

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS



ÓRGANO PROFESIONAL DE LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Kyoto 2012
**XXIV Congreso
Internacional de
Grandes Presas**





TECNICAS REUNIDAS



**INITEC
INFRAESTRUCTURAS**

AGUA

Presa de la Breña II

Córdoba, (España)



AGUA

Presa de Arenoso

Córdoba, (España)

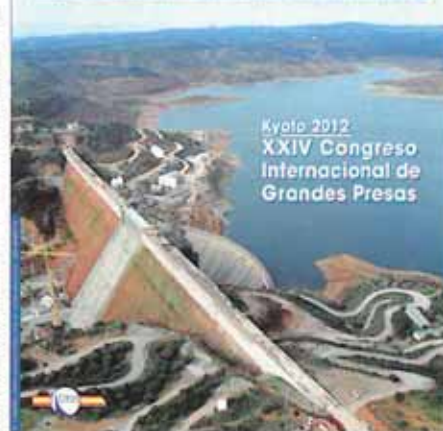
• Más de 1.600 referencias en 50 países avalan 50 años de presencia en el mercado nacional e internacional. Contamos con reconocida experiencia en el desarrollo integral de proyectos de gran envergadura (estudios, ingeniería, suministros, construcción, puesta en marcha, operación).

• Somos más de 3.000 profesionales en España y contamos con especialistas de todas las disciplinas técnicas.

Sumario

nº 3.536 • Año 159 • Octubre 2012

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS



Kyoto 2012:
XXIV Congreso
Internacional de
Grandes Presas

Portada: Presa de la Breña II.
(Fotografía cedida por "ACUASUR, Sociedad Estatal
Aguas de las Cuencas del Sur").

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

Versión digital en: <http://ropdigital.ciccp.es/>

REVISTA INDEXADA EN: **SCOPUS**

SJR 2010: 0,025

SJR 2009: 0,029

Posición 108

(Q4, Ciencias del Agua y Tecnología)

Fuente: SCImago Journal & Country Rank

Revista incluida en Catálogo Latindex con
la totalidad de condiciones cumplidas (33)

Revista Digital incluida en Catálogo Latindex
con la totalidad de condiciones cumplidas (36)

5-7

Presentación

[Presentation]

José Polimón López

8-11

**6º Simposio internacional sobre Presas
de Hormigón Compactado con Rodillo (HCR)**

[6th International Symposium on Roller
Compacted Concrete (RCC) Dams]

13-18

De Brasilia 2009 a Kioto 2012

[From Brasilia 2009 to Kyoto 2012]

Luis Berga Casafont

19-26

**El Club Europeo de la Comisión Internacional
de Grandes Presas (ICOLD). Actividades**

[The European Club of the International
Commission on Large Dams (ICOLD). Activities]

Ignacio Escuder Bueno

27-38

**La 80ª Reunion Ejecutiva Anual de ICOLD y el
XXIV Congreso Internacional de Grandes Presas**

[80th Executive ICOLD Annual Meeting and
24th International Congress on Large Dams]

Juan Carlos de Cea Azañedo

39-52

**Q92. Técnicas respetuosas con el medio
ambiente en presas y embalses**

[Q92. Environmental friendly techniques
for dams and reservoirs]

Raimundo José Lafuente Dios,

Irene Domingo Comeche

53-64

Q93. Seguridad

[Q93. Safety]

Juan Carlos de Cea Azañedo

65-82

Q94. Gestión de avenidas

[Q94. Flood discharge]

Fernando Esteban García,

Alfredo Granados García

83-98

Q95. Envejecimiento y mejora

[Q95. Ageing and upgrading]

Francisco J. Sánchez Caro,

Irene Domingo Comeche,

Manuel G. de Membrillera Ortuño

99-106

**Simposio Internacional de Presas en un mundo
en evolución (Kioto, 5 junio 2012)**

[International Symposium on Dams for a
changing world (Kyoto, 5 June 2012)]

Fernando Girón Caro,

Elena Martínez Bravo

107-110

**La formación de profesionales
en seguridad de presas**

[Training of professionals in dam safety. International
Master on Dam safety and operation.

ICOLD European Club Pilot Course]

José Polimón López,

Fernando Girón Caro,

Ignacio Escuder Bueno

111-124

**La presa de Campos del Paraíso.
Cabecera de la red de abastecimiento
de la llanura manchega**

[Campos del Paraíso Dam. Origin of the
Llanura Manchega water supply distribution system]

Federico López Zafra,

Isabel Granados García,

Francisco J. Martín Carrasco,

Alfredo Granados García

129-158

**Actividad en el extranjero. Periodo entre
congresos ICOLD Brasilia 2009 – Kyoto 2012**

[Foreing activity. Inter congresses period ICOLD
Brasilia 2009 – Kyoto 2012]

Antonio Capote del Villar,

Rafael Ibáñez de Aldecoa,

Francisco Ortega Santos,

Victor Flórez Casillas

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 diciembre de 2012

Director:
Juan Antonio
Becerril Bustamante
(17)bb@ciccp.es)

Redactor Jefe:
Juan A. Sánchez Rey
(rop@ciccp.es)

Maquetación:
José Luis Saura
(jsaura@ciccp.es)

Coordinador:
Jesús Benito Torres
(17)bt@ciccp.es)

Publicidad:
José Taboada Valdes
(17)tv@ciccp.es)
Tel.: 913081988 Ext. 297
696255501

