 3 cm. La Figura n° 25 in-

Fig. 24. Aumento de presiones intersticiales en el aluvial deltaico debido al sismo.





Sociedad Española de Mecánica de Rocas

www.semr.es



La Sociedad Española de Mecánica de Rocas es una Asociación sin fines lucrativos, cuyo objetivo es el de promover la colaboración entre los técnicos y científicos interesados en el campo de la Mecánica de las Rocas

Cuota de inscripción: 25 euros/año

La solicitud de ingreso se puede enviar a través de la página web (www.semr.es), por correo electrónico (semr@cedex.es) o postal (C/ Alfonso XII 3, 28014 Madrid).



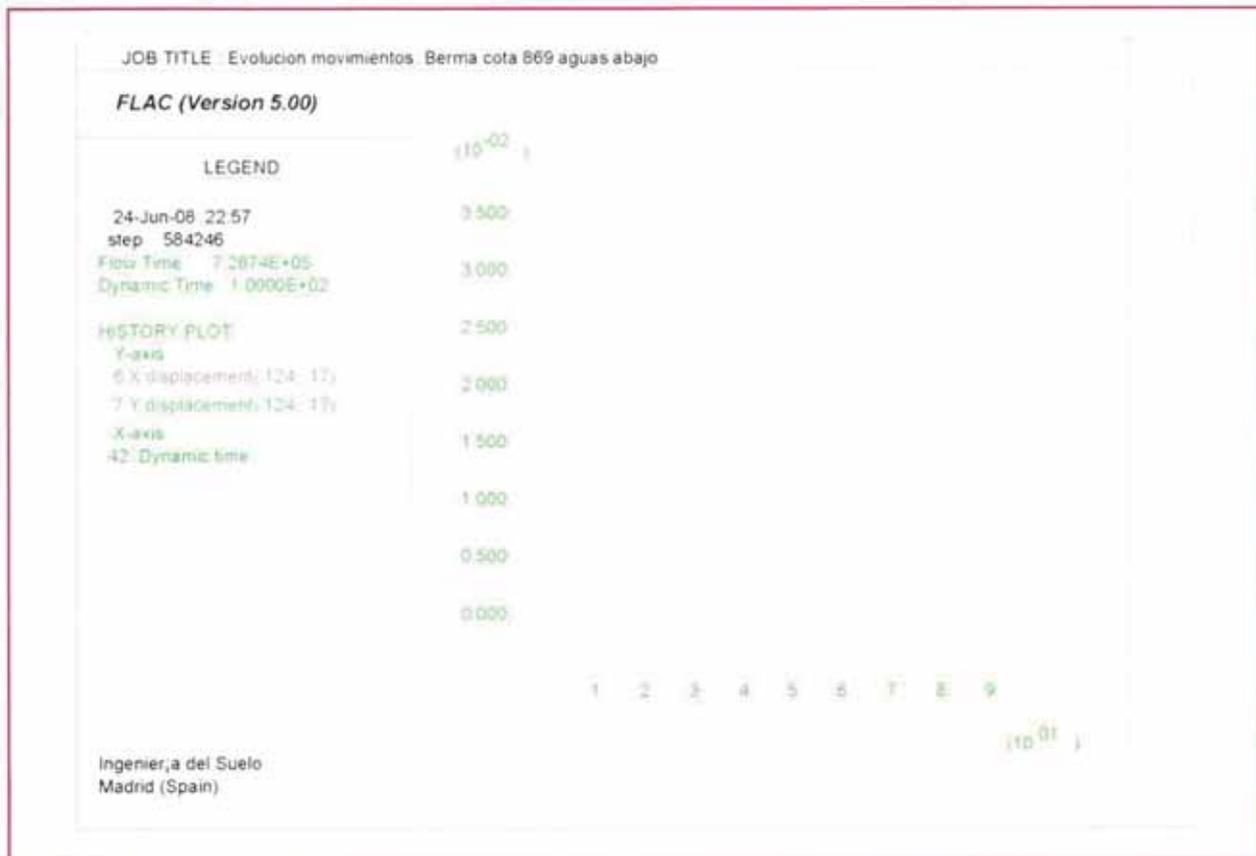


Fig. 25. Evolución de movimientos berma aguas abajo cota 869 durante el sismo.

dica el movimiento correspondiente a una de las bermas de aguas abajo.

En los estudios previos de estabilidad del cuerpo de presa, considerando de manera pseudoestática el sismo de proyecto y realizando el cálculo en presiones totales con resistencia al corte sin drenaje en el cimiento, el coeficiente de seguridad resultaba $F = 1,3$. Utilizando el modelo numérico dinámico que se acaba de describir, el coeficiente de seguridad al deslizamiento, en el momento del sismo en el que las presiones intersticiales en el cimiento son máximas, es $F = 1,30$. Curiosamente igual que el anterior. La línea de eventual rotura se indica en Figura nº 26.

8. Conclusiones

Del trabajo descrito en este artículo pueden derivarse las siguientes conclusiones:

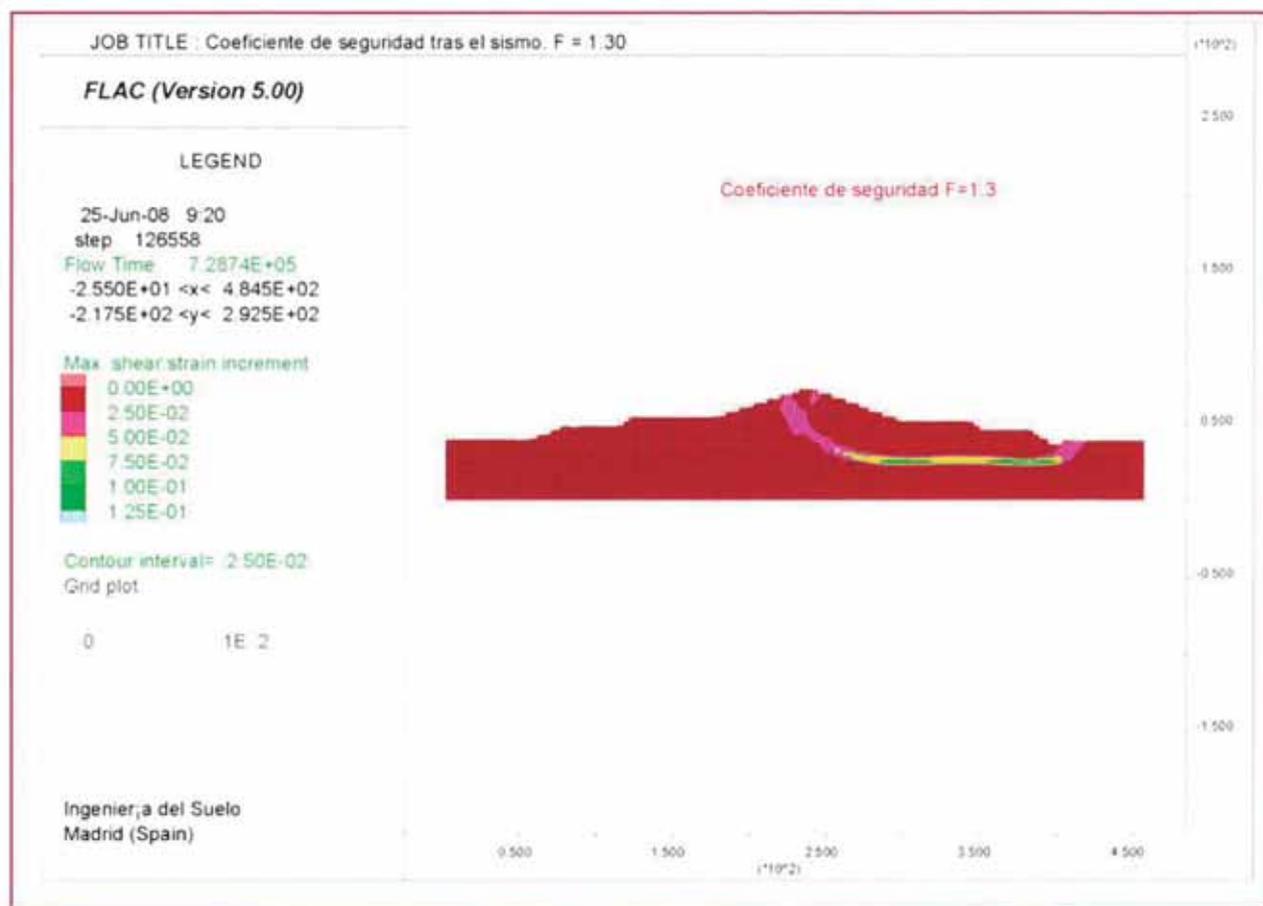
- Es posible construir presas de tierra sobre aluviales blandos; aunque estos causen asientos tan ele-

vados como los que se han observado en este caso (aproximadamente 1 m máximo en la base) esto no implica problemas de estabilidad o de agrietamiento durante la construcción.

- No es necesario recurrir, en situaciones de suelos blandos en los cimientos, similares a los de Lechago, a técnicas especiales de tratamiento de los cimientos para reducir los asientos debidos a la construcción de presas de tierra.
- La necesidad de procedimientos especiales constructivos, inicialmente planteados en este proyecto, tales como la construcción desfasada (primero en el valle, después en las laderas) o la construcción retrasada del núcleo, pudo paliarse gracias a un seguimiento adecuado de la auscultación, como el propio proyecto sugería.
- Los estudios dinámicos que pueden hacerse con ensayos dinámicos de laboratorio, hoy ya de uso común, y con modelos numéricos son de ayuda para evaluar la resistencia sísmica de las presas de tierra.
- La observación del comportamiento de la presa y de su cimiento mediante sistemas convencionales



Fig. 26. Coeficiente de seguridad tras el sismo.



de auscultación es una herramienta crucial e imprescindible para evaluar la seguridad de la obra construida.

9. Agradecimientos

Se quiere agradecer a los Jefes de las Áreas de Proyectos y Obras de la Confederación Hidrográfica del Ebro D. Eduardo Novella y D. Raimundo Lafuente la ayuda prestada para realizar estos trabajos y por su estímulo para publicarlos.

Igualmente se agradece la ayuda prestada durante todo el proceso de construcción por el Ingeniero técnico D. José Luis Nieto y el auxiliar técnico D. Rafael Vera, de la Confederación Hidrográfica del Ebro.

Se agradece a la Empresa Iberinsa la especial dedicación ayudando a dirigir la obra y a obtener la información que ahora se publica. Y en especial a D. Manuel Querol y a D. José Vicente Beamonte.

Y en general a las empresas constructoras que han conseguido concluir, superando todas las dificultades, una obra tan compleja. ♦

Referencias:

-Confederación Hidrográfica del Ebro (2002). "Proyecto de Presa de Regulación del río Jiloca". Diciembre de 1998. Director del proyecto D. Eduardo Novella Jacobo. Autor del proyecto D. Miguel Alonso y la colaboración especial en temas geotécnicos de D. Eduardo Alonso.

-F. Esteban García y A. Soriano Martínez (2008). "Monitoring of Lechago dam settlements". ICOLD 76th annual meeting. Symposium on Operation, Rehabilitation and Upgrading of Dams (Sofia, Bulgaria, June 2008).
-Byrne P. "A cyclic shear-volume coupling and pore-pressure model for sand" in Proceedings: second international conference on recent ad-

vances in geotechnical earthquake engineering and soil dynamics (St. Louis, Missouri, March, 1991). Paper nº 1.24, 47-55.

-Seed, H. Bolton and I.M. Idriss. "Soil moduli and damping factors for dynamic response analysis". Earthquake engineering research center. University of California, Berkeley. Report nº UCB/EERC-70/10, p.48, Dec. 1970.



La presa de Villalba de los Barros: 500 años de presas en la cuenca del Guadajira

The Villalba de los Barros Dam: 500 years of dams in the Guadajira basin

Revista de Obras Públicas
nº 3.509. Año 157
Abril 2010
ISSN: 0034-8619

Fernando Aranda Gutiérrez. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Jefe de Servicio de la Confederación Hidrográfica del Guadiana. faranda@chguadiana.es

Jesús M^o Sánchez Carcaboso. Ingeniero Técnico de Obras Públicas

Jefe de Sección de la Confederación Hidrográfica del Guadiana. jmsanchez@chguadiana.es

M^o Ángeles Fontán García. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Jefa de Grupo de Obras de DRAGADOS, S.A. en Extremadura. mafontang@dragados.com

Resumen: En la cuenca del río Guadajira existen dos presas antiguas, la Albuera del Castellar, que pudiera ser de principios del siglo XVI, y la Albuera de Feria, de mediados del XVIII. En la segunda mitad del siglo XX se construyen las presas de Zafra, que sumerge a la Albuera del Castellar, y Jaime Ozores, que junto con la Albuera de Feria dan agua a una mancomunidad de abastecimiento. El escaso volumen de ambos embalses hace muy problemático en la actualidad dicho abastecimiento, por lo que se decidió construir una nueva presa en el curso medio del Guadajira, la presa de Villalba de los Barros. Esta presa es de materiales sueltos, unos 45 metros de altura, y crea un embalse de 106 hm³. Con ello se garantizará el abastecimiento de la mancomunidad de Jaime Ozores y algunas poblaciones más, además de posibilitar algunos regadíos. La presa se encuentra en fase de construcción, destacando el seguimiento ambiental de las obras, realizado por la Universidad de Extremadura, y la aparición de numerosos yacimientos arqueológicos en el vaso del embalse.

Palabras Clave: Albueras extremeñas; Mancomunidad de Jaime Ozores y Feria; Presa de Villalba de los Barros; Aspectos geológico-geotécnicos; Aspectos ambientales

Abstract: In the Guadajira river basin there are two old dams, "Albuera del Castellar", which could be of the first of the XVI century, and "Albuera de Feria" of mid XVIII century. In the second half of the XX century was built "Zafra" dam, which immerses "Albuera del Castellar", and "Jaime Ozores" dam, which together with "Albuera de Feria" gives water to a pool of supply. Actually, water supply to that pool is problematic due to the low capacity of both reservoirs, so it was decided to build a new dam, "Villalba de los Barros" dam. It is an embankment dam, 45 meters height, creating a reservoir of 106 hm³. This will ensure the supply to the pool and some other villages, besides allowing some irrigation. The dam is currently under construction, highlighting the environmental monitoring of the works, conducted by the University of Extremadura, and the emergence of several archeological sites in the reservoir area.

Keywords: A typical kind of dams from Extremadura; Jaime Ozores and Feria pool of supply; Villalba de los Barros dam; Geological and geotechnical aspects; Environmental aspects

1. Introducción

La cuenca media del río Guadiana se caracteriza por tener una muy baja capacidad de regulación natural⁽¹⁾, al estar constituida en su mayor parte por rocas muy impermeables, y sometida a un régimen de precipitaciones marcadamente irregular. No es de extrañar, por tanto, que desde la época romana ya se

construyeran presas en esta región⁽²⁾, pudiendo destacarse las de Proserpina y Comalbo, cerca de Mérida, aunque en total puede hablarse de más de una veintena de presas romanas en la zona⁽³⁾. A finales de la Edad Media se retoma la construcción de estas estructuras, realizándose entre los siglos XV y XIX una se-

(1) Ministerio de Medio Ambiente, 2000.

(2) Castillo Barranco, 2001.

(3) Castillo Barranco, 2001; Álvarez Martínez, Nogales Basarrate, Rodríguez Martín et al., 2002.

Fig. 1. Presa de la Albuera del Castellar (García-Diego 1994, pg. 62).



rie de presas con numerosas características comunes, conocidas como "las albueras extremeñas".

El río Guadajira es un afluente del Guadiana por su margen izquierda que nace en las sierras próximas a Zafra, y desemboca en el Guadiana aproximadamente a medio camino entre Mérida y Badajoz. En fecha indeterminada, aunque se ha barajado el comienzo del siglo XVI, se construye en la cabecera de dicha cuenca la presa de la Albuera del Castellar, y a mediados del siglo XVIII la presa de la Albuera de Feria. En la segunda mitad del siglo XX se construyen las presas de Zafra (cuyo embalse sumerge la antigua presa de la Albuera del Castellar) y Jaime Ozores, ambas con destino al abastecimiento poblacional, uso al que también se dedica actualmente la Albuera de Feria. Se trata de presas con pequeños embalses, por lo que la capacidad conjunta de La Albuera de Feria y Jaime Ozores resulta del todo insuficiente para abastecer a la mancomunidad de este nombre.

La solución a esta problemática es la nueva presa de Villalba de los Barros, actualmente en construcción sobre el curso medio del río Guadajira. Seguidamente,

se describen brevemente las presas anteriormente citadas, para centrarnos luego en las obras de la presa de Villalba, de las que merece la pena destacar los aspectos geológico-geotécnicos y ambientales.

2. Las presas anteriores de la cuenca del Guadajira

2.1. La albuera del Castellar

Se levanta sobre la riera de Zafra, o de Alconera, tributaria del río Playón, que a su vez lo es del Guadajira, al pie de la Sierra del Castellar, cerca de Zafra. Es una presa de gravedad, aunque en su parte superior, que pudiera ser un recrecido posterior, disminuye el espesor del muro y se disponen una serie de pequeños contrafuertes (figura 1). Su altura total es de 19 m, y su capacidad de embalse era de 0,3 hm³. Como es habitual en las albueras extremeñas, tiene un molino adosado aguas abajo, lo que nos indica su función inicial. Por desgracia, actualmente está sumergida por el embalse de Zafra.

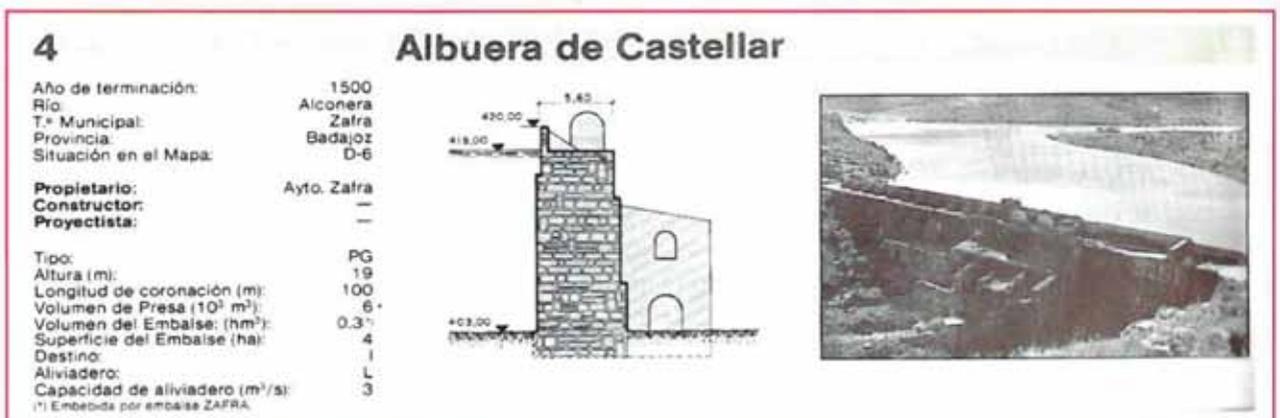
En el inventario de presas⁽⁴⁾ del entonces MOPU de 1986 (figura 2) se da como fecha de construcción el año 1500, desconociéndose totalmente en que se fundamenta dicha afirmación⁽⁵⁾, ya que no se ha hallado documentación al respecto. No obstante, se ha señalado que el aspecto de la fábrica parece muy antiguo⁽⁶⁾, y por otra parte pensamos que puede aportarse un argumento que, si bien no justifica la datación propuesta, sí la hace posible.

(4) MOPU, 1986, pg. 2.

(5) García-Diego, 1994, pg. 62.

(6) García-Diego, 1994, pg. 62.

Fig. 2. Ficha del inventario de 1986 de la presa de la Albuera del Castellar (MOPU 1986, pg. 2).



La presa de la Albuera de Feria (Badajoz)

PLANTA

Figura 1*



La que puede considerarse la primera de las albueras extremeñas es la presa del estanque de Guadalupe, datada en el siglo XV⁽⁷⁾. Se sabe que en 1504, arruinado el acueducto romano de la conducción de "Rabo de Buey San Lázaro" en Mérida, que permanecía (y permanece) en servicio⁽⁸⁾, se realiza un nuevo acueducto, no conociéndose en que circunstancias, aunque si se sabe que para una reparación del mismo realizada en 1716, se requiere para dirigir las obras al maestro de cantería del monasterio de Guadalupe⁽⁹⁾. Resulta por tanto posible que ya desde el siglo XVI los maestros de obra de dicho Monasterio realizaran obras singulares por diversas poblaciones extremeñas, entre ellas presas construidas según el modelo de la presa guadalupeña.

2.2. La albuera de Feria

Se ubica en el arroyo de la Albuera, tributario del Guadajira, en las inmediaciones de la localidad de Feria. Es una presa de contrafuertes, con una altura inicial de unos 20 m, aunque recrecida a mediados del siglo XX otros 4 m, con lo que su capacidad de embalse alcanza los 0,9 hm³. En este caso tenemos la suerte de que se ha localizado la documentación relativa a la construcción de esta presa, por lo que sabemos que se realizó por iniciativa del Obispo D. Amador Merino Malaquilla⁽¹⁰⁾, para accionar con sus aguas un molino harinero adosado aguas abajo, que servía a los pueblos de Feria y la Parra. Las obras finalizaron en 1747.

Fig. 3. Planta de la presa de la Albuera de Feria publicada por la ROP en 1936 (Lázaro Urra 1936).

Abajo derecha, Fig. 4. Perfil de la presa de la Albuera de Feria publicada por la ROP en 1936 (Lázaro Urra 1936).

PERFIL TIPO

Escala 1:300

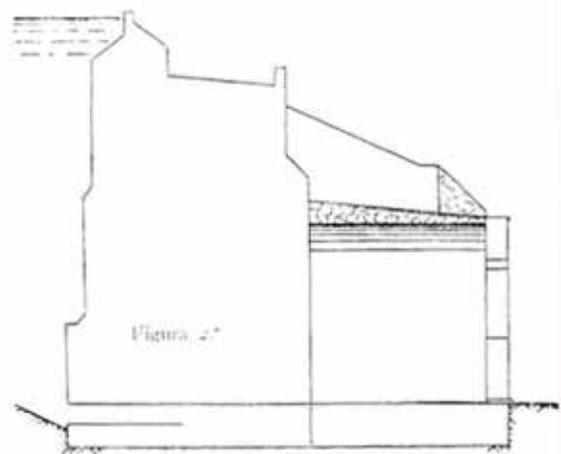


Figura 2*

La presa es de mampostería, y consiste en un muro de paramentos sensiblemente verticales, reforzado por siete contrafuertes (figura 3), que se han cerrado por delante mediante un muro, y cubierto con bóvedas (figura 4), de forma que quedan una serie de huecos habitables, en uno de los cuales se ubicó el molino antes citado. Al parecer, otro de los huecos albergó en su día una capilla⁽¹¹⁾.

Posteriormente la presa fue adquirida por el Ayuntamiento de Almendralejo, con el fin de ser utilizada para el abastecimiento de dicha localidad, y más tarde fue integrada en la Mancomunidad de abastecimiento de los embalses de Jaime Ozores y Feria.

[11] Lázaro Urra, 1936, pg. 219; Smith, 1970.

(7) García-Diego 1994, pg. 165.

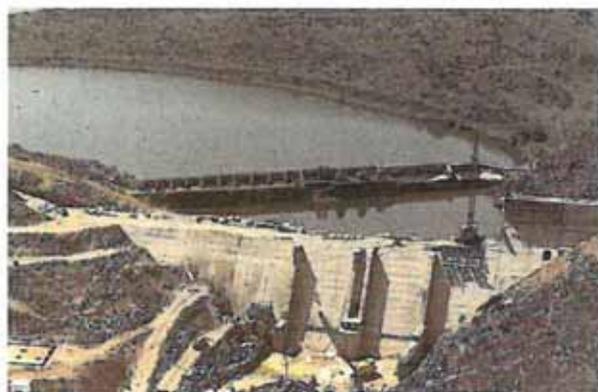
(8) Aranda Gutiérrez, Sánchez Carcaboso, Andrés Díaz et al., 2008

(9) Álvarez Sónz de Buruaga, 1979, pg. 9.

(10) Lázaro Urra, 1936, pg 218; Smith, 1970.



Fig. 5. Presa de Zafra en construcción, con la Albuera del Castellar semisumergida detrás (García-Diego 1994, pg. 63).



2.3. La presa de Jaime Ozores

También denominada presa del Guadajira, se sitúa en cabecera de dicho río. Es de gravedad con una altura de 27 m y una capacidad de 1,8 hm³. Entró en servicio en 1962. Su misión es el abastecimiento de la Mancomunidad de Jaime Ozores y Feria, junto con la Albuera de Feria. Dicha Mancomunidad está compuesta por las poblaciones de Feria, Villalba de los Barros, Santa Marta de los Barros, Aceuchal y Almendraejo.

Dado el pequeño volumen de los dos embalses, las dos localidades de mayor tamaño han tenido que buscar otras fuentes de suministro. Así Santa Marta de los Barros toma actualmente agua del embalse de Nogales, sobre la riera de los Limonetes, y Almendraejo lo hace desde un bombeo en el río Guadiana, con toma junto a la desembocadura del río Matachel, lo que supone por un lado un coste energético importante dada la distancia y diferencia de cota existente entre la toma y la población, y por otro el uso de un agua con una calidad inferior, debido fundamentalmente a los nutrientes y materia orgánica aportados por las escorrentías del riego de la zona de las Vegas Altas del Guadiana.

La solución definitiva a esta problemática se planteó inicialmente mediante una nueva toma en el embalse de Alange, pero posteriormente se consideró preferible realizar estos los abastecimientos desde la nueva presa de Villalba de los Barros, lo que supone un importante ahorro energético al disminuir notablemente la elevación precisa, así como un ahorro del recurso hídrico en el embalse de Alange, muy comprometido con los riegos de las Vegas Bajas del Guadiana. Para ello, es preciso finalizar y poner en servicio la presa de Villalba, y realizar la infraestructura para su

aprovechamiento, lo que está previsto por la Confederación Hidrográfica del Guadiana⁽¹²⁾, esperándose la próxima licitación de las obras correspondientes.

2.4. La presa de Zafra

La presa de la Albuera del Castellar pasó a propiedad del Ayuntamiento de Zafra, utilizándose para el abastecimiento de dicha población. Su escasa capacidad de embalse motivó la construcción de la presa de Zafra, que como se ha dicho, supuso la inundación de la anterior, al ubicarse aguas abajo de la misma (figura 5).

Es de gravedad, y entró en servicio en 1975. Tiene una altura de 37 m y una capacidad de embalse de 2,4 hm³. Su misión es el suministro de Zafra, aunque debido a su escaso volumen, en época de sequía es preciso complementar el suministro con aguas procedentes del embalse de los Molinos del Matachel. Esta conexión, que se realizó en el año 1993 como una emergencia ante la sequía padecida, está previsto que se haga definitiva, integrándose Zafra en el futuro Consorcio de abastecimiento de la presa de los Molinos del Matachel, las obras de cuya infraestructura están previstas por la Confederación Hidrográfica del Guadiana⁽¹³⁾ y a la espera de su licitación, que esperamos se produzca próximamente.

3. La nueva presa de Villalba de los Barros

La presa de Villalba de los Barros se ubica en el curso medio del Guadajira, cerrando una cuenca de 343 km². La presa es de materiales sueltos, con unos 45 metros de altura sobre cimientos, y unos 450 metros de longitud en coronación. El embalse creado alcanza una capacidad de 106 hm³, ocupando parte de los términos municipales de Villalba de los Barros, Fuente del Maestre y Feria. La aportación media anual estimada⁽¹⁴⁾ es de unos 45 hm³.

Como hemos comentado, esta presa garantizará el abastecimiento de las poblaciones de la Mancomunidad de Jaime Ozores y Feria, y además de las localidades de Torremejía, Arroyo de San Serván y Fuen-

(12) Barrau de los Reyes, 2006 a

(13) Barrau de los Reyes, 2006 b

(14) Datos de la Oficina de Planificación Hidrológica de la C.H.G. En el Proyecto de la presa la aportación media anual estimada es algo mayor.



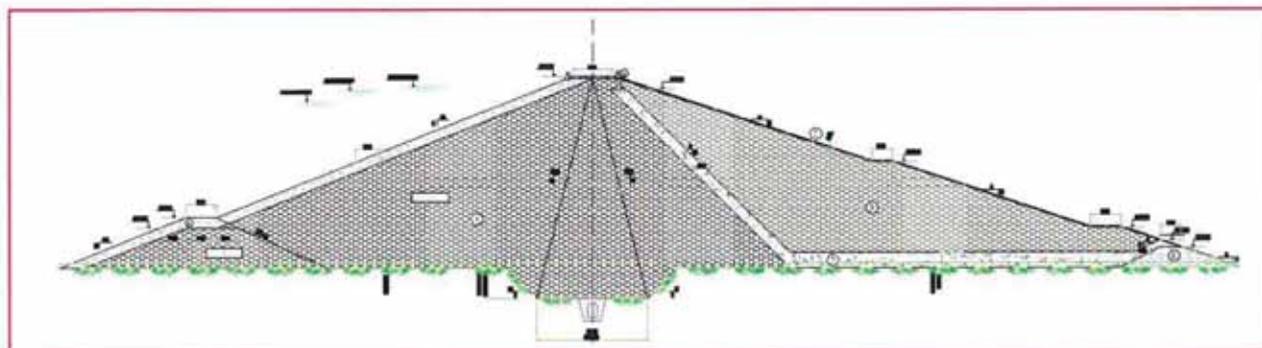


Fig. 6. Sección tipo de la presa de Villalba.

te del Maestre, situadas básicamente en la comarca de Tierra de Barros, una de las más dinámicas de la provincia de Badajoz. Además, podrán consolidarse los regadíos actualmente existentes en las márgenes del Guadajira, y eventualmente realizarse algunos nuevos.

Las obras, realizadas por la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente y parcialmente financiadas con fondos europeos (FEDER), fueron adjudicadas a la empresa DRAGADOS, S.A. por un importe de 18,19 millones de Euros, y dieron comienzo en enero de 2008. La dirección de obra la realiza la Confederación Hidrográfica del Guadiana, contándose además con una asistencia técnica a cargo de la unión temporal de empresas INPROES-APIA XXI. También se ha tenido la colaboración de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid y del Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX en la realización del modelo reducido del aliviadero, del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX en los estudios de la cimentación de la zona central de la presa, y del Grupo de Investigación en Biología de la Conservación de la Universidad de Extremadura en el seguimiento ambiental de las obras.

La presa se divide en dos espaldones, separados por un dren chimenea que desagua a un dren manta, que tapiza la zona central de la presa y parte de las laderas, sobre el que se asienta el espaldón de aguas abajo. En el centro de la sección, se excava un "dentellón" trapezoidal, de forma que en esta zona el espaldón de aguas arriba apoye en roca con adecuadas condiciones de consistencia e impermeabilidad. El espaldón de aguas arriba se reviste de escollera, y el de aguas abajo de tierra vegetal. El movimiento de tierras total es del orden de un millón de metros cúbicos. Cuenta con dos galerías de hormigón armado, una de ellas es transversal a la presa, y sirve para realizar el desvío del río en fase de construcción, y posteriormente para alojar los desagües de fondo y toma, compuestos por dos tuberías de ϕ

1.000 mm y una tubería de ϕ 800 mm respectivamente, todas ellas de acero inoxidable. Esta galería tiene una sección importante (figura 11), lo que en conjunción con la ataguía, permite evacuar avenidas de un periodo de retorno próximo a los 100 años. La otra galería es perimetral, es decir, sigue el contacto de la presa con su cimiento, empotrándose en la roca unos 4 m, colaborando de esta manera al cierre hidráulico y posibilitando el tratamiento del terreno desde la misma mediante inyecciones.

El aliviadero es de labio fijo, y se ubica en el estribo derecho de la presa. Está calculado para la avenida de 1.000 años de periodo de retorno una vez laminada por el embalse, cuyo caudal punta se cifra en 148 m³/s. El sistema de auscultación consiste básicamente en una serie de secciones de control que se instrumentan con piezómetros de cuerda vibrante y células de presión total. Además, como novedad, se van a instalar tres líneas de fibra óptica para medir temperaturas a lo largo de otras tantas secciones longitudinales de la presa, lo que permitirá tener un control localizado de las filtraciones que se produzcan.

Las obras se completan con toda una serie de elementos auxiliares, como los caminos de acceso, líneas eléctricas, edificaciones de explotación, restitución de servidumbres... Y por otra parte, se realizan diversas medidas correctoras del impacto ambiental, como restauraciones vegetales y la construcción de islas ornitológicas y azudes de cola.