Edita:
Colegio de Ingenieros
de Caminos,
Canales y Puertos

Imprime:
Grafotipset SL impresores

Depósito Legal: M-156-1958.
ISSN: 0034-8619
ISSN electrónico: 1695-4408
rop@ciccp.es
<http://ropdigital.ciccp.es/>

Suscripciones:
suscripcionesrop@ciccp.es
Almagro, 42. 28010 Madrid.
Tel.: 91.308.19.88
Fax: 91.319.15.31

Bases de datos:

- CDB-COAL DATA BASE • CITOP
- COMPENDEX • COMPLUDOC • CONSTRUMATICA •
- CONSEJERIA DE TRANSPORTES DE LA
GENERALIDAD DE VALENCIA •
- DIALNET • GEOL • GEOLINE • GEOREF •
- GOOGLE SCHOLAR • ICE • ICYT • ISOC •
- INFORMATION TECHNOLOGY •
- JIT-JAPAN REPORT • LATINDEX (Catálogo) •
- MILLIARUM • SCOPUS • SUMARIS •
- TRANSPORT • URBADOC •

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 las tesis expuestas. La opinión de la Revista sobre un tema queda reflejada en las 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.

1. CONSEJO DE ADMINISTRACIÓN

Es el órgano superior de la *Revista*, señalando su línea editorial y sus objetivos, y controlando su difusión y resultados. Está compuesto por representantes del "Colegio de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos de España", de las diferentes "Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos" y de la "Asociación de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos".

Presidente: **Miguel Aguiló Alonso**

(Universidad Politécnica de Madrid
(UPM), Madrid)

Vocales: **Juan Santamera Sánchez**

(Colegio de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos (CICCP))

José Manuel Loureda Mantiñán

(Colegio de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos (CICCP))

José Javier Díez Roncero

(Colegio de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos (CICCP))

Rocío Báguena Rodríguez

(Colegio de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos (CICCP))

Juan Guillelmo Álvarez

(Colegio de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos (CICCP))

Luis Berga Casafont

(Asociación de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos)

Roque Gistau Gistau

(Asociación de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos)

Benjamín Suárez Arroyo

(Universidad Politécnica de Cataluña
(UPC), Barcelona)

José Antonio Revilla Cortezón

(Universidad de Cantabria (UC), Santander)

Director: **Juan Antonio Becerril Bustamante**

(Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
(CICCP), Madrid)

2. COMITÉ EDITORIAL

En sus reuniones periódicas procede a estudiar los artículos recibidos, los somete a la evaluación por pares, remitiéndolos a revisores especializados, atiende a la marcha habitual de la *Revista* y toma las decisiones sobre los contenidos que conforman cada número de la *Revista*.

Manuel Amaiz Ronda

(Ayuntamiento de Madrid, Madrid)

Juan Antonio Becerril Bustamante

(Colegio de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos (CICCP), Madrid)

Antonio de las Casas Gómez

(Sociedad Española de Historia
de la Construcción, Madrid)

Jesús Gómez Hermoso

(FCC Construcción S.A., Madrid)

Marisa Marco Carmona

(Colegio de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos (CICCP), Madrid)

José Polimón López

(Comité Español de Grandes Presas
(SPANCOLD), Madrid)

Juan Rodríguez de la Rúa

(Ogmios Renovables S.L., Madrid)

3. COMITÉ CIENTÍFICO

Constituido como órgano asesor de la *Revista*, vigila por el mantenimiento de la calidad científica y técnica de los contenidos de la *Revista*, contribuyendo asimismo a recabar la colaboración de los más destacados profesionales en las diferentes especialidades.

Alex Barbat Barbat

(Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), Barcelona)

Federico Bonet Zapater

(Universidad Politécnica de Valencia (UPV), Valencia)

Mike Chrimes

(Institution of Civil Engineers-London U.K)

Jorge E. Crempien Laborie

(Universidad de los Andes, Santiago, Chile)

Javier Díez González

(Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid)

Vicent J. de Esteban Chaparría

(Universidad Politécnica de Valencia (UPV), Valencia)

Mauro Eugenio Giuliani

(Rodesco Progetti srl - Milano, Italia)

José Luis Gómez Ordóñez

(Universidad de Granada, Granada)

Santiago Hernández Fernández

(Universidad de Extremadura, Cáceres)

José Holguín-Veras

(Ph.D., P.E. - Department of Civil and Environmental
Engineering Rensselaer Polytechnic Institute, USA)

Ernesto Hontoria García

(Universidad de Granada, Granada)

Antonio Huerta Cerezo

(Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), Barcelona)

Giovanni Lombardi

(Presidente de Honor de ICOLD, Locarno (Suiza))

Javier Manterola Armisen

(Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, Madrid)

Manuel Melis Maynar

(Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid)

Felipe Mendaña Saavedra

(SPICC S.L., Madrid)

Eugenio Oñate Ibáñez de Navarra

(Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), Barcelona)

Carlos Oteo Mazo

(Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid)

Mariano Palancar Penella

(Colegio de Ing. de Caminos, Canales y Puertos (CICCP), Sevilla)

Santiago Pérez Fadón Martínez

(FERROVIAL S.A., Madrid)

Jean Piraud

(Association française des tunnels et de l'espace souterrain,
AFTES, Paris, Francia)

José Rubió Bosch

(Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid)

Ana María Ruiz-Terán

(Imperial College London U.K)

Fernando Sáenz Ridruejo

(Correspondiente de la Real Academia
de la Historia (RAH), Madrid)

Andrés Sahuquillo Herraiz

(Universidad Politécnica de Valencia (UPV), Valencia)

Francisco Javier Samper Calvele

(Universidad de La Coruña, La Coruña)

Antonio Soriano Peña

(Universidad Politécnica de Madrid (UPM), Madrid)

Javier Torres Ruiz

(Universidad de Cantabria (UC), Santander)

4. REVISORES

Conjunto de especialistas que, de forma anónima, y siguiendo las Normas internacionalmente establecidas, revisan, por pares, los artículos recibidos, recomendando, proponiendo correcciones o rechazando su publicación. Esta relación se publicará semestralmente.