De entre los muy diversos aspectos presentes en las obras de construcción de la presa de Villalba de los Barros, resultan especialmente destacables los geológico-geotécnicos y los ambientales.

3.1. Aspectos geológico-geotécnicos

Los terrenos sobre los que se asienta la presa, correspondientes al antiguo zócalo ibérico, están consti-





Fig. 7. Vista aérea de las obras de la presa de Villalba en noviembre de 2009.

tuidos básicamente por una afloración de gneis porfídico, cubierto en la zona del cauce por abundantes depósitos aluviales, bajo los cuales la roca presenta abundantes fracturas, con lo que tiene un grado de alteración muy importante. En cuanto al vaso del embalse, en general está compuesto sobre todo por pizarras sobre las que se asientan suelos aluviales y coluvio-eluviales.

Los aspectos geológico-geotécnicos a destacar tienen una doble vertiente, los relativos por un lado a la cimentación de la parte central de la presa, y por otro a la obtención de materiales adecuados, por su impermeabilidad, para el espaldón de aguas arriba.

Con respecto a lo primero, como se citó, la zona del cauce del Guadajira está muy tectonizada, y la roca muy descompuesta, transformada en una milonita,

Fig. 8. Excavación del cimiento de la presa.



ta, lo cual se apreciaba claramente en los sondeos realizados. Aunque las presas de materiales sueltos transmiten cargas pequeñas al terreno, existía una cierta preocupación por el hecho de tener que cimentar en esta zona una estructura rígida como la galería perimetral, temiendo que pudieran producirse asientos diferenciales de cierta importancia entre los bloques de la galería de las laderas, cimentados sobre roca sana, y los de la zona central.

Por ello, antes de realizar la excavación de esta zona, se realizó un estudio por parte del Laboratorio de Geotecnia del CEDEX, con la realización de diversos sondeos adicionales, ensayos de penetración, ensayos presiométricos y geofísica. Los resultados obtenidos⁽¹⁵⁾, y en particular los módulos de elasticidad deducidos de los ensayos presiométricos (algo superiores a los 4.000 Kp/cm² de media), indicaron una consistencia de entre firme y muy firme de la milonita, adecuada para las cargas a recibir, no siendo de esperar asientos de gran importancia⁽¹⁶⁾.

Estos buenos resultados se confirmaron al realizarse la excavación del "dentellón" en esta zona central (figura 8), apareciendo a una profundidad razonable la roca con una consistencia adecuada, y con escasa presencia de agua, lo que indica una baja permeabilidad, lo que se ha confirmado al realizar las inyecciones de tratamiento del cemento, que han tenido admisiones moderadas o bajas.

Respecto a los materiales para el espaldón de aguas arriba, hay que tener en cuenta que la Declaración de Impacto Ambiental de las obras establece que los materiales para la misma deben obtenerse del vaso del embalse, donde según las prospecciones realizadas no hay arcillas, pero sí materiales con un cierto contenido en finos arcillosos. Por ello se proyectó una presa zonificada, encomendándose la permeabilidad a la totalidad del espaldón de aguas arriba, al cual se le exige en Proyecto⁽¹⁷⁾ un contenido en finos (pase por el tamiz de 0,08 mm) superior al 10% y una permeabilidad inferior a 10⁻⁵ cm/s.

Para localizar los materiales idóneos para la construcción del espaldón de aguas arriba, se realizó una intensa campaña de prospección, con la realización de cientos de catas en el vaso del embalse. Esto permitió localizar, además de materiales que cumplen las exigencias del Proyecto, otros materiales que las supe-

(15) CEDEX-Laboratorio de Geotecnia, 2009 a.

(16) CEDEX-Laboratorio de Geotecnia, 2009 b.

(17) González Sereno, ATE y DRAGADOS, 2006.





Fig. 9. Aspecto de la zona de "espaldón seleccionado" en octubre de 2009.

ran ampliamente, con contenidos en finos de entre el 30 y el 40%, y permeabilidades en la fracción de 10^{-7} cm/s. Se estudiaron detalladamente estos materiales, realizándose varios terraplenes de ensayo y pruebas de permeabilidad "in situ" sobre los mismos, lo que por ejemplo permitió comprobar la idoneidad de los rodillos con "pata de cabra" para su compactación.

Aunque estos materiales no son muy abundantes, y son de difícil explotación por presentarse en potencias pequeñas, se están utilizando en la zona central de la sección (entre el "dentellón" y la coronación), como un "espaldón seleccionado" a modo de núcleo, al que se le encomienda especialmente la impermeabilidad de la presa (figura 9), dando así cumplimiento además a una recomendación en este sentido de la Inspección de presas del Ministerio⁽¹⁸⁾. El resto del espaldón de aguas arriba cumple las exigencias del Proyecto, con contenidos en finos algo superiores al 10%.

3.2. Aspectos ambientales

Las obras de la presa de Villalba fueron objeto de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), de abril de 2003, bastante exigente. Para asegurar el cumplimiento de la misma, ya antes del comienzo de las obras se elaboró un Programa de Vigilancia Ambiental⁽¹⁹⁾, por parte del Grupo de Investigación en Biología de la Conservación de la Universidad de Extrema-

dura, que colabora habitualmente, mediante el correspondiente Convenio, con la Confederación Hidrográfica del Guadiana en materia ambiental.

Comenzadas las obras, se estimó conveniente que dicho grupo de investigación realizara también el seguimiento del citado Programa de Vigilancia Ambiental, realizándose para ello un Contrato entre la UEX y DRAGADOS, a la que por otra parte se le abona el citado seguimiento ambiental con cargo a partidas previstas en el Proyecto. Además, el Contratista tiene implantado un Plan de Calidad Ambiental, cuyo cumplimiento se controla no solo por los técnicos especialistas en impacto ambiental de la UEX, sino por auditorías internas de la propia empresa, habiéndose obtenido buenos resultados en las realizadas hasta la fecha.

El Programa de Vigilancia Ambiental se estructura en once subprogramas, realizándose una evaluación al menos semestral, como establece la DIA, del estado de desarrollo de cada uno de ellos. Entre dichos subprogramas pueden destacarse los relativos a la preservación de la calidad del agua, del aire, de la flora y de la fauna. En relación con esto último, se está prestando, por así establecerlo la DIA, especial atención a la presencia de aves estepáricas en la zona, lo que está permitiendo establecer una adecuada planificación espacio-temporal de las actuaciones.

Dentro de los aspectos ambientales deben considerarse asimismo los relativos al patrimonio arqueológico afectado por el embalse. La DIA contemplaba dos yacimientos arqueológicos (de época prehistórica), pero establecía la realización de la

Fig. 10. Yacimientos arqueológicos ya excavados en las proximidades de la obra.



[18] García Cerezo, 2007.

[19] Grupo de Investigación en Biología de la Conservación (UEX), 2006.



CONVOCATORIA



Premio LEONARDO

Al mejor artículo publicado en la **Revista de Obras Públicas** durante el año 2010 en relación con el tema:

INNOVACIÓN Y OBRAS PÚBLICAS

EXTRACTO DE LAS BASES

TEMÁTICA:

- Innovación científico-tecnológica en el ámbito de las Obras Públicas, su ingeniería y sus técnicas constitutivas, en cualquiera de los campos y áreas de actividad en los que el concepto sea aplicable y entre ellos los del agua, transporte, energía, medio ambiente, ciudad, territorio y otros que en tal sentido puedan considerarse.
- Innovación en los aspectos formales y de diseño, así como en el tratamiento de los valores artísticos y plásticos de las Obras Públicas.
- Innovación en la creación y puesta en valor de los conocimientos científico-tecnológicos asociados a las Obras Públicas y su ingeniería.
- Innovación en los modelos de negocio asociados a realización de actividades empresariales en el ámbito de las Obras Públicas y su ingeniería.

DOTACIÓN:

- 4.000 € y diploma personalizado ofrecido por la Red INTIC de la Innovación y Nuevas Tecnologías en la Ingeniería Civil

OTRAS INFORMACIONES: - Revista de Obras Públicas. www.rop@ciccp.es



Revista de Obras Públicas



red de la innovación y de las nuevas
tecnologías en la ingeniería civil

prospección arqueológica de todo el vaso del embalse (unas 1.100 hectáreas). Realizada dicha prospección⁽²⁰⁾, aparecieron un total de 29 yacimientos, casi todos de época romana y en algún caso prehistórica, de los que la Consejería de Cultura y Patrimonio de la Junta de Extremadura nos indicó la necesidad de excavar y documentar siete de ellos. La presencia de tan elevado número de yacimientos romanos en la zona atestigua un alto grado de ocupación del territorio en esta época, lo que se justifica por la feracidad de la Tierra de Barros, la presencia del río Guadajira, y el hecho de ser territorio centuriado de la colonia *Augusta Emerita*.

Con las partidas previstas en el Proyecto para estos temas se ha podido intervenir sobre los dos yacimientos más próximos a las obras (figura 10). Las actuaciones en los otros cinco, cuya afección es la inundación por el embalse en su día, van a ser acometidos mediante un Proyecto de Intervención arqueológica independiente⁽²¹⁾, que está actualmente en lic-



Fig. 11. Túnel de desvío en funcionamiento con importantes caudales.

tación por el Ministerio de Medio Ambiente, y cuya ejecución esperamos nos permita aportar datos de gran interés para conocer la ordenación territorial de la zona en época romana.

(20) Fernández Fernández y TERA S.L., 2007.

(21) Aranda Gutiérrez, 2007.



Fig. 12. Vista aérea de las obras en noviembre de 2009.



4. Conclusión

Las obras de la presa de Villalba se encuentran a un grado intermedio de ejecución (figuras 7 y 12), estando a fecha actual (febrero de 2010) finalizadas las dos galerías y el aliviadero, y a media ejecución el cuerpo de presa. Cabe destacar el adecuado comportamiento del conjunto ataguía-túnel de desvío (figura 11) en las avenidas registradas en enero de 2010 a consecuencia de las intensas lluvias, que han alcanzado caudales punta del orden de los 60 m³/s.

Se está tramitando una modificación del Proyecto⁽²²⁾ que fundamentalmente contempla la integración de la presa en el sistema de comunicaciones del Sistema Automático de Información Hidrológica (SAIH) de la cuenca del Guadiana (ya operativa) y la implantación del Plan de Emergencia (incluido en el Pro-

yecto y de inminente aprobación), que aprovecha como red de comunicaciones la misma del SAIH (basada en redes TETRA y WAN), y resulta imprescindible para poder poner en servicio la presa.

Las obras deben finalizar hacia finales del año 2011, y deberán ser complementadas, como se ha dicho, con la ejecución de la nueva estación potabilizadora a pie de presa, bombeos, conducciones y depósitos en las poblaciones a abastecer, todo lo cual está recogido en un Anteproyecto cuya licitación se espera en breve. Con todo ello, unos 500 años después de la construcción de la primera presa en su cuenca, se habrá completado la regulación que resulta factible realizar en el río Guadajira, poniendo a disposición de los habitantes de la zona de una parte de sus caudales, y todo ello con una presa que reúne las máximas condiciones de calidad y seguridad, y construida con el debido respeto a los aspectos ambientales y patrimoniales. ♦

[22] Aranda Gutiérrez y Escolar López, 2009.

Referencias:

-Álvarez Martínez, J. M., T. Nogales Basarrate, F. G. Rodríguez Martín y J. G. Gorges (2002). ARQUEOLOGÍA DE LAS PRESAS ROMANAS DE ESPAÑA: LOS EMBALSES DE EMERITA AUGUSTA Y DE SUS ALREDEDORES. ESTADO DE LA CUESTIÓN (ponencia). ACTAS DEL I CONGRESO NACIONAL DE HISTORIA DE LAS PRESAS (Mérida, noviembre 2000). Badajoz, Departamento de publicaciones de la Diputación Provincial de Badajoz: T. I, pg. 199 a 226.

-Álvarez Sáenz de Buruaga, J. (1979). EL ACUEDUCTO DE RABO DE BUEY-SAN LÁZARO DE MÉRIDA. ESTUDIOS DEDICADOS A CARLOS CALLEJO SERRANO. Excm. Diputación Provincial de Cáceres.

-Aranda Gutiérrez, F. (2007). PROYECTO DE INTERVENCIÓN ARQUEOLÓGICA URGENTE EN EL VASO DEL EMBALSE DE VILLALBA DE LOS BARROS. Ministerio de Medio Ambiente y Confederación Hidrográfica del Guadiana.

-Aranda Gutiérrez, F. y I. Escolar López (2009). "MODIFICACIÓN Nº 1 DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE VILLALBA DE LOS BARROS (BADAJOZ)." Ministerio de Medio Ambiente y Confederación Hidrográfica del Guadiana.

-Aranda Gutiérrez, F., J. L. Sánchez Carcaboso, E. Andrés Díaz, G. Rodríguez Martín, M. E. Polo García, R. Sánchez Crespo y J. A. Gutiérrez Gallego (2008). LAS PRESAS DE ABASTECIMIENTO EN EL MARCO DE LA INGENIERÍA HIDRÁULICA RO-

MANA. LOS CASOS DE PROSERPINA Y CORNALBO. Mérida, excavaciones arqueológicas 2003. Mérida, Consorcio de la Ciudad Monumental, Histórico-Artística y Arqueológica de Mérida: pg. 471 a 536.

-Barrau de los Reyes, J. (2006 a). ANTEPROYECTO DE MEJORA DEL ABASTECIMIENTO AL CONSORCIO DE LOS MOLINOS. Ministerio de Medio Ambiente y Confederación Hidrográfica del Guadiana.

-Barrau de los Reyes, J. (2006 b). ANTEPROYECTO DE MEJORA DEL ABASTECIMIENTO EN EL ENTORNO DE LA PRESA DE ALANGE, 2ª FASE. Ministerio de Medio Ambiente y Confederación Hidrográfica del Guadiana.

-Castillo Barranco, J. C. (2001). TIPOLOGÍAS Y MATERIALES DE LAS PRESAS ROMANAS EN ESPAÑA (Tesis doctoral). Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, U.P.M.

-CEDEX-Laboratorio de Geotecnia (2009 a). "NOTA TÉCNICA SOBRE LOS RESULTADOS CON ENSAYOS PRESIOMÉTRICOS REALIZADOS EN LA PRESA DE VILLALBA DE LOS BARROS (BADAJOZ)." -CEDEX-Laboratorio de Geotecnia (2009 b). "NOTA TÉCNICA SOBRE LA MODELIZACIÓN NUMÉRICA DE LA SECCIÓN LONGITUDINAL DE LA PRESA DE VILLALBA DE LOS BARROS (BADAJOZ)." -Fernández Fernández, J. y TERA S.L. (2007). INFORME DE PROSPECCIÓN ARQUEOLÓGICA INTENSIVA DE 1.090 HA EN LOS T.T.M.M. DE VILLAL-

BA DE LOS BARROS. FUENTE DEL MAESTRE Y FERIA (BADAJOZ).

-García-Diego, J. A. (1994). PRESAS ANTIGUAS DE EXTREMADURA. Madrid, Fundación Juanelo Turriano.

-García Cerezo, P. (2007). "INFORME SOBRE EL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE VILLALBA DE LOS BARROS (BADAJOZ)." Ministerio de Medio Ambiente.

-González Sereno, M., ATE y DRAGADOS (2006). "PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA DE VILLALBA DE LOS BARROS (BADAJOZ)." Ministerio de Medio Ambiente y Confederación Hidrográfica del Guadiana.

-Grupo de Investigación en Biología de la Conservación (UJEX) (2006). "PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL PARA PALIAR EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA PRESA DE VILLALBA DE LOS BARROS"

-Lázaro Urra, J. (1936). "LA PRESA DE LA ALBUERA DE FERIA (BADAJOZ)." REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

-Ministerio de Medio Ambiente (2000). EL LIBRO BLANCO DEL AGUA. Madrid, Secretaría General Técnica.

-MOPU (1986). INVENTARIO DE PRESAS ESPAÑOLAS, 1986. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Dirección General de Obras Hidráulicas.

-Smith, N. A. F. (1970). THE HERITAGE OF SPANISH DAMS. Madrid, ICOLD International Commission on Large Dams (Comité Internacional de Grandes Presas).