Propósito de la Revista de Obras Públicas

La "Revista de Obras Públicas" es, básicamente, una revista que pertenece al mundo de la ingeniería civil.

Editada por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de España, su ámbito de difusión es, pues, tanto el colectivo de éstos como el de su entorno, español o internacional, de manera que los artículos que en ella se publican presenten el máximo interés para todos sus potenciales lectores.

Así, la ROP, se adentra en un mundo más amplio que el de las revistas puramente profesionales, atendiendo al mundo de la ciencia y de la tecnología; a la economía o a la política de infraestructuras; a las enseñanzas técnicas o a la historia de la ingeniería, con preferente atención dentro de ellas a la investigación y a la innovación en el sector.

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

The focus of the Revista de Obras Públicas

The "Revista de Obras Públicas" (ROP) is essentially a civil engineering journal.

The journal is published by the Spanish Institution of Civil Engineers and is subsequently geared towards both this group of professionals and those in related areas both at home and abroad. The articles published in the journal subsequently aim to be of utmost interest to all potential readers.

The ROP covers a much broader area than other, purely professional journals and reflects the world of science and technology; the economy or infrastructure policy; technical education or the history of engineering and, in all these areas, with particular emphasis on research and innovation in the sector.

This has been the editorial focus since the first publication of the Revista in 1853, and the journal aims to continue and innovate this area of discussion on the profession.

Presentación

Kyoto 2012. XXIV Congreso Internacional de Grandes Presas

Revista de Obras Públicas
nº 3.536. Año 159
Octubre 2012
ISSN: 0034-8619
ISSN electrónico: 1695-4408

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

El Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD) comenzó, hace ya 52 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 Kyoto el pasado mes de Junio de 2012, así como en el Simposio "Presas en un mundo en evolución".

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, entre las que la hidroeléctrica regulada y reversible aumenta su importancia, especialmente en los países en desarrollo.

Contenido

Este número comienza con el artículo "De Brasilia 2009 a Kyoto 2012" del que es autor Luis Berga, Presidente Honorario de ICOLD. Se presentan las actividades desarrolladas por ICOLD, con mención especial a la Declaración Mundial sobre el almacenamiento de agua para el desarrollo sostenible, al VI Foro Mundial del Agua de Marsella y al Mensaje del nuevo Presidente de ICOLD.

A continuación, se incluye el informe sobre las actividades del Club Europeo de Presas de ICOLD, cuya Presidencia (período 2011 - 2013) y Secretaría General corresponden a miembros de SPANCOLD.

En el artículo siguiente se presenta el informe sobre la 80ª Reunión Ejecutiva Anual de ICOLD, en el que se destaca la muy cualificada participación,



en las reuniones de los Comités Técnicos y en el propio Congreso, de los miembros de la Delegación Española.

Las cuatro cuestiones principales desarrolladas en Kyoto se han dedicado a problemas de gran actualidad como son:

- Q.92. Técnicas respetuosas con el medio ambiente en Presas y Embalses
- Q.93. Seguridad de las Presas
- Q.94. Gestión de avenidas
- Q.95. Envejecimiento y mejora de presas

En esta ocasión, dado su gran interés, se incluye también un artículo sobre el Simposio Internacional celebrado paralelamente a la Reunión Anual, que se ha dedicado a "Dams for a changing world"

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 y del Simposio.

Uno de los temas que se ha tratado detalladamente en el Simposio mencionado ha sido la necesidad de contar con planes de formación de personal, especialmente para la explotación y la seguridad de las Presas, que abarquen aspectos teóricos junto con una importante carga práctica en instalaciones existentes. La experiencia obtenida con el "Máster Internacional en Explotación y Seguridad de Presas y Balsas", cuya 3ª edición se está desarrollando actualmente, ha sido la base para proponer la realización de un Curso Piloto a nivel europeo, que se ha presentado en el Simposio y en el Consejo del Club Europeo de ICOLD. A ello se dedica 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 los dos artículos siguientes:

- La Presa de Campos del Paraíso. Cabecera de la red de abastecimiento de la llanura manchega.
- Actividad en el extranjero. Periodo entre Congresos ICOLD Brasilia 2009 - Kyoto 2012.

Por último, se presenta el VI Simposio Internacional sobre Presas de hormigón Compactado con Rodillo, RCC 2012, que se celebra en Zaragoza entre los días 23 y 25 de Octubre de 2012. España como país puntero en esta tecnología de construcción de presas viene organizando estos Simposios, que se celebran alternativamente en China y en España. Con el patrocinio del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), la organización corre a cargo de los Comités Nacionales de Grandes Presas de España y China (SPANCOLD y CHINCOLD) y del Instituto del Cemento y sus Aplicaciones (IECA), con la colaboración del Club Europeo de Presas de ICOLD y del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SPANCOLD agradece nuevamente la magnífica y constante 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 ingeniería civil hidráulica. ♦