Construcción de presas en el exterior. Período entre congresos Barcelona 2006 y Brasilia 2009

Dam building abroad: Period between the Barcelona 2006
and Brasilia 2009 congresses

Revista de Obras Públicas
nº 3.509, Año 157
Abril 2010
ISSN: 0034-8619

Antonio Capote del Villar. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Jefe Departamento de Proyectos Presas y Obras Marítimas. Dirección Técnica.
Ferroviario-Agromán. a.capote@ferrovial.es

Fernando Abadía Anadón. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Jefe Departamento de Obras Hidráulicas, Subterráneas y Medioambientales. Dirección Técnica.
Dragados S.A. fabadiaa@dragados.com

Víctor E. Flórez Casillas. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Director Departamento de Obras Hidráulicas y Marítimas. Dirección de Innovación y Tecnología.
FCC Construcción S.A. vflerez@fcc.es

Resumen: En el artículo se describen las características principales de tres presas construidas por empresas constructoras españolas en el exterior durante el período comprendido entre los dos últimos Congresos Internacionales de Grandes Presas: Barcelona 2006 y Brasilia 2009. Dichas presas, construidas en tres países diferentes (Chile, Bulgaria y Puerto Rico) presentan tres tipologías distintas: gravas con pantalla de hormigón (CFRD) bóveda y arco gravedad de hormigón compactado HCR, correspondiendo a tres proyectos significativos por sus singulares características técnicas. Estas realizaciones forman parte de una larga serie de presas construidas en el exterior con tecnología propia por las empresas constructoras españolas, que cuentan ya con más de 60 realizaciones fuera de España desde los años 70 del pasado siglo.

Palabras Clave: Presa; Tipología; Hormigón Compactado; Bóveda; CFRD

Abstract: The article describes the main characteristics of three dams built abroad by Spanish construction companies over the period between the two last International Congresses on Large Dams held in Barcelona in 2006 and Brasilia in 2009. The three dams, built in three different countries (Chile, Bulgaria and Puerto Rico) are of different type: Concrete Faced Rockfill Dam (CFRD), Roller Compacted Concrete gravity arch and arch dam, and were three significant projects on account of their particular technical characteristics. These constructions form part of a long line of dams built abroad by Spanish construction companies, with over 60 dams being built outside Spain since the 1970's.

Keywords: Dam; Type; Compacted Concrete; Arch; CFRD

1. Introducción

La dilatada experiencia histórica de España en las técnicas relativas a aprovechamientos hidráulicos, ha dado lugar a una presencia muy significativa de la ingeniería española de presas en el exterior, que se prolonga desde el siglo XVI con el inicio de la colonización de América hasta nuestros días. Así, desde la década de los años 70 del pasado siglo hasta la fecha

las empresas constructoras españolas han participado en la construcción de 67 presas en el extranjero, con realizaciones de todas las tipologías y en todos los continentes excepto Oceanía, principalmente en Europa, Norte de África e Hispanoamérica. Por otra parte, las empresas españolas de ingeniería también han tenido y mantienen actualmente una significativa actividad en el exterior, habiendo participado desde los años 70 en más de 50 estudios y proyectos de presas.



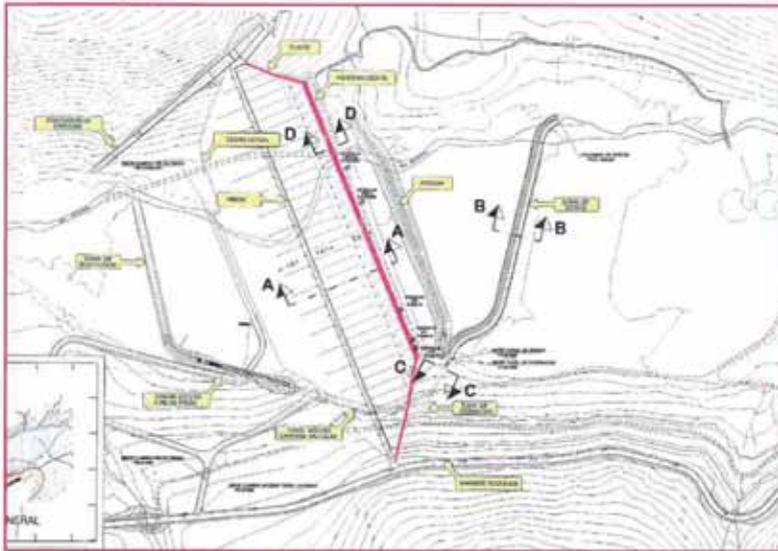


Fig. 1. Planta general de la presa.

En el período comprendido entre los dos últimos Congresos Internacionales de Grandes Presas, Barcelona 2006 y Brasilia 2009, las empresas constructoras españolas han participado en tres grandes presas, significativas por su complejidad y características técnicas: Presa de El Bato (Chile) de gravas con pantalla de hormigón aguas arriba, Presa de Tsankov Kamak (Bulgaria) de tipo arco de doble curvatura (bóveda) y Presa del Río Portugués (Puerto Rico) de tipo arco gravedad en hormigón compactado HCR. En los apartados siguientes se resumen las características principales de estas tres presas.

2. Presa de El Bato (Chile)

2.1. Introducción y objeto de la obra

En Junio de 2007, la Dirección de Obras Hidráulicas del Ministerio de Obras Públicas de Chile adjudicó a la U.T.E. formada por FERROVIAL-AGROMAN y BESALCO las obras de "Construcción del Embalse El Bato, IV Región de Coquimbo, Chile" situadas en el valle del río Illapel y 30 Km al Oeste de la ciudad del mismo nombre, cuyo objeto es crear un embalse de 25,5 Hm³ y 110 Ha de superficie inundada para laminación de avenidas y regulación de recursos del río para riego. El contrato incluye las siguientes obras principales (Figura 1):

- Presa de gravas compactadas con pantalla de hormigón aguas arriba (CFRD) de 56 m de altura

sobre cimientos y 591 m de longitud en coronación.

- Desagüe de fondo y toma de agua a través de un túnel situado en la margen izquierda, de 257 m de longitud y sección en herradura de 2,80 m de diámetro, utilizado para manejo del río durante la construcción de la presa.
- Aliviadero lateral en la margen derecha, con labio fijo de 50 m de longitud de vertido, canal de descarga y trampolín de lanzamiento.
- Variante del camino de Illapel a Carén en la zona inundada por el embalse.

Actualmente las obras están casi completamente finalizadas, con todos los rellenos de presa colocados, la pantalla de hormigón terminada y el túnel de desagüe de fondo y toma de agua terminado y operando (Figura 2).

2.2. Geología de la cerrada

En el sitio de la presa el valle del río Illapel tiene forma en U, con laderas de pendientes entre 20° y 25° y un amplio fondo de valle sensiblemente horizontal a la cota 850.

Las laderas, por encima de la cota 790 aproximadamente, están formadas por andesita ocoítica gris con fracturación media y dureza media-alta, con intercalaciones de paquetes de andesita afanítica poco alterada y dureza media alta. La cobertura de suelos en ambas laderas es en general inferior a 1,5 m. Por debajo de la cota 790 aproximadamente, el sustrato rocoso está formado por tobas y brechas con estrato intercalado de andesita ocoítica. En el fondo del valle la roca está cubierta por un potente depósito

Fig. 2. Vista general de la presa en septiembre de 2009.



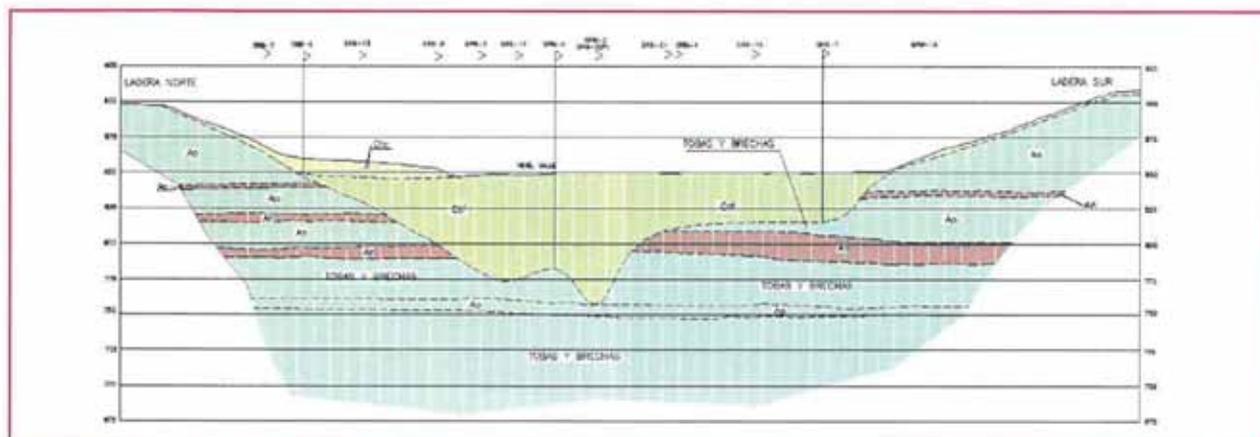


Fig. 3. Perfil geológico por el eje de presa.

aluvial, formado por bloques, bolones y gravas arenosas permeables, alcanzando un espesor máximo próximo a 100 m (Figura 3).

2.3. Cuerpo de presa

La presa es de tipo CFRD, estando formada por bolos y gravas arenosas permeables compactadas, mayoritariamente sin procesar, con pantalla impermeable de hormigón aguas arriba, con una altura sobre cimientos de 56 m, 591 m de longitud de coronación y un volumen total de rellenos de 2.328.000 m³. La coronación tiene un ancho de 6 m a la cota 902,70, presentando la presa taludes 1,5(H):1(V) aguas arriba y 1,6(H):1(V) aguas abajo.

En las laderas la presa apoya sobre la roca andesita previa excavación de la cobertura de suelos, por lo que las secciones presentan el diseño clásico CFRD con plinto en losa hormigonada sobre roca. Sin embargo, en el amplio valle fluvial, donde los materiales aluviales permeables alcanzan espesores próximos a

100 m, se ha adoptado una solución similar a la de otras presas construidas en Chile sobre emplazamientos similares (Santa Juana, Puclaro) cimentando presa y plinto sobre la superficie del propio aluvial. La sección tipo en esta zona (415,90 m de longitud) es la más característica de la presa, mostrándose en la Figura 4.

Los rellenos del cuerpo de presa proceden del propio aluvial del río, extraídos en zonas próximas a la cerrada así como de excavaciones realizadas en roca sana para construir las obras de fábrica, túnel y caminos.

2.4. Pantalla impermeable de hormigón

La pantalla impermeable de hormigón tiene un espesor variable entre 34 y 45 cm, siguiendo la ley $t = 0,34 + 0,00207 H$. El hormigón es tipo H25, con árido de tamaño máximo 1 1/2" y 4 a 6% de aire ocluido. La armadura se dispone centrada en la sección, con una cuantía geométrica de 0,34% en dirección

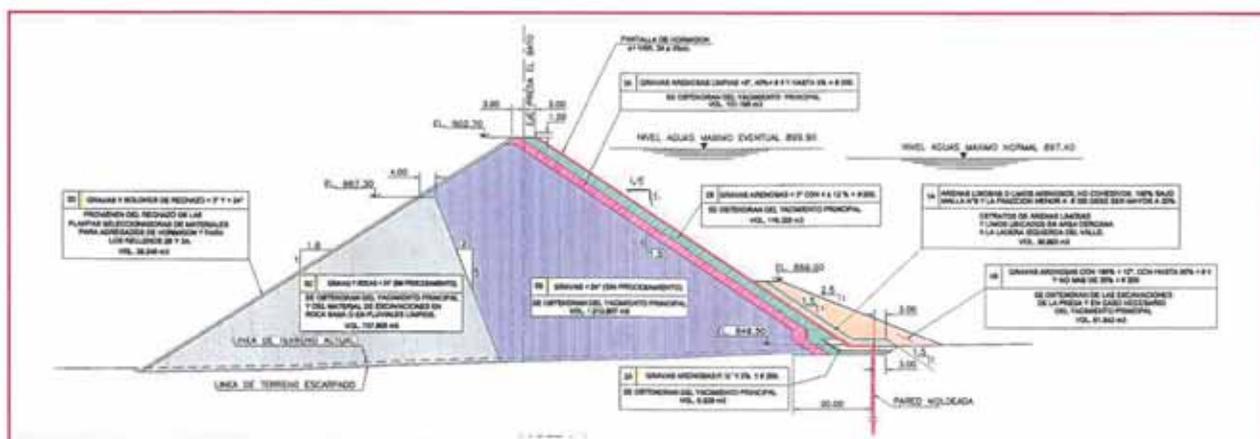
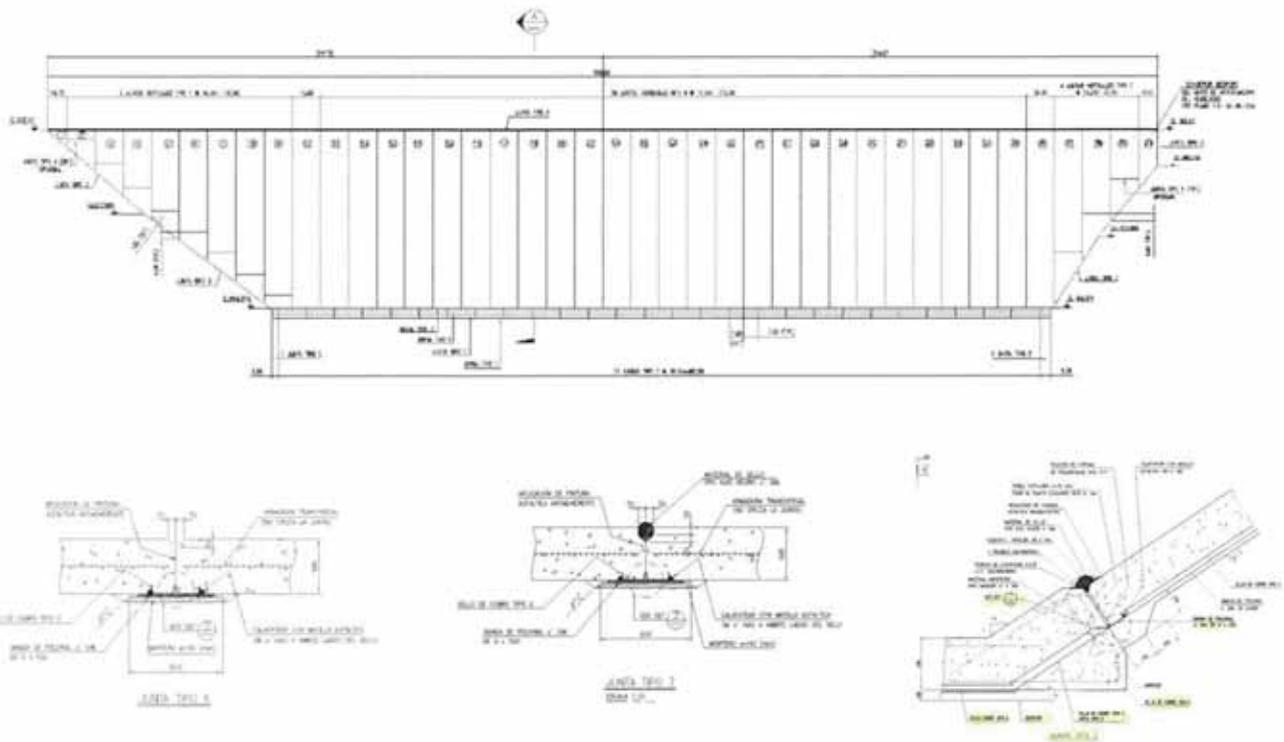


Fig. 4. Sección tipo de presa.



Fig. 5. Formación del talud aguas arriba con hormigón bordillado para apoyo de la pantalla.



horizontal y 0,44% en dirección vertical, reforzándose junto al plinto y en el arranque de la pantalla. El talud de aguas arriba de la presa, apoyo de la pantalla impermeable de hormigón, se ha terminado en hormigón vibrado colocado con bordilladora, compactando los rellenos contra el mismo (Figura 5).

La pantalla se divide en 40 módulos de 15 m de ancho, con 26 juntas verticales centrales y 13 juntas verticales de tracción, todas ellas impermeabilizadas con sello de cobre (Figura 6).

Fig. 6. Pantalla de hormigón. Vista normal y detalles de juntas.

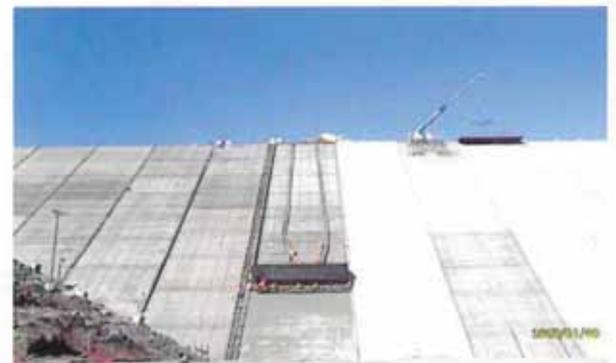


Fig. 7. Hormigonado de la pantalla de hormigón.



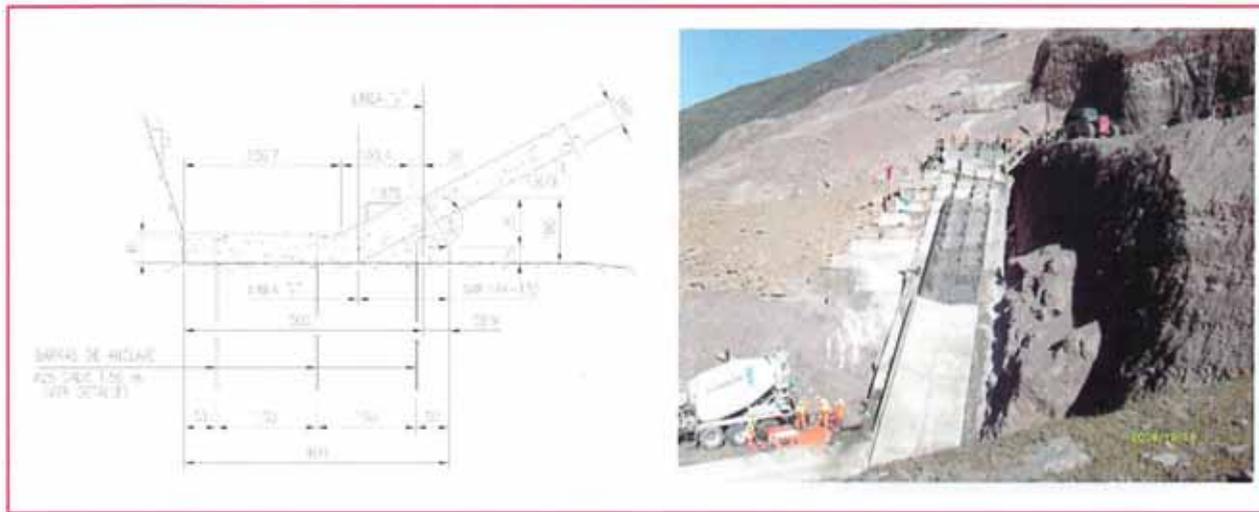


Fig. 8. Pinto sobre roca en laderas.

2.5. Plinto

En las laderas se cimenta el plinto sobre la andesita, con la disposición clásica en presas CFRD (Figura 8) mientras que en el fondo del valle, en 415,90 m de longitud, presa y plinto se cimentan horizontalmente a la cota 849 sobre el aluvial permeable del río. En este tramo, el plinto se ha proyectado como en otras presas construidas en Chile en emplazamientos similares que han mostrado un buen comportamiento (Santa Juana y Puclaro) formado por varias losas articuladas entre sí de manera que las diferencias de movimientos entre el pie de pantalla y el plinto se reparten entre las diversas juntas, de forma que el movimiento en la junta perimetral con la pantalla impermeable pueda ser absorbido por el elemento impermeabilizador en ella dispuesto.

Con este criterio, el plinto está formado por una losa de hormigón armado dividida en tres tramos articulados, el de aguas abajo recibe el pie de la pantalla impermeable y el de aguas arriba enlaza con el dispositivo de impermeabilización del cimient, materializado mediante una pared moldeada excavada en el aluvial (Figura 9).

Un esquema de funcionamiento de este tipo de plinto articulado se puede ver en la Figura 10 (tomada de "CFRD constructed on deep alluvium" G. Noguera, L. Pinilla y L. San Martín) que muestra el estado de deformaciones en el plinto durante el llenado del embalse de la presa de Santa Juana (114 m de altura) construida también por FERROVIAL-AGROMAN en los años 1992-95.

2.6. Tratamiento del aluvial

El aluvial se impermeabiliza mediante una pantalla continua de hormigón (o pared moldeada) de 0,80 m de espesor, desde la cota 849,50 de coronación de plinto articulado hasta la roca en las zonas

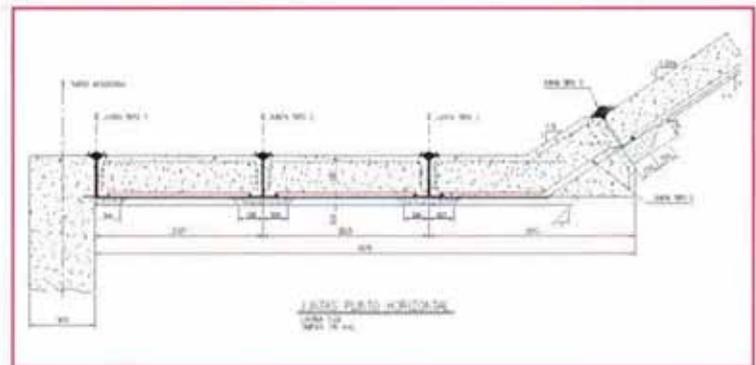


Fig. 9. Plinto articulado sobre aluvial del valle.

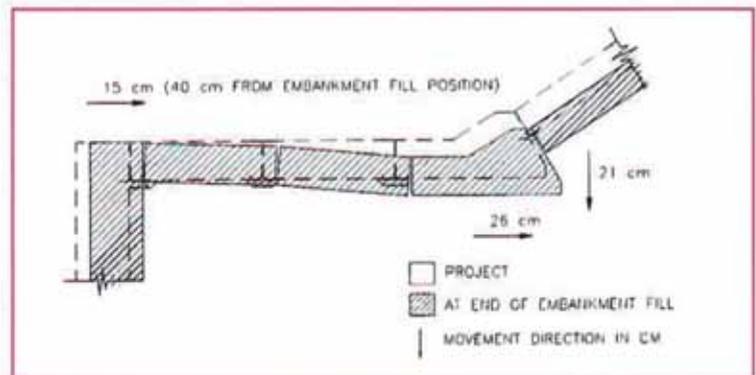


Fig. 10. Deformaciones en el plinto de la presa de Santa Juana en llenado del embalse.





Soluciones para toma de datos GPS en Obras Públicas



Máxima Precisión

Geoplotter XH

Precisión 10 cm
Autonomía 8 horas



Productividad

Juno SC

Precisión 1-3 metros
Conectividad 3,5G



Versatilidad

Nomad G

Precisión 2-5 metros
Cámara de fotos
Lector código de barras

Consigue un rápido retorno de la inversión
Soluciones GPS para:

Inspecciones de obra
Movimiento de tierras
Estudios geotécnicos y catas

Mantenimiento de infraestructuras
Inventario de bienes (mobiliario, etc)
Levantamientos y deslindes

¿Necesitas un servicio completo?

Consultoría de proyectos GPS/GIS Formación Oficial
Soporte y Asistencia Técnica Oficial Asesoría Técnica



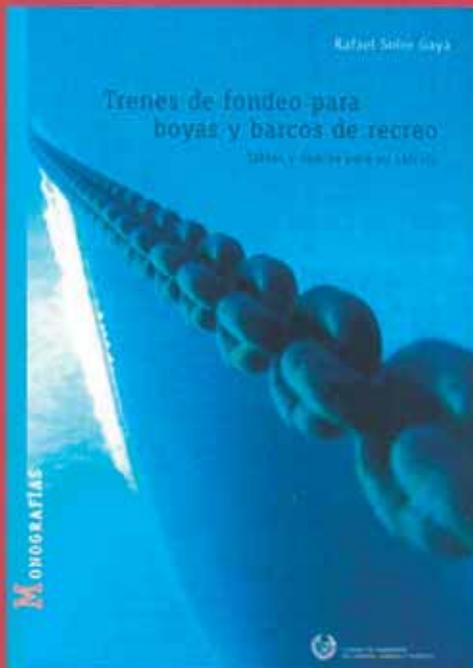
Delegaciones

Madrid Valladolid
Barcelona Sevilla
Bizkaia Córdoba
Gipuzkoa Albacete

www.ti.eptisa.com
info.trimble@ti.eptisa.com
915949500



eptisa
tecnologías de la información



Trenches for buoys and recreational boats. Tables and abacuses for calculation

A LA VENTA EN LA LIBRERÍA DEL COLEGIO DE INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

www.ciccp.es

Teléfono: 91.308.19.88 (Ext. 272-298). Fax: 91.319.95.56.

libreria@ciccp.es

DISPONIBLES EN PRÉSTAMO EN LA BIBLIOTECA DEL COLEGIO
DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Teléfono: 91.308.34.09. Fax: 91.319.95.56.

biblioteca@ciccp.es

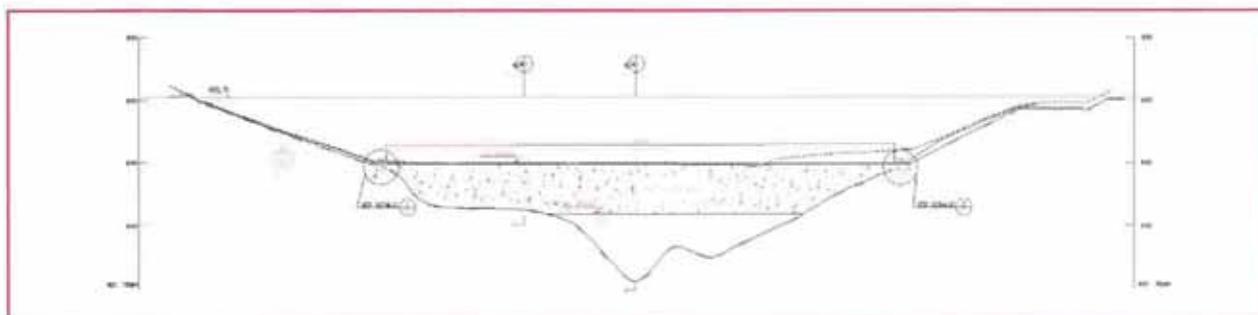


Fig. 11. Perfil por el eje de la pantalla de

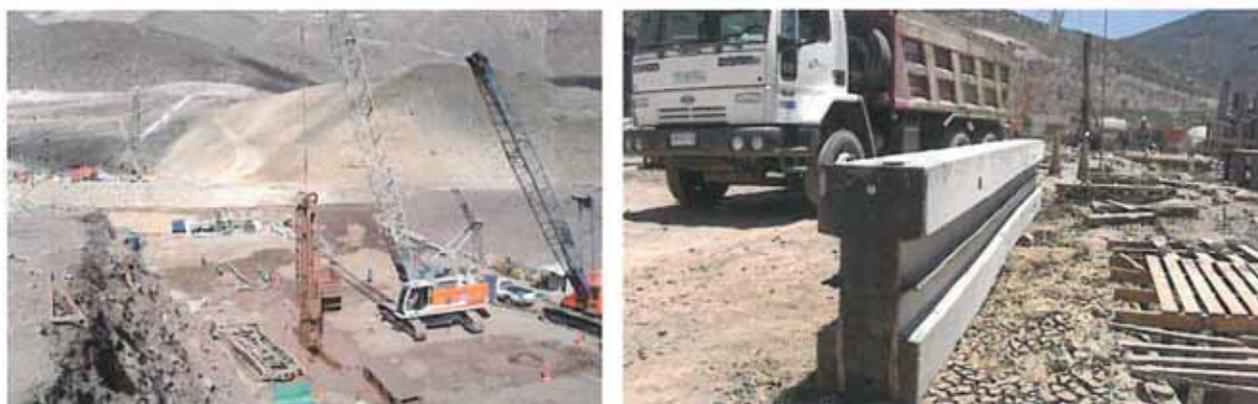


Fig. 12. Ejecución de la pared moldeada en el aluvial y elementos junta entre bataches.

más próximas a las laderas, y hasta 40 m de profundidad en el centro del valle (Figura 11).

En los 10 m superiores la pantalla continua se forma con hormigón armado H20, mientras que bajo dicha cota el hormigón es tipo H10 en masa, dejando incorporado en el hormigón una serie de tubos que permiten perforar posteriormente e inyectar la roca en el pie de la pared moldeada. Las juntas entre bataches de pantalla se impermeabilizan mediante la colocación de elementos prefabricados de hormigón con sección transversal en H (Figura 12).

2.7. Órganos de desagüe

En la ladera derecha se sitúa el aliviadero lateral de labio fijo, con 50 m de longitud de vertido y formado por: cubeta de 10 m de ancho en solera y pendiente 0,04, sección de control, canal de descarga de 210 m de longitud con ancho variable entre 13 m y 7,5 m y pendientes entre 4% y 25,5% y trampolín de lanzamiento (Figuras 13 y 14).

El desagüe de fondo y toma de agua para riego se sitúan en un túnel excavado en la ladera izquierda.

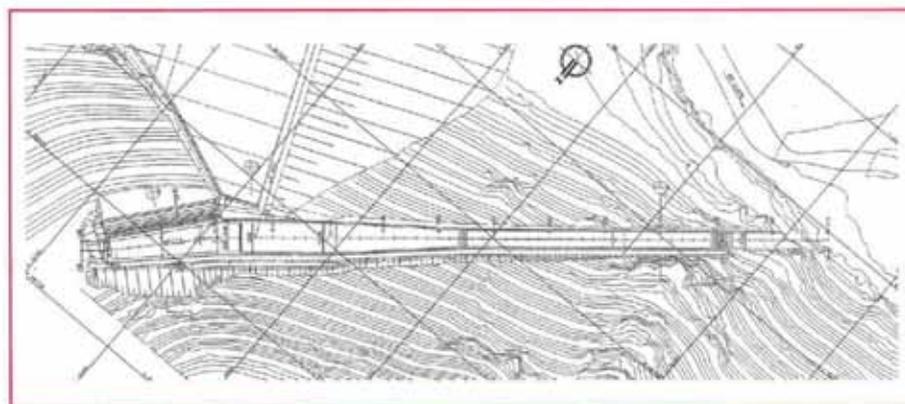


Fig. 13. Planta general del aliviadero.



Fig. 14. Construcción del aliviadero (Abril de 2009).



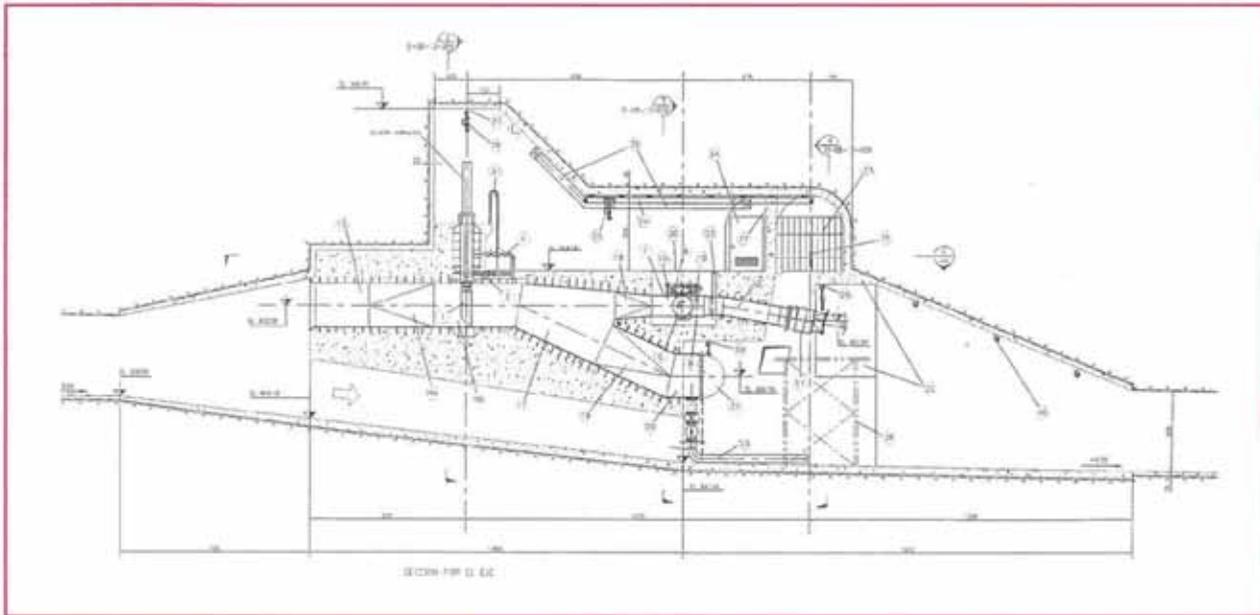


Fig. 15. Disposición general de la caverna de válvulas.

de 257 m de longitud y sección en herradura de 2,8 m de diámetro, utilizado para manejo del río durante la construcción de la presa. En dicho túnel se dispone el tapón de cierre del desvío, donde tiene su embocadura un conducto rectangular de 1,6x1,8 m² que se bifurca en dos conductos: uno de desagüe de fondo ϕ 0,762 m y otro de toma para riego ϕ 1,60 m. Sobre el tapón de cierre se dispone la caverna de válvulas, donde se alojan tres válvulas: una Bureau 1,60x1,80 m de cierre, situada aguas arriba de la bifurcación, y dos en el desagüe de fondo: una mariposa ϕ 0,762 m de seguridad y una Howell Bunger ϕ 0,662 de regulación (Figura 15).