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	R. Herweynen (Australia)
Aspectos sísmicos	F. Blázquez	Seismic aspects of dam design	M. Wieland (Suiza)
Auscultación de presas	J. Fleitz	Dam surveillance	C. Oosthuizen (Sudáfrica)
Avenidas	L. Berga	On flood evaluation and dam safety	C. Guillaud (Canadá)
Balsas y pequeñas presas	J. Polimón / F.J. Sánchez Cabezas		
Cálculo de presas	I. Escuder	Computational aspects of analysis and design of dams	I. Escuder (España)
Presas de Estériles	J. Polimón/J.L. de Justo	Tailings dams and waste lagoons	H. McLeod (Canadá)
Explotación, mantenimiento y rehabilitación	F. Girón	Operation, maintenance and rehabilitation of dams	Yziquel (Francia)
Hidráulica	A. Granados	Hydraulics for dams	B. Machado (Brasil)
Presas de hormigón	J.M. Bull/ R. Ibañez de Aldecoa	Concrete dams	R. Charlwood (USA)
Presas de materiales Suelos	A. Soriano	Embankment Dams	J. Tournier (Canadá)
Medio ambiente	F. Santos	Environment	J. Chabal (Francia)
Papel de las presas en el desarrollo y la gestión de cuencas	E. Cifres	Dams and river basin management	E. Cifres (España)
Presas y cambio climático	F.J. Sánchez Caro		
Puesta fuera de servicio de presas	A. Pastor		
Registro Mundial de presas	R. Lafuente	World register of dams and documentation	P. Le Delliou (Francia)
Información al público y educación	J. Polimón	Public awareness and education	P. Mulvihill (Nueva Zelanda)
Sedimentación de embalses	J.C. de Cea	Sedimentation of reservoirs	E. Jiang (China)
Seguridad	A. Gil	Dam Safety	A. Zielinski (Canadá)
Regulación y gestión del agua	M ^{ra} . G. Mañueco		
Presas y Energía Hidroeléctrica	A. Román	Integrated operation of hydropower stations and reservoirs	G. Cao (China)
Aumento de la capacidad técnica	J. Polimón	Capacity building and dams	A. Nombre (Burkina Faso)

* 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.

RCC SPANCOLD
CHINCOLD

6th

International Symposium on Roller Compacted Concrete (RCC) Dams

Zaragoza
Spain

23 to 25, October 2012

Organized by



EURDAMS

Sponsored by



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

In collaboration with



Colegio de Ingenieros de
Camino, Canales y Puertos



www.rcc2012.es

Tuesday, 23 October

SPECIAL CONFERENCES

RCC DAMS IN SPAIN

J.C. de Cea (Spain)

RCC AND CMD DAMS IN CHINA

JIA Jinsheng (China)

NEW DEVELOPMENTS IN RCC DAMS

M.H.R. Dunstan (United Kingdom)

SESSION 1. NEW DEVELOPMENTS IN RCC DAMS

EXPERIENCES WITH RCC DAMS IN MEXICO. *F. I. Arreguin-Cortes, R. Murillo-Fernández (Mexico)*

RECENT DEVELOPMENT IN RCC DAMS TECHNOLOGY IN MOROCCO. *A.F. Chraïbi (Morocco)*

CONSTRUCTION OF AN RCC DAM IN A VERY WET CLIMATE. *J. Waters, D. Cameron-Ellis, M.H.R. Dunstan, L. Houlberg, C. Hicks (Australia)*

DIAMER BASHA DAM STATUS & POTENTIAL RCC MIXES. *E. Schrader, I.U. Haq, M. Arshad Pervaz (United States)*

GUANDI HIGHLY RCC GRAVITY DAM – CHALLENGES, SOLUTIONS AND LESSONS. *Chen Qiang, Hu Xiao-Hong, Zhao Yong-Gang, Zhang Lian-Ming, Yuan Qian (China)*

PORTUGUES DAM: CHALLENGES AND SUCCESS IN FOUNDATION DOCUMENTATION AND TREATMENT. *S. Myers, J. Conway (Puerto Rico)*

STRUCTURAL FEATURES OF GOMAL ZAM RCC ARCH-GRAVITY DAM. *Chongjiang Du (Alemania)*

RCC DAM WATER-PROOFING BY MEANS OF HIGH PRESSURE POLYMER INJECTIONS COMPARED TO WATER-PROOF MEMBRANES. *A. Gonzalo (Spain)*

NEW TECHNOLOGY ON VERTICAL CONVEYANCE OF CONCRETE BY FULL-BIN SYSTEM IN GUANGZHAO DAM PROJECT. *Wu Xiurong, Chen Zurong (China)*

THE USE OF 400 MM RCC LIFTS IN THE ENLARGED COTTER DAM. *P. Buchanan, D. Nott, B. Egallat, B. Forbes (Australia)*

SESSION 2. PLANNING AND DESIGN

DISCUSSIONS ON DESIGN PRINCIPLE FOR SUPER HIGH GRAVITY DAMS BASED ON SIMULATION TEST OF HYDRAULIC FRACTURING. *Jia Jinsheng, Wang Yang, Feng Wei, Chang Qingrui (China)*

HRB WALDBÄRENBURG: FIRST RCC DAM EXPERIENCE IN GERMANY. *B. Lange, F. Hering, R. Schlegel, G. Leyendecker, F. Ortega (Germany)*

INFLUENCE OF DIFFERENT LAYER THICKNESS AND INTERMITTENT TIME ON HIGH RCC GRAVITY DAM TEMPERATURE STRESS. *Li Song-Hui, Zhang Guo-Xin, Liu Yi (China)*

JOINT VISION BY DESIGNER AND CONTRACTOR FOR THE DESIGN OF AN RCC DAM. *L. Canale, Ö. Özen, E. Eroglu (Switzerland)*

MAIN DESIGN FEATURES OF A RCC GRAVITY DAM IN PORTUGAL. *A. Camelo, N. Antunes, D. Botelho (Portugal)*

MINIMUM REQUIREMENTS FOR THE FOUNDATION OF RCC DAMS IN BORDERLINE TERRAINS. *M. Romana (Spain)*

MOVING SUCCESSFULLY FROM A CONVENTIONAL CONCRETE INTO AN RCC DESIGN FOR PORTUGUES DAM. *P. Vázquez, A. Gonzalez (Puerto Rico)*

NONLINEAR BEHAVIOUR OF A ROLLER COMPACTED CONCRETE DAM UNDER STRONG EARTHQUAKE. *D. Grenier, A. Si-Chaib, A. Alami (France)*

SIMULATION OF TEMPERATURES AND STRESSES DURING CONSTRUCTION OF A RCC DAM. *L.M. Locomo, J. Rodriguez, J. Marti, F. Martinez (Spain)*

STUDYING THE EFFECT OF STARTING TIME OF CONCRETE ON THERMAL RESPONSE OF ROLLER COMPACTED CONCRETE DAM.

M. Esmailnia Omran, Z. Ghadiri (Iran)

DESIGN OF FOUNDATION REMEDIATION FOR A RCC DAM. *E. Yildiz, A. Fikret Gürdil (Turkey)*

SESSION 2. PLANNING AND DESIGN

THE DEVELOPMENT OF THE DESIGN OF CHANGUINOLA

1 DAM. *G. Erlendsson, D. Cameron-Ellis, Q.H.W. Shaw, M.H.R. Dunstan (Denmark)*

THE FOUNDATION OF HARDFILL DAMS. EFFECTS OF SEISMICITY. *M. Romana, AR. Martinez-Sidera (Spain)*

THE INFLUENCE OF LOW STRESS-RELAXATION CREEP ON LARGE RCC ARCH & GRAVITY DAM DESIGN. *Q. Shaw (South Africa)*

THERMAL RESPONSE OF RCC DAMS CONSIDERING THE EFFECT OF RESERVOIR FILLING SCHEDULE. *P. Khanzaei, F. Hejazi, A.A. Abdulrazeg, M. Saleh Jaafar, T. Ahmed Mohammed (Malaysia)*

THREE RECENT GEOMEMBRANE PROJECTS ON NEW RCC DAMS. *A. Scuro, G. Vaschetti (Switzerland)*

STUDY AND APPLICATION OF IMPROVED EQUIVALENT STRESS OF FINITE ELEMENT METHOD OF GRAVITY DAMS. *Yang Huichen, Jia Jinsheng, Zheng Cuiying (China)*

DE HOOP DAM: SOUTH AFRICAN RCC ADVENTURES. *H.J. Wright, J. Van Zyl (South Africa)*

LECTURE

INNOVATIONS IN RCC DAMS

B. Forbes (Australia)



Wednesday, 24 October

LECTURE

RCC AS DAM CONSTRUCTION MATERIAL
R. Ibáñez de Aldecoa (Spain)

SESSION 3. MATERIAL AND MIXTURES

ACCELERATE CURING TEST: HISTORY, DEVELOPMENT AND APPLICATIONS. J. E. López, E. Schrader (Colombia)

APPLICATION RESEARCH ON LOW HEAT AND HIGH PERFORMANCE HYDRAULIC MASS CONCRETE. Zhang Xihe, Yang Jindi, Tan Jianjun (China)

CHANGES IN THE WORLD ECONOMY INFLUENCES THE CHOICE OF CEMENTITIOUS MATERIALS AT CHANGUINOLA 1. E. Lose, M.R.H. Dunstan (Denmark)

CHOICE OF POZZOLANS FOR USE IN THE CEMENTITIOUS CONTENT OF LARGE RCC DAMS.

U Myint Zaw, Ondrej Voborny, Nguyen Hong Ha, David Morris, M.R.H. Dunstan (Burma)

RAW MATERIALS SELECTION AND RCC MIXTURE OPTIMIZATION IN EL PUENTE DE SANTOLEA'S DAM. J. Gracia, M. Cabedo (Spain)

EXPERIENCE MADE WITH RETARDER ADMIXTURES AT TWO RCC DAMS IN MYANMAR. U Myint Zaw, U Zaw Min San, S.L.L. Cowie, C. Rohrer (Burma)

FEASIBILITY STUDY OF USING ONE PORTION OF AGGREGATE IN KAHIR RCC DAM. M. Shahgholi, M. Jafarbegloo, M.R. Hajialikhani (Iran)

LIMESTONE FILLER USED AS MINERAL ADMIXTURE IN THE RCC MIX FOR LA BREÑA II DAM (SPAIN). R. Ibáñez de Aldecoa, G. Noriega, F. Romero, A. Sandoval, M. Sanz (Spain)

MIXTURE DESIGN AND OPTIMIZATION OF RCC OF GUAN-DI HYDROPOWER STATION. Chenlei Nieqiang (China)

PRACTICE OF HIGH-INTENSITY BASALT GRAVEL AGGREGATE PRODUCTION SYSTEM IN GUANDI HYDROPOWER STATION. Zhao Yunliang, Zhang Chaofeng (China)

RCC MIX DESIGN DEVELOPMENT FOR ENCISO DAM. M. Allende Álvarez, D. Cruz García, F. Ortega Santos (Spain)