El contrato de construcción fue adjudicado en Marzo del año 2008 a DRAGADOS USA Inc. y los trabajos comenzaron en Abril de 2008

La forma de contratación impone cinco fases diferentes las cuales se consideran anualidades dentro de las cuales se deben ejecutar los trabajos programados. Estas fases vienen impuestas por las denominadas "ventanas de hormigonado" fuera de las cuales el riesgo de huracanes con fuertes avenidas es máximo.

Como se ha comentado anteriormente la obra comenzó en Abril del año 2008 y está previsto concluiría en el año 2012 según las siguientes fases de ejecución:

- FASE I: Movilización, creación de accesos y desmonte de la cantera.

Fig. 16. Situación del proyecto e infografía del vaso con la presa llena.

3. Presa del Río Portugués (Puerto Rico)

3.1. Introducción y objeto de la obra

La presa del Portugués (Portugues Dam) se encuentra situada sobre el río Portugués, en la isla de Puerto Rico, 3 millas al noroeste del municipio de Ponce, actualmente la segunda ciudad en importancia por detrás de la capital San Juan.

Su propietario y diseñador es el US Army Corps of Engineers (USACE) y la finalidad de esta presa es el control de avenidas, fundamentalmente las causadas por los huracanes y tormentas tropicales que periódicamente azotan esta zona del mar Caribe.





Fig. 17. Zona montañosa donde se ubica la cerrada y el vaso (infografía).

- FASE II: Excavación y tratamiento del cimientó, montaje de las instalaciones y producción de áridos.
- FASE III: Hormigonado de la presa (50% volumen)
- FASE IV: Hormigonado de la presa (50% volumen)
- FASE V: Desagües de fondo y casa de válvulas, construcción de las carreteras y limpieza final hasta cota de inundación.

El cliente estima un plazo de construcción entre 48 y 60 meses dependiendo de la excavación y tratamientos del cimientó y de la frecuencia e intensidad de las lluvias (producidas por los períodos de huracanes) durante el período de construcción

En el momento de redacción de este artículo (Dic 2009) las obras se encuentran finalizando la fase II a punto de comenzar la fase III en breves meses.

3.2. Geología del vaso y la cerrada

La presa se encuentra en las faldas de la cordillera central que se eleva hasta una altitud de 4.398 ft (1.300 m) y se extiende a través de la isla de Puerto Rico. Esta región montañosa se formó debido a una serie de acontecimientos volcánicos que tuvieron lugar desde el final período Cretácico hasta el final de la primera fase del Eoceno. La elevación e inclinación de Puerto Rico tuvo lugar durante el Mioceno, el Plioceno temprano y el final de dicha era, lo cual desembocó en las formaciones que hoy en día se evidencian.

La zona montañosa de la isla se encuentra extensamente plegada. Las indicaciones superficiales de

existencia de fallas son a menudo confusas y vagas pero su existencia se indica por repentinos cambios de pendiente, desplazamientos estatigráficos o compensaciones de las características topográficas. El emplazamiento de la presa se encuentra cerca de la zona de fracturas al sudoeste de Puerto Rico la cual se supone inactiva, pero que tiene un desplazamiento lateral de al menos 37 millas. Dentro del área inmediata de ubicación de la presa se encuentra un macizo intrusivo de dioritas del período Eoceno que ocupa una extensa zona (de 2.2 kilómetros cuadrados) del área del embalse. La intrusión de este macizo con sus diques y fallas asociados ha creado la compleja geología del emplazamiento.

La topografía de la zona inmediata a la presa es montañosa con laderas empinadas que alcanzan los 500 a 600 ft (150 a 180 m) de altura por encima del lecho del río. El valle es relativamente estrecho oscilando su gradiente entre 132 y 264 pies por milla en el área del embalse. La geología del emplazamiento es compleja y las unidades rocosas presentes en el mismo son a menudo difíciles de identificar mediante observación visual. Generalmente los contactos entre unidades rocosas son difíciles de definir puesto que la roca sedimentaria original ha sido intruida por numerosos diques volcánicos profundos y abruptos, y alterada a un grado bajo meta-sedimentario. El espesor de los diques puede variar entre una pequeña fracción de pulgada hasta treinta pies, pero generalmente el espesor oscilará entre unas pocas pulgadas a 3 ó 4 pies. Muchos de los diques están sanos y no se encuentran erosionados pero, en general los diques se erosionan mucho más rápida y profundamente que la roca base circundante.

El grado y profundidad de la roca erosionada son altamente variables y cambian en pocos metros. La intensidad del manto de erosión varía desde un promedio de 23 pies de espesor en las laderas a pocos pies en el valle del río. Sin embargo se han detectado zonas de intensa erosión que alcanzan los 55 pies de espesor.

Los suelos de la zona están constituidos por la intensa erosión de la roca base y han sido clasificados como arena limosa, limos, y arcilla.

La roca base donde se apoya la presa está formada por conglomerados volcánicos metamórficos, arenisca y limolita.

La roca predominante es el conglomerado volcánico de color púrpura a gris verdoso; los clastos que la forman son redondeados de tamaño entre arena y



gravas predominando los tamaños de 1 a 3 pulgadas. La matriz se compone principalmente de arena y arcilla formada por material andesítico y ceniza. El resto, 30% aproximadamente de la matriz, está formado por cuarzo criptocristalino y calcita secundaria.

La arenisca metamórfica es gris a gris verdosa, su granulación varía de fina a gruesa con algunos clastos andesíticos embebidos. La matriz, de granulometría arenosa, está compuesta de material volcánico con cuarzo secundario y calcita que actúan como cemento. El origen del material arenoso es andesítico.

La limolita también varía del gris al gris verdoso, es calcárea, silicea o tobácea formando un cuerpo masivo. Hay áreas locales con esqueletos de foraminíferos y ceniza volcánica dentro de dicha limolita.

La cantera de la que se extraen los áridos para la presa se ubica al lado del río aproximadamente 6.000 pies (1.800 m) al norte de la presa y su naturaleza es diorítica cristalina de grano grueso. Su composición es 55 % plagioclasa levemente alterada a sericita y el 41% hornblenda. Este material se erosiona en una gruesa saprolita arenosa. La cobertera de la cantera promedia 30pies (9 m) pero puede alcanzar los 90 pies (27 m) en algunas zonas. La diorita se encuentra fuertemente diaclasada y cortada por numerosos diques y juntas.



Fig. 18. Cantera.

Esta cantera está dividida en dos zonas para su explotación cuyas capacidades son de 400.000 y 200.000 cy respectivamente (300.000 y 150.000 m³).

3.3. Tipología y características principales

La presa del río Portugués es una presa de HCR de planta curva y tipología arco-gravedad. Esta tipología no es frecuente en presas de HCR y hasta ahora muy rara fuera de China, que es el país en el que en ma-

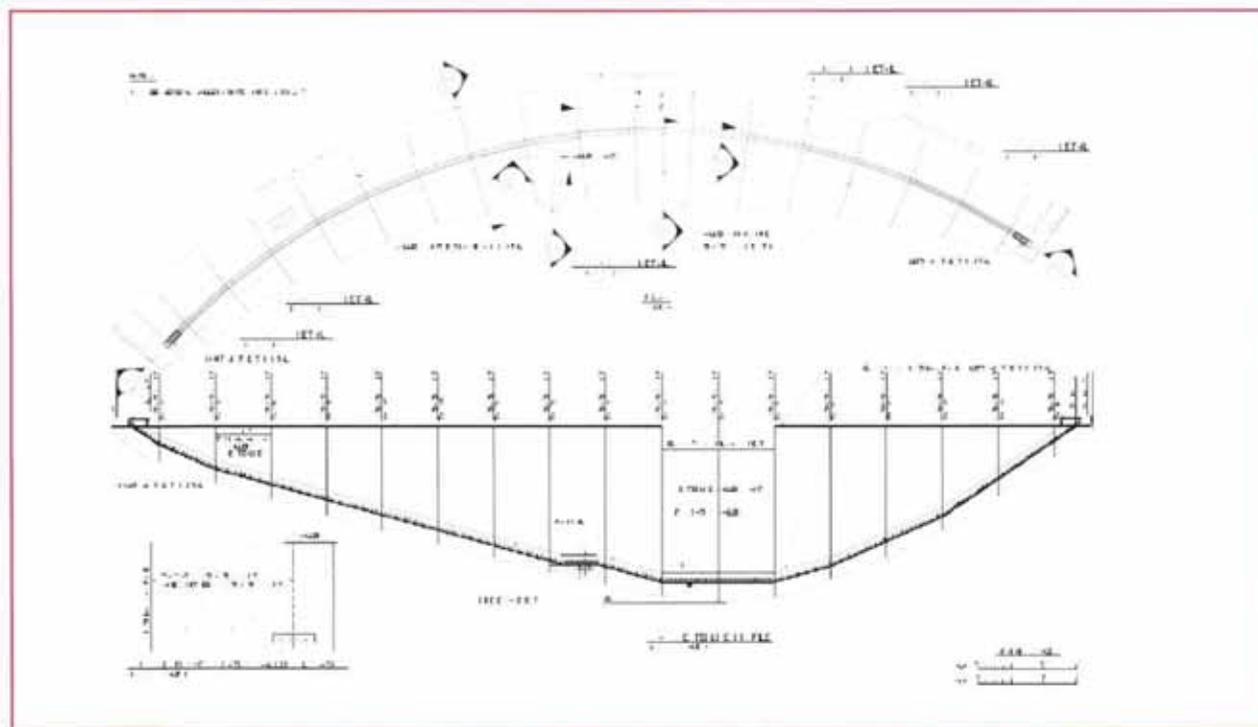


Fig. 19. Planta y alzado general.



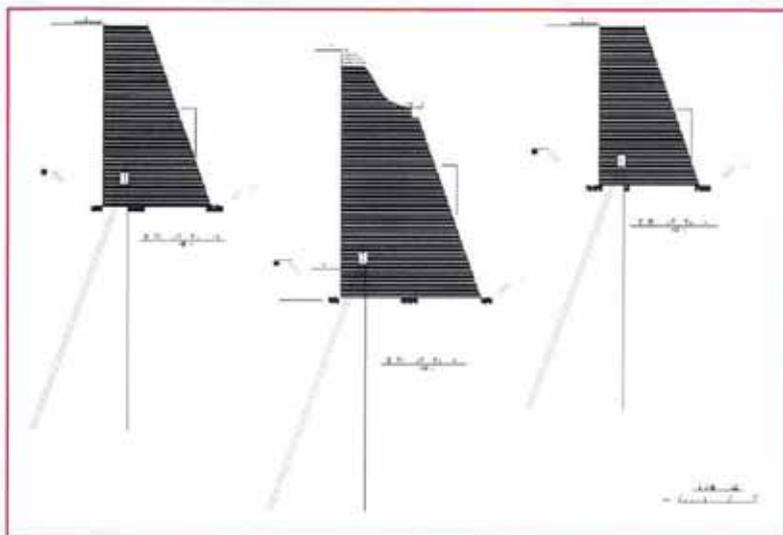


Fig. 20. Secciones transversales típicas y cortina de inyección y drenaje.

por número se han construido y desarrollado este tipo de presas de HCR arco-gravedad.

La presa tiene una altura sobre cimientos de 67 m, y una longitud de coronación de 375 m configurando un volumen de presa de 375.000 cy (282.000 m³). Sus paramentos tienen unos taludes de 0,35H/1V aguas abajo y vertical aguas arriba, los cuales están en completa concordancia con su tipología arco-gravedad.

Sus órganos de desagüe constan de un aliviadero de superficie de labio fijo de 42,67 m (140 ft) de longitud y un desagüe de fondo con dos conductos de 1.500 mm de diámetro, para desaguar un caudal de 70 m³/s, gobernados por válvulas tipo Howell Bunger de 1.200 mm de diámetro.

Fig. 21. Aliviadero (infografía).



La cortina de inyecciones prevista es bilineal con una profundidad de 60 m. El espaciamiento inicial será de tres metros. La cortina de drenaje se compone de drenes de 60 m y 3" de diámetro.

La mezcla propuesta por el USACE contiene 183kg de conglomerante por m³ de hormigón, con un porcentaje (en peso) de cemento y cenizas volantes de 66% y 34% respectivamente. La mezcla se compone de una arena graduada con un mínimo del 5% de filler exento de partículas perjudiciales y tres áridos gruesos, siendo el tamaño máximo de árido 2" (50mm). Esta mezcla base proviene de ensayos realizados previamente y la composición definitiva vendrá determinada por las pruebas en losa de ensayo que se están realizando.

No existe un requerimiento especial de resistencia en el pliego de condiciones pero, como objetivo, se espera alcanzar una resistencia característica a 365 días de 4.600 psi (31 Mpa) a compresión simple y 300 psi (2,1 Mpa) a tracción directa en juntas de tongadas.

Las juntas de bloques se van a ejecutar mediante vibrohincado. Los tapajuntas no están aún definidos, se barajan dos alternativas: tapajuntas internos dobles embebidos en el cuerpo de presa o bien tapajuntas externos tipo "Carpi". La decisión la tomará el cliente después de efectuar pruebas en la losa de ensayo.

3.4. Excavación y desvío del río

La excavación ha sido realizada con medios mecánicos hasta donde ha sido posible y después con el uso de explosivos mediante voladuras controladas. El saneo y tratamiento de las fallas y juntas locales se efectúa con medios mecánicos y, en ocasiones, manualmente. El volumen de excavación alcanza los 175.000 m³.

El desvío del río se efectuará por los dos conductos de 1.500 mm, a través del cuerpo de presa, que conformarán los desagües de fondo. Este desvío es capaz de evacuar un caudal de 32 m³/s.

La ataguía es de tierras, con un volumen de 30.000 cy (27.000 m³), una altura de 50 ft (15 m) y una longitud de coronación de 320 ft (100 m). Su característica principal es que es rebasable ya que no es económico diseñar un desvío que, durante la construcción, permita desviar el caudal de avenida de un período de recurrencia suficiente para estar





Fig. 22. Excavación lodera derecha.



Fig. 23. Excavación lodera izquierda.



Fig. 24. Atagüia. Lámina y manto de gravas para colocación de bloques.



Fig. 25. Atagüia. Manto de bloques y ductos de desvío.

en un umbral de riesgo aceptable. Por ello esta atagüia ha sido diseñada con ambos taludes protegidos mediante bloques de hormigón unidos por cables.

Estos bloques descansan sobre una capa de gravas. Una lámina impermeable se interpone entre el talud de la atagüia y la capa de gravas.

3.5. Fabricación de áridos

La materia prima para la fabricación de los áridos es la diorita, como se ha dicho anteriormente. De la misma se obtienen cinco productos:

- 3 gruesos 3/16"-3/8" (5-10mm) // 3/8"-3/4" (10-19mm) // 3/4"-2" (19-50mm)
- 1 arena 0-3/16" (0-5mm) para RCC con 4 a 14% de finos

- 1 arena 0-3/16" (0-5mm) para hormigón convencional con 0 a 5% de finos

La instalación elegida es capaz para una alimentación de 300 t/h y está compuesta de:

- 1 Machacadora de mandíbulas (estimado que trabaje a 210 t/h, el resto hasta 300 t/h por el precribador)
- 1 Molino de Cono (estimado que trabaje a 210 t/h)
- 1 Molino de Impacto de Eje Vertical (VSI) (estimado que trabaje a 250 t/h)
- 1 Criba con 3 mallas: 75 mm, 50 mm y 19 mm
- 1 Criba con 3 mallas: 19 mm, 12,5 mm y 6 mm (realmente se combinan paños de distintas luces en las tres mallas)
- 1 Planta independiente para lavado de arena de 50 t/h





Fig. 26. Esquema de la instalación.