RCC MIXTURES FORMULATION FOR TABELLOUT DAM. M. Khalfallah, A. Si-Chaib, K. Mokrani (France)

RCC TRIAL MIX PROGRAMME FOR THE LAI CHAU GRAVITY DAM – HIGH CEMENTITIOUS CONTENT RCC WITH VERY LOW CEMENT CONTENTS. Nguyen Pham Hung, M. Conrad, D. Morris, M.R.H. Dunstan (Vietnam)

RESULTS OF MIX DESIGNS IN ZIRDAN RCC DAM. M. Jafarbegloo, M.R. Hajialikhani (Iran)

RIZZANESE RCC DAM : USE OF LOW COST RCC IN A THICK CROSS SECTION. F. Delorme, A. Lochu, R. Valon (France)

THE EXPERIMENTAL ANALYSIS OF ALKALI-CARBONATE REACTIONS ON RCC DAMS IN IRAN. N. Tavakoli Shirazi, G. Hossein Akbari (Iran)

THE LOW STRESS RELAXATION CREEP CHARACTERISTICS OF FLYASH-RICH RCC. Q.H.W. Shaw, M.R.H. Dunstan (South Africa)

THE OPTIMIZATION OF THE RCC MIX DESIGN OF THE SPRING GROVE DAM IN SOUTH AFRICA. J. Nyakale, D.B. Badenhorst, F. Ortega Santos (South Africa)

USE OF A HIGH SHRINKAGE AGGREGATE IN A NEW RCC DAM. D. Nott, B. Forbes, D. Brigden (Australia)

SPECIAL CONFERENCE

LESSONS LEARNED AND INNOVATIONS FOR EFFICIENT RCC DAMS

F. Ortega (Germany)

SESSION 4. CONSTRUCTION AND QUALITY CONTROL

DEVELOPMENT OF THE RCC FOR MIDDLE VAITARNA DAM, INDIA. V.B. Astankar, G.V. Rao, S. Mane, M.R.H. Dunstan (India)

RCC DAM CONSTRUCTION QUALITY CONTROL – NUCLEAR GAUGE DENSIMETER CALIBRATION. J.E. López, E. Schrader (Colombia)

USE OF A GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM AS A TOOL DURING THE CONSTRUCTION OF THE PIRRIS RCC DAM IN COSTA RICA. D. Núñez Morales, F. Ortega Santos (Costa Rica)

A UNIQUE CEMENT AND FLY ASH SUPPLY SYSTEM FOR THE CHANGUINOLA I PROJECT IN PANAMA. A. Ligthart, C. Hicks (Holland)

ASSESSMENT OF RCC CONSTRUCTION METHODOLOGY BETWEEN YEWYA AND UPPER PAUNGLAUNG RCC DAMS IN MYANMAR. U Myint Zaw, U Zaw Min San, S.L.L. Cowie, C. Rohrer (Burma)

CHARACTERIZATION AND QUALITY CONTROL OF RCC DAM PRESA DEL PUENTE (TERUEL, SPAIN). J. Arroyo Alonso, L. Fernández Almiñana, A. Sánchez Lallana (Spain)

CONSTRUCTION OF PIRRIS RCC DAM IN COSTA RICA. I. Arguedas Gamboa, A. Rivera Hernández, F. Ortega Santos (Costa Rica)

CONSTRUCTION TECHNOLOGY OF RCC DAM COMPOSED OF SANDSTONE AGGREGATE IN TROPICAL RAINFOREST. Zhu Hong bin, Yang Bai hua, Fu Jian ping, Cui Dan (China)

DESIGN AND BUILD OF RIZZANESE RCC DAM. A. Lochu, F. Delorme, P. Carlioz (France)

DESIGN AND CONSTRUCTION OF NAKAI RCC DAM, LAOS. G. Stevenson, R. Douglas, M. Matsuzaki (Canada)

DYNAMIC CONSTRUCTION SIMULATION OF HIGH ROLLER COMPACTED CONCRETE DAM. Denghua Zhong, Haotian Chang, Mingchao Li (China)

EL PUENTE DE SANTOLEA'S DAM EXPERIENCE. M. Cabedo, B. Roldán, J.I. López (Spain)

RAPID CONSTRUCTION TECHNOLOGY OF GUANDI RCC GRAVITY DAM. Zhao Yunliang, Zhang Chaofeng (China)

ENCISO DAM: GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL CONSTRAINTS OF THE FOUNDATION. CONSOLIDATION TREATMENT. M. Allende Álvarez, D. Cruz García, A. Soriano Martínez, A. Andriano Sigilo, D. Chuliá Sanz (Spain)

SESSION 4. CONSTRUCTION AND QUALITY CONTROL

DIGITAL MONITORING SYSTEM AND APPLICATION ON LUDILA PROJECT. Zhang Guo-Xin, Li Song-hui, Liu Yi (China)

FEEDBACK ANALYSIS ON CAUSES AND MECHANISM OF CRACK FORMATION AND EFFECTS OF TEMPERATURE CONTROLLING AND CRACK PROTECTING DURING CONSTRUCTION OF RCC DAMS. Liu Youzhi, Xu Bo, Zhang Guo-Xin, Shi Ziming, Liu Tao (China)

INVESTIGATION OF DIFFERENT PARAMETERS ON SHEAR STRENGTH AND PERMEABILITY OF CONSTRUCTION JOINTS. Mokhtar Pouryanl, F. Ghadermazy, H.R. Araghyan, Sh. Mohzarnya (Iran)

QUALITY CONTROL IN ZIRDAN RCC DAM. M. Jafarbegloo, M.R. Hajialikhani (Iran)



Thursday, 25 October

SESSION 4. CONSTRUCTION AND QUALITY CONTROL

LESSONS LEARNED IN ZIRDAN RCC DAM. *M.R. Hajialikhani, M. Jafarbegloo (Iran)*

NOT ONLY SIZE MATTERS CONSTRUCTING NAKAI RCC DAM FOR NAM THEUN 2 PROJECT IN LAOS. *A. Rousselin, F. Delorme, B. Taquet (France)*

PRACTICAL EXPERIENCES FOR CONSTRUCTION OF RECENT RCC DAMS IN IRAN CONSIDERING ADVANCED TECHNOLOGIES. *A. Dolatkahi, R. Peyrovdin, M. Navidi Kashani, S. Mahzarnia (Iran)*

RCC DAM CONSTRUCTION – CONVEYORS OR TRUCKS. *J.E. López, E. Schrader, L. Gaekel (Colombia)*

RCC DAM CONSTRUCTION TECHNIQUE INNOVATION OF JINANQIAO HYDROPOWER STATION ON JINSHAJIANG RIVER. *Li Xianzhen (China)*

RCC DAMS BUILT BY SPANISH CONSTRUCTION COMPANIES ABROAD. *A. Capote del Villar, R. Ibáñez de Aldecoa, V. Flórez Casillas (Spain)*

APPLICATION OF RCC DAM CONSTRUCTION TECHNIQUE IN XIANGJIABA HYDROPOWER STATION. *Gao Peng, Mei Xuedang, Peng Gang, Wang Yi (China)*

REVIEW OF THE CONSTRUCTION OF THE SON LA RCC DAM. *Nguyen Hong Ho, Marco Conrad, David Morris (Vietnam)*

SCENARIO OF RCC DAMS IN MEXICO. *A. Garduño Gallo, M.A. Montero Catalán (Mexico)*

LONGITUDINAL JOINT BEHAVIOR IN A TWO STAGE CONSTRUCTION OF CASTANHÃO DAM. *W. Jardim, M. Pinto (Brasil)*

STUDY ON EXISTING PROBLEMS AND COUNTERMEASURES OF ROLLER COMPACTED. *Dong Hao-Wen, Tang Shun-Cheng, Ji Wei (China)*

IMMERSION VIBRATED RCC (IVRCC) FIRST WORLD EXPERIENCE AT DE HOOP RCC DAM IN SOUTH AFRICA. *J.F. van Niekerk, J. van Niekerk, F. Ortega Santos (South Africa)*

CONSTRUCTION OF GUANDI RCC DAM. *Shiyong Wu, Shangyuan Yan, Lei Yao, Dan Zhao, Fugang He (China)*

THE SPECIFICATION OF THE EFFECTIVE METHOD FOR DEMOLITION OF HARDENED ROLLER COMPACTED CONCRETE (RCC) USED IN KERMAN GHADROUNI DAM. *M. Abbasi, M.R. Jamshidi Jam (Iran)*

DESIGN AND CONSTRUCTION ADVANTAGES OF HARDFILL SYMMETRICAL DAMS – CASE STUDY: SAFSAF DAM IN EASTERN ALGERIA. *T. Guillemot, M. Lino (France)*

NEW PROGRESS OF CEMENT-SAND-GRAVEL DAMMING IN CHINA. *Wu Xiurong, Chen Zhen Hua, Lin Shengzhu (China)*

STUDY ON DESIGN OF MIXING PROPORTION FOR CEMENTED SAND AND GRAVEL (CSG). *Feng Wei, Jia Jinsheng, Ma Fengling (China)*

CRACKING PREVENTION OF GUANDI RCC GRAVITY DAM. *Li Guoshan, Zhu Haixia, Zhao Yong-Gang, Zhang Lian-Ming (China)*

FINAL DESIGN OF A 135-M HIGH RCC DAM IN VENEZUELA. *F. Ortega Santos, C. Granell, A. Soriano, A. Andres, A. Bello, A. Hitcher (Germany)*

LECTURE

PERFORMANCE OF RCC DAMS

E. Schrader (United States)

SESSION 5. PERFORMANCE AND MONITORING

QUANTITATIVE MICROCRACK ANALYSIS OF RCC SUFFERED DIFFERENT FREEZING-THAWING

DAMAGE DEGREES BY DIP TECHNIQUE. *Shuguang Li, Wei Feng, Juntao Tian, Gaixin Chen, Yihui Lu (China)*

SEEPAGE ANALYSIS OF GUANGZHAO RCC GRAVITY DAM.

Xiaohui Qian, Hao Yang, Lin Luo (China)

THE SUMMARY OF SAFETY MONITORING AND OPERATION

ABOUT RCC GRAVITY DAM IN CHINA. *Du Xiaokai, Zhao Quansheng, Dang Lincai (China)*

THE TENSILE STRENGTH OF RCC FOR DAMS. *T.P. Dolan, M.R.H. Dunstan (United States)*

THERMAL INDUCED CRACKING PERFORMANCE OF RCC DAMS. *K.D. Hansen, B.A. Forbes (United States)*

SESSION 6. OTHER APPLICATIONS OF RCC

RCC USE IN COFFERDAMS. *K.D. Hansen, D.L. Johnson (United States)*

LESSON LEARNED – MORE THAN 100 RCC OVERTOPPING SPILLWAYS IN THE UNITED STATES.