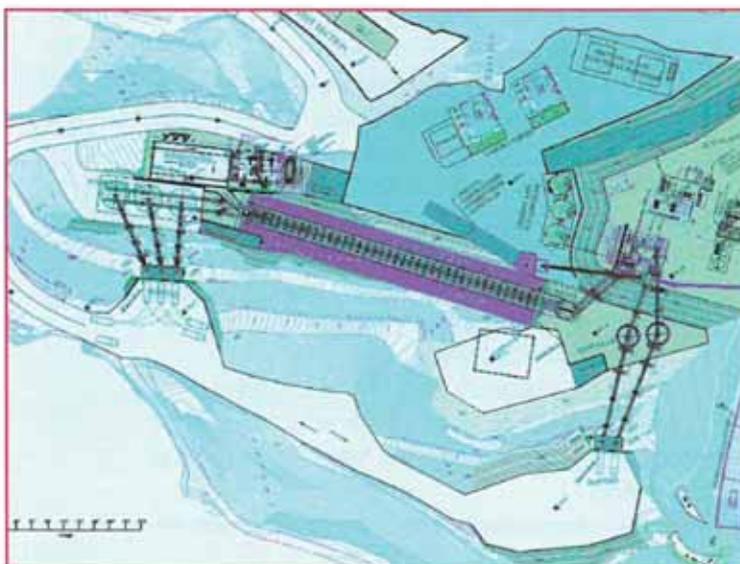
Fig. 27. Vista aérea de la instalación de machaqueo

3.6. Fabricación y puesta en obra del hormigón.

Los dos requerimientos esenciales que dimensionan la planta, aparte del volumen y plazo de fabricación, son el tiempo límite de recubrimiento para junta caliente, que es de 24 horas, y la temperatura media diaria de la mezcla en la colocación, que es 60 ° F (15,6 ° C).

Para alcanzar estos requerimientos se ha diseñado una planta de 250 m³/h provista de enfriamiento de áridos gruesos y amasado con escamas de hielo. Las características principales de sus elementos son:

Fig. 28. Esquema de disposición de la planta y el sistema de enfriamiento.



PLANTA DE HORMIGÓN

- Capacidad 250 m³/h
- 2 amasadoras forzadas de doble eje horizontal de 4 m³
- 2 silos de conglomerante de 70 m³ (divididos por la mitad, pues cada uno tiene que alimentar con cemento y ceniza a una amasadora)

INTALACIONES DE ENFRIAMIENTO

- 2 Wet-Belts: Velocidad 0,4 m/s. Ancho de banda 1.200 mm. Longitud 120 m
- 2 Equipos enfriamiento de agua: 2 x 1.500.000 kcal/h
- 1 Planta de escamas de hielo de 200 t/día

SILOS

- Áridos gruesos: 3 x 1.100 m³
- Arena: 2 x 600 m³
- Conglomerantes: 3 x 1.000 m³

El transporte de la mezcla hasta la presa se va a efectuar mediante cintas ROTEC de alta velocidad y la distribución interna mediante camiones.

Las características de estas cintas son:

CINTAS ROTEC 24''

- Equipo compuesto por 1 cinta de 90' + 5 cintas de 130' = 740' = 225 m





Fig. 29. Disposición de la planta en la margen derecha y la ataguía.

- Para el castillete del estribo izquierdo.: 1 de 90' + 6 de 130' = 870' = 265 m

4. Presa de Tsankov Kamak (Bulgaria)

4.1. Introducción y objeto de la obra

El Grupo FCC a través de su filial ALPINE está finalizando la ejecución de la presa de Tsankov-Kamak para la empresa nacional de electricidad NEK, Natsionalna Elektriçheska Kompania, de Bulgaria, Sofía. La obra está situada al sudoeste de Sofía (250 km), cerca de Smolyan, en el macizo montañoso de las Rodhopes fronterizo con Grecia, en el río Vacha y forma parte del complejo hidroeléctrico denominado Dospat-Vacha Cascade.

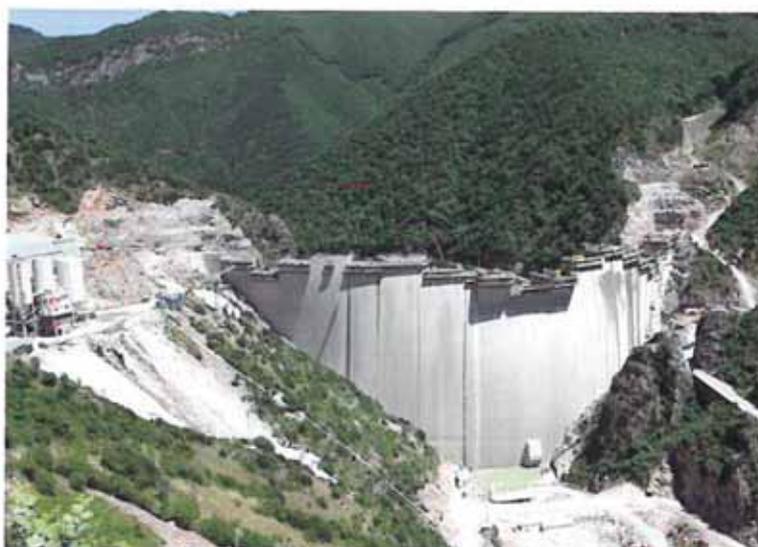


Fig. 30. Vista general de la presa de Tsankov Kamak en septiembre de 2009.

Con la construcción de la presa se consigue aumentar la capacidad energética del sistema actual un 48%, 188 GWh/año, hasta conseguir 570 GWh/año. La potencia de la planta hidroeléctrica de Tsakov-Kamak es de 85 MW con un salto útil de alrededor de 137 m. Los equipos electromecánicos de la central están suministrados por VA TECH HYDRO GmbH, Viena y el diseño del complejo es de PÖYRY Energy GmbH (Verbundplan GmbH), Viena, con el asesoramiento de G. Lombardi.

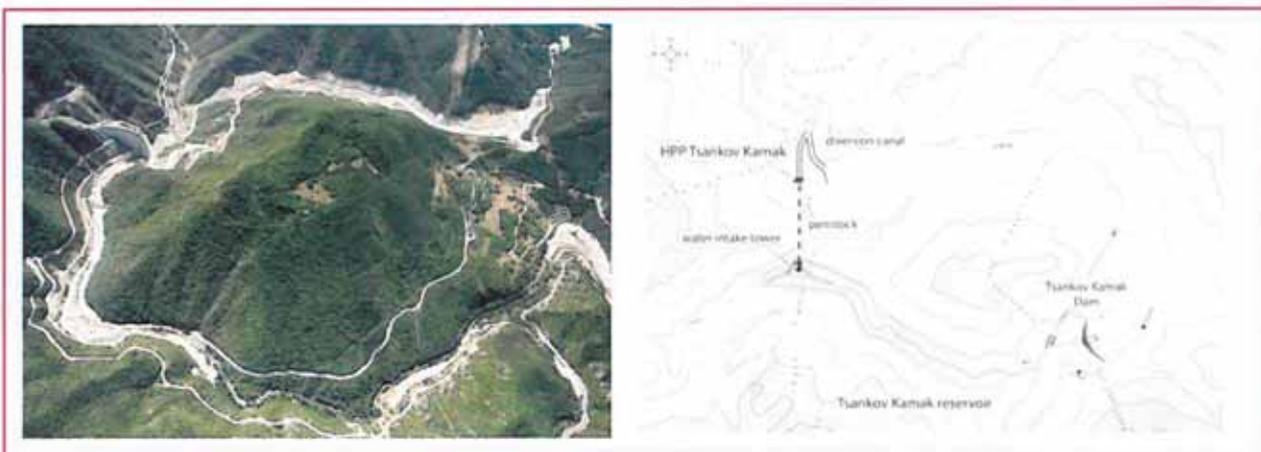
La planta de energía hidroeléctrica está designada como un proyecto de reducción de CO₂ dentro del ámbito de aplicación de los mecanismos del Protocolo de Kyoto, lo que permite que parte de la financiación de la obra se realice mediante emisión y transferencia de créditos ambientales a la República



Fig. 31. Esquema del complejo hidroeléctrico Dospat-Vacha de presas en cascada.



Fig. 32. Planta de las obras.



de Austria por reducción de emisiones contaminantes en el extranjero, en virtud de los acuerdos conjuntos establecidos entre ambos países. Se estima que la reducción de CO₂ obtenida es del orden de 200000 T/año.

La principal obra civil de este proyecto es la presa de Tsankov-Kamak con 130,50 m de altura que almacena un volumen de 111 Hm³. Se encuentra ubicada en el propio río Vacha, 400 m aguas abajo de la incorporación del río Gashnya (tributario por la margen izquierda) y cubre una extensión de 3,27 Km², recogiendo una cuenca de 1200 km².

El proyecto incluye la ejecución de la nueva toma, la estación generadora así como el traslado y desvío de la carretera de Devin-Mihalkovo en 19,5 Km.

Otra de las actuaciones llevadas a cabo ha sido el sellado de la zona de conexión con el río Gashnya que se encontraba muy fracturada y karsificada.

También ha sido necesaria la construcción de cuatro túneles de distinta envergadura:

- Túnel de desvío del río Vacha, con 493 m de longitud, para un caudal de 450 m³/s, correspondiente a un período de retorno de 20 años
- Túnel del By-pass provisional de la carretera, con 250 m de longitud
- Túnel de la toma en carga de la central, con 537 m de longitud y de 4400, blindado en acero, para una capacidad de 69,50 m³/s
- Túnel de Lyaskovo en el nuevo trazado de la carretera, con 862 m de longitud y una sección de 62 m²

4.2. Geología

El encaje de la presa se realiza en roca formada por gneiss y esquistos conectados, excepto en las zonas de falla. Existe un banco de calizas karsificadas

Fig. 33. Toma y Central Hidroeléctrica de Tsankov Kamak.

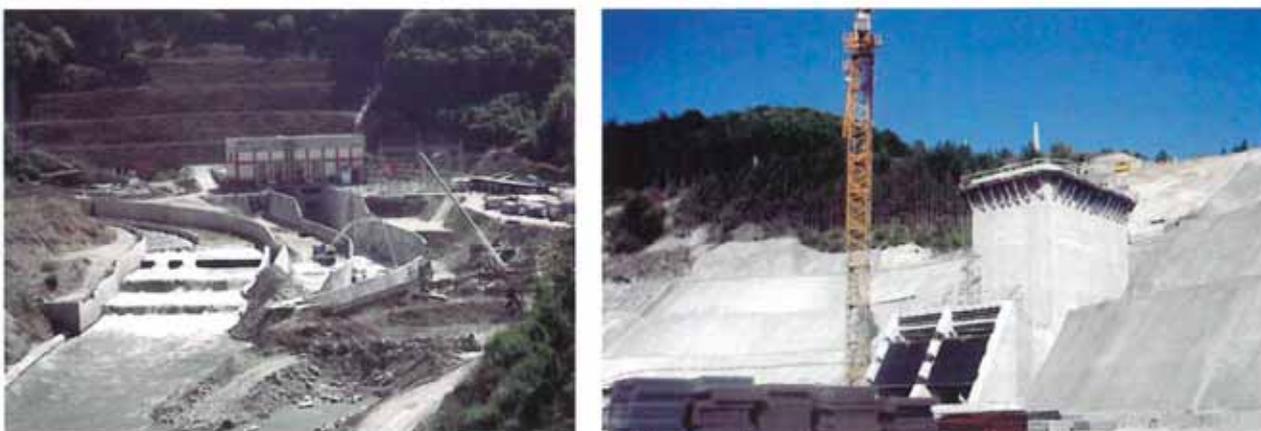




Fig. 34. Sellado en el cauce y taludes del río Gashnya en la conexión con el río Vacha.

en la parte superior del estribo derecho de la presa. El estribo izquierdo es de roca maciza sin alteraciones significativas mientras que en el estribo derecho, la presencia de fallas de cierta anchura y muy meteorizadas hacen necesario un tratamiento especial del apoyo. Todo el material superficial existente, tanto de rellenos en zonas de pendiente como el coluvial o incluso el aluvial del río está formado por meteorización de la roca del entorno, sin apenas transporte, encontrándose bloques de cierto tamaño.

4.3. Descripción de la presa

La estructura de cierre es una bóveda de doble curvatura con 130,50 m de altura desde cimientos, una longitud de coronación de 459 m y una cuerda de 341 m. Los estribos de la presa son de gravedad mientras que el resto del cuerpo de presa tiene una sección optimizada con una anchura máxima en la base de 27,60 m que se reduce hasta 8,80 m en coronación. La sección hori-

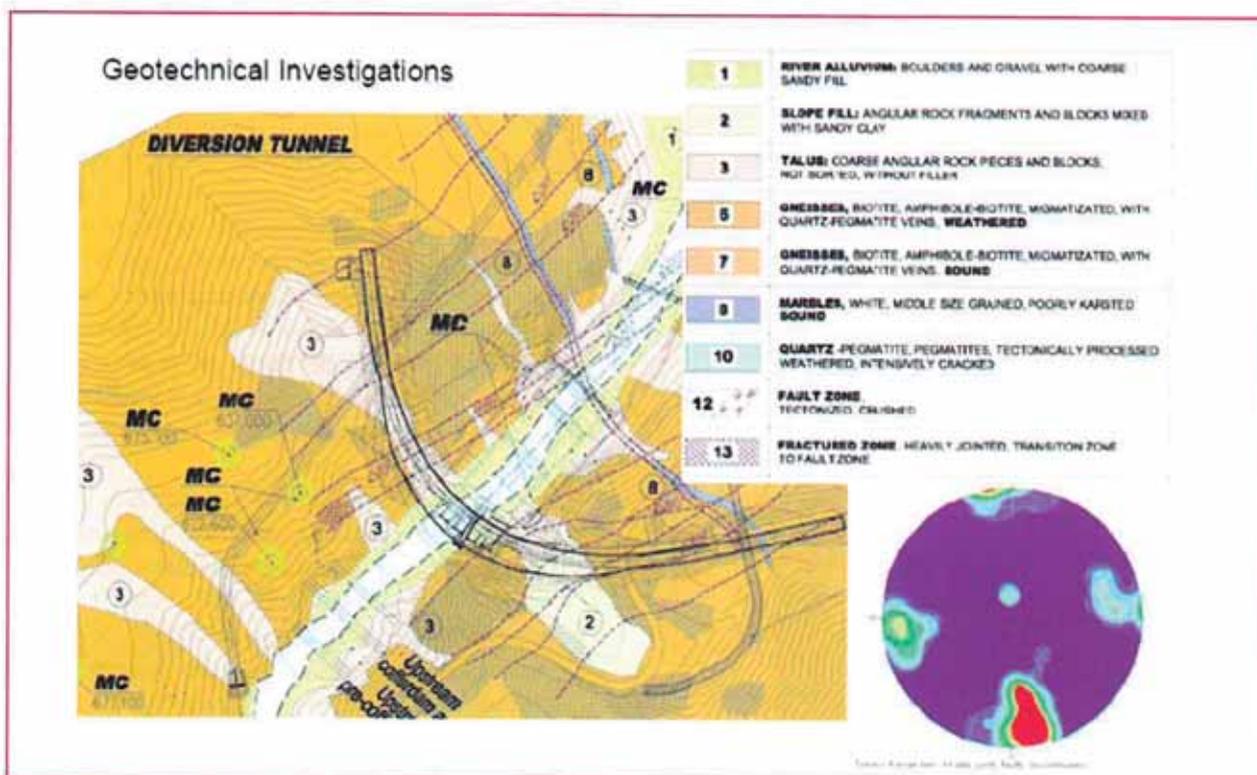


Fig. 35. Planta geológica de la cerrada.



Fig. 36. Planta general de la presa.

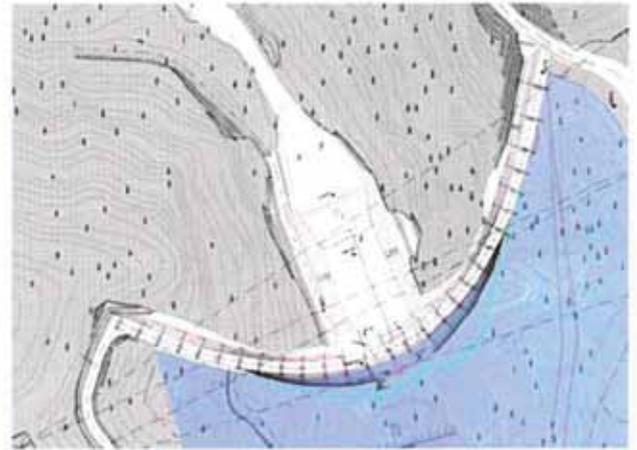


Fig. 37. Bloques y detalle de huecos encofrados para mejora de resistencia a esfuerzo cortante.

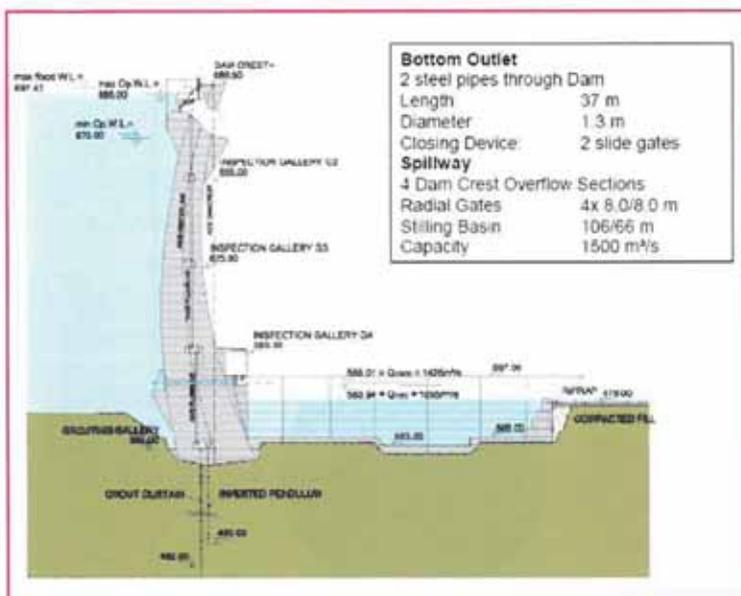
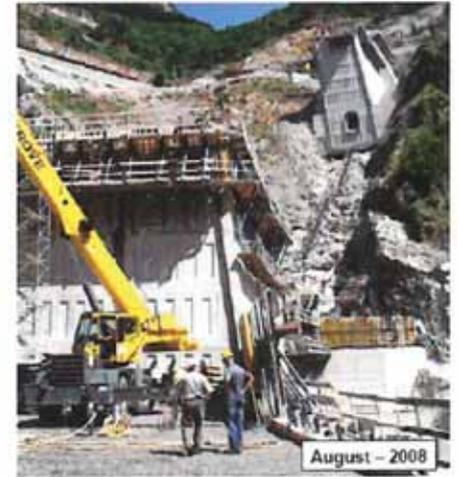


Fig.38. Sección por el aliviadero.

zontal es un arco parabólico de anchura constante.

Para la ejecución de la presa se han dispuesto 22 bloques de desarrollo vertical con huecos de conexión a cortante que eviten desplazamientos relativos entre ellos y con recintos que facilitan la inyección de las juntas, permitiendo el trabajo de la estructura en arco. Como elementos de control se han dispuesto 4 niveles de galerías de inspección a distancias aproximadas de 30 m.

Las cotas máxima y mínima de operación son +685,00 y +670,00 lo que supone un volumen de operatividad de 41 Hm³. El aliviadero dispone de 4 compuertas tipo Taintor radiales, de 8,00 x 8,00. El vertido es directo sobre la cresta hacia un recinto de disipación de energía, diseñado como pozo de erosión.

El dimensionamiento hidráulico de la presa se ha realizado para un caudal de máximo de 1425 m³/s correspondiente a un periodo de retorno de 10000





Fig.39. Creación de cuenco de disipación de energía para el vertido directo desde el aliviadero.

años, de forma que con las compuertas totalmente abiertas, se alcanza una cota de +687,42 m, dejando un resguardo de 1,08 m hasta la coronación de la presa (+688,50). Los desagües de fondo están formados por doble conducto de f 1300.

En el dimensionamiento estructural se ha tenido en cuenta la alta sismicidad de la zona con una aceleración de cálculo de 0,41x g, correspondiente a un período de retorno de 10000 años. Para el dimensionamiento de la sección se ha empleado una simulación mediante elementos finitos con análisis estático, análisis dinámico y estudio de deformaciones por variación de temperatura. En el proceso constructivo se ha estudiado el calor de hidratación de la mezcla y se ha procedido al enfriamiento del hormigón en las épocas estivales mediante serpentes.

El volumen de hormigón de la presa es de 600000 m³ de los cuales 420000 forman el cuerpo de la presa y el resto se emplea en la construcción del cuenco de disipación de energía. Se han empleado métodos de enfriado en casi la mitad de la producción de hormigón.

4.4. Excavaciones y tratamiento del terreno

En términos generales, los problemas considerados en la cimentación de una presa bóveda son los siguientes: la resistencia de la roca a compresión y esfuerzo cortante, la deformabilidad del macizo, la estabilidad global de los estribos y el drenaje e impermeabilización del terreno.

Para distribuir el esfuerzo y obtener una resistencia adecuada se ha incrementado la superficie de



Fig. 40. Excavación en roca de los estribos de la presa.

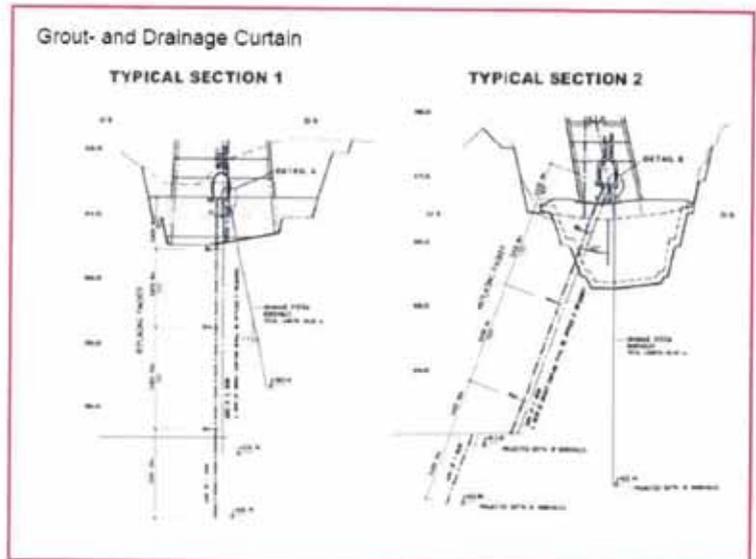


Fig.41. Pantalla de impermeabilización, inclinada 20° hacia aguas arriba en estribo derecho.



Fig. 42. Presa de Tsankov Kamak a cota de coronación.



apoyo en los estribos y se ha ampliado la profundidad de excavación hasta obtener parámetros de suficiente calidad. En cuanto a la deformabilidad del macizo rocoso, aunque una estructura en arco es hiperestática y admite cierta deformación del cimiento, se requiere un tratamiento de consolidación del mismo para aumentar su módulo de deformación.

Para la consolidación se han empleado mezclas densas con presiones iniciales del orden del doble de la carga hidráulica y se han ejecutado siguiendo

el método GIN con parámetro 2000 (pxV) para evitar la apertura de fisuras del macizo. Esta consolidación permite el sellado de las juntas y fisuras del macizo y contribuye a la estabilidad global de los estribos.

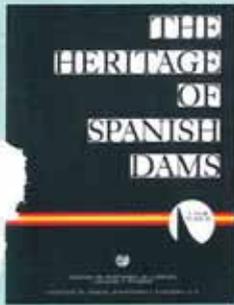
Se establece una pantalla de drenaje y una de impermeabilización. Para ésta última también fue empleado el método GIN con mezcla densa. En la zona del estribo derecho la pantalla se inclina de forma significativa hacia aguas arriba para recoger las discontinuidades transversales del macizo. ♦

Referencias:

1. Presa de Santa Juana (Río Huasco, Chile). Revista de Obras Públicas 1997
2. M. Zapata, J. Márquez, J.L. El embalse de Santa Juana en Chile. Cauce 2000, 1997.
3. G. Noguera, L. Pinilla, L. San Martín, L. CFRD constructed on deep alluvium. J. Barry Cooke Volume Concrete Face Rockfill Dams. Beijing, 2000.
4. F. Rodríguez-Roa, L. Alvarez, L. Vidal. Presas de materiales sueltos con pantalla de hormigón cimentadas sobre suelos de origen fluvial. Simposio sobre Geotecnia de presas de materiales sueltos. Sociedad Española de Mecánica del Suelo y Cimentaciones. 1993.
5. J. Palimón, F. Abadía, E. Bofill y A. Capote. Spanish dam engineering worldwide. Hydropower & Dams 2006.
6. J. Palimón, A. Capote, F. Abadía. Ingeniería de Presas en el Extranjero. Revista de Obras Públicas 2007.
7. J. Palimón, A. Capote, F. Abadía. Las Presas en España. Capítulo 24: Ingeniería Española de Presas en el Extranjero. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos 2008.
8. M. N. Ingenieros Ltda. Proyecto Embalse El Bato. 2003.
9. A. R. Martino, M. Meza, A. Capote, F. Lorenzo, Tratamientos del terreno en la Presa de El Bato (Chile) cimentada sobre aluvial permeable. VII Jornadas Españolas de Presas 2008.
10. R Kohler & G Zenz. Análisis and Monitoring of Tsankov Kamak Arch Dam.
11. Gerald Zenz. Graz University of Technology. Ljubjana Nov 2008. Large Dams. Design, Construction & Performance.
12. PÖYRY GmbH. Tsankov Kamak Hydro Power Plant. Guideline Design.
13. Alpine GmbH. HPP Tsankov Kamak. Technical Report.
14. Dr G Lombardi. Tsankov Kamak Dam.
15. Tunnelling at Tsankov Kamak. Water Power July 2006



publicaciones sobre presas



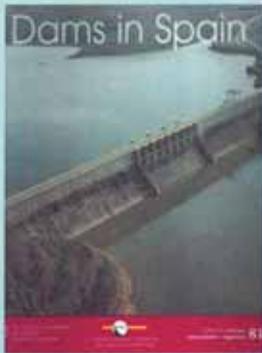
THE HERITAGE OF SPANISH DAMS
(Facsimil de la edición de 1970)
Norman A.F. Smith.
Introducción de José Torán.
Incluye traducción al español del texto.
1992. 21 x 27 cm.
(228 págs.)



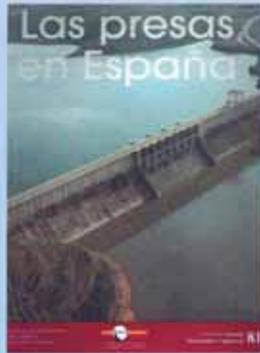
HISTORIA DE LAS PRESAS. LAS PIRÁMIDES ÚTILES.
(Edición en español de *A History of Dams. The Useful Pyramids*)
Nicholas J. Schnitter.
Traducción de Joaquín Díez-Cascón y Francisco Bueno Hernández.
2000. 17 x 24 cm.
(286 págs.)



MODELOS DE FISURACIÓN EN PRESAS DE HORMIGÓN.
Carlos Marco García.
1995. 17,5 x 25 cm.
(184 págs.)

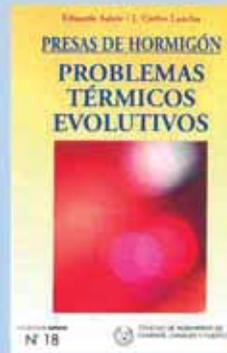


DAMS IN SPAIN.
Varios autores. 2006.
24,5x30 cm. (430 págs.)

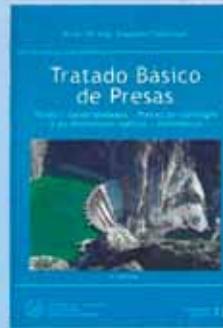
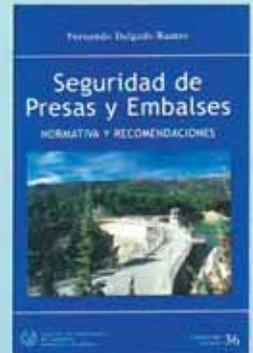


LAS PRESAS EN ESPAÑA.
Varios Autores. 2008.
24,5x30 cm. (426 págs.)

PRESAS DE HORMIGÓN. PROBLEMAS TÉRMICOS EVOLUTIVOS.
Eduardo Saiete.
Juan Carlos Lancha.
1998. 17,5 x 24,5 cm.
(198 págs.)



SEGURIDAD DE PRESAS Y EMBALSES (Normativa y Recomendaciones)
Fernando Delgado Ramos. 2005.
15,5x25 cm.
(364 págs.)



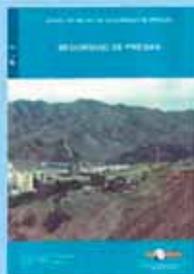
TRATADO BÁSICO DE PRESAS. Tomo I: Generalidades- Presas de Hormigón y materiales sueltos- Aliviaderos. (6ª ed.)
Eugenio Vallarino (con la colaboración de Guillermo Bravo Guillén, Fernando Girón Caro y Eduardo Saiete Díaz).
2006. 17,5 x 24,5 cm. (798 págs.)



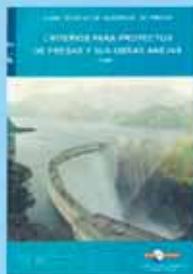
TRATADO BÁSICO DE PRESAS. Tomo II: Construcción- Explotación y obras a posteriori. (6ª edición).
Eugenio Vallarino (con la colaboración de Guillermo Bravo Guillén, Fernando Girón Caro y Eduardo Saiete Díaz).
2006. 17,5 x 24,5 cm. (332 págs.)

Guías Técnicas de Seguridad de Presas

21 x 29,7 cm.



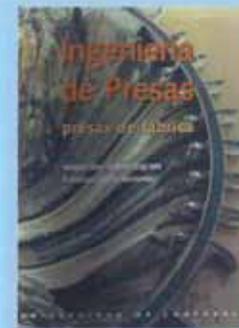
Nº 1. SEGURIDAD DE PRESAS
Varios autores. 2005.
(248 págs.)



Nº 2. CRITERIOS PARA PROYECTOS DE PRESAS Y OBRAS ANEJAS, TOMO 1
Varios autores.
(José Antonio Baztán, dir.)
2003. (194 págs.)



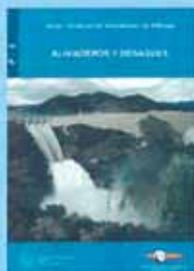
Nº 3. ESTUDIOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS Y DE PROSPECCIÓN DE MATERIALES
Varios autores. 1999
(reimpr. 2008). 288 págs.



INGENIERÍA DE PRESAS. PRESAS DE FÁBRICA.
2 vols.
J. Díez-Cascón, F. Bueno Hernández.
2001. 25x30 cm.
Universidad de Cantabria.
(930 págs.)



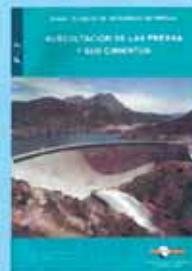
Nº 4. AVENIDA DE PROYECTO
Varios autores. 1997
(reimpr. 2003).
140 págs.



Nº 5. ALIVIADEROS Y DESAGÜES
Varios autores. 1997
(reimpr. 2003).
400 págs.



Nº 6. CONSTRUCCIÓN DE PRESAS Y CONTROL DE CALIDAD
Varios autores. 1999
(reimpr. 2008).
334 págs.



Nº 7. AUSCULTACIÓN DE PRESAS Y SUS CIMENTOS
Varios autores. 2004.
162 págs.

A LA VENTA EN LA LIBRERÍA DEL
COLEGIO DE INGENIEROS DE
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS
www.ciccp.es
Teléfono: 91.308.19.88 (Ext. 272-298).
Fax: 91.319.95.56
libreria@ciccp.es

DISPONIBLES EN PRÉSTAMO
EN LA BIBLIOTECA DEL COLEGIO
DE INGENIEROS DE CAMINOS,
CANALES Y PUERTOS
Teléfono: 91.308.34.09
Fax: 91.319.95.56.
biblioteca@ciccp.es

2010-2011

I MÁSTER UNIVERSITARIO INTERNACIONAL EN EXPLOTACIÓN Y SEGURIDAD DE PRESAS Y BALSAS

Septiembre 2010

MADRID

Junio 2011

600 horas lectivas (60 ECTS)
Estructurado en 9 Módulos

Información e Inscripciones

master@spancold.es
www.spancold.es/master

Organizado por



Colegio de Ingenieros de
Caminos, Canales y Puertos



Fundación Agustín
de Betancourt

FUNDACIÓN
CAMINOS

FUNDACIÓN INGENIEROS
DE CAMINOS, CANALES
Y PUERTOS