R.P. Bass, T. Fitzgerald, K.D. Hansen (United States)

SOME KEY EXPERIENCES ON THE RCC COFFERDAM CONSTRUCTION OF THE THREE GORGES PROJECT.

Chen Xianming, Li Jinghua, Xiong Jihong (China)

RCC IN SMALL PROJECTS. *L. Pinilla B. (Chile)*

HYDRAULIC SCALE MODEL OF A 50 METERS HIGH STEPPED SPILLWAY ON A RCC DAM IN THE SULTANATE OF

OMAN. *P.E. Lolisel, P. Jehanna, C. Guilbaud, S. Al Hadhrami (France)*

STEPPED SPILLWAYS WITHOUT SIDEWALLS: SCALE MODEL STUDY. *S. Estrella, M. Sánchez-Juny, J. Pamares, J. Dolz, R. Ibáñez de Aldecoa, M. Domínguez, J. Rodríguez, L. Balairón (Spain)*

STUDY ON UNDERFLOW ENERGY DISSIPATION TECHNOLOGY OF HIGH RCCD FLOOD DISCHARGE. *Peng Wen-ming, Zhang Lian-ming, Zhao Yong-gang, Hu Xiao-hong (China)*

THE HIGHEST RCC DAM IN THE LAO P.D.R. -INTRODUCTION OF NAM NGIEP 1 HYDROPOWER PROJECT- *N. Kita, T. Kamachi,*

M. Asakawa, T. Tada (Afghanistan)

SESSION 5. PERFORMANCE AND MONITORING

BACK ANALYSIS OF SEEPAGE IN ROLLER COMPACTED CONCRETE GRAVITY DAM. *Liu Chang-jun, Zhang Shunfu, Liao Jingxia, Zhu Yue-ming (China)*

DAM SAFETY MONITORING TO ASSESS VAL DAM BEHAVIOR. *R. Gómez López de Munain, J. Merino Vidruero, M. G. de Membrillera Ortuño (Spain)*

EVALUATION OF SAFETY AND STRUCTURAL STABILITY OF

JEGIN RCC DAM DURING OPERATION PERIOD. *M. Esmailnia Omran, H. Mahdilo A Torkamani (Iran)*

MONITORING MODEL FOR DISPLACEMENT FIELD OF RCCD. *Chen Xudong, Gu Chongshi, Xu Baosong (China)*

PROPOSING A STANDARDIZED APPROACH TO STRESS-STRAIN INSTRUMENTATION FOR RCC DAMS. *M. Conrad, Q.H.W. Shaw, M.R.H. Dunstan (Switzerland)*

III MÁSTER INTERNACIONAL EN EXPLOTACIÓN Y SEGURIDAD DE PRESAS Y BALSAS



Curso de Postgrado homologado por la
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Septiembre 2012 | **MADRID**
Junio 2013

600 Horas Lectivas (60 ECTS)
Estructurado en 8 Módulos

Información e Inscripciones:
master@spancold.es
www.spancold.es/master2012

**ABIERTA LA INSCRIPCIÓN
A MÓDULOS DE ESPECIALIDAD**

Organizan:



De Brasilia 2009 a Kioto 2012

From Brasilia 2009 to Kyoto 2012

Revista de Obras Públicas
nº 3.536. Año 159
Octubre 2012
ISSN: 0034-8619
ISSN electrónico: 1695-4408

Luis Berga Casafont, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Presidente Honorario de la Comisión Internacional de Grandes Presas, ICOLD, Barcelona (España). lluis.berga@upc.edu

Resumen: En este breve artículo se presenta una síntesis de las actividades desarrolladas por ICOLD durante los años 2009-2012, haciendo una mención especial a la Declaración de ICOLD sobre las presas para el desarrollo sostenible, al VI Foro Mundial del Agua de Marsella en Marzo del 2012, y al mensaje del nuevo Presidente de ICOLD, Adama Ndiaye.

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

Abstract: In this short communication a synthesis of the activities of ICOLD during the years 2009-2012 is presented, making a special mention to the World Declaration on Water Storage for sustainable development, to the 6th World Water Forum of Marseille in March 2012, and to the message of the ICOLD new President, Adama Ndiaye.

Keywords: ICOLD; SPANCOLD; Dams; Water; Hydropower

La Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD) es un gran equipo, con 95 países miembros, que se estima que supere los 100 países en los próximos tres años. La base técnica de ICOLD se fundamenta en sus 21 Comités Técnicos, que reúnen a unos 500 expertos de todo el mundo, y que han publicado 158 Boletines técnicos. En estos Comités Técnicos participan representantes de los países miembros de ICOLD, y España está representada en la mayor parte de ellos. Para ello el Comité Nacional Español tiene los correspondientes Comités técnicos. La participación en estos Comités está 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. 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 dis-

tribuye, en su mayor parte, de manera gratuita en su página Web (<http://www.icold-cigb.net>).

Desde el Congreso de ICOLD de Brasilia en Mayo del 2009 hasta el Congreso de Kioto en Junio del 2012, Fig.1, ICOLD ha organizado, colaborado y participado en innumerables Congresos, Simposios, Workshops y otras reuniones internacionales y nacionales, etc. Las reuniones Ejecutivas de ICOLD se celebraron en Hanoi, Vietnam, en 2010, y en Lucerna, Suiza, en 2011. 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. También está presente y colabora con numerosas organizaciones internacionales, ONU, UNESCO, UE, WB, BEI, UE, 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 varias conferencias de las partes (COP).

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 destacadas. (1), (2), (3).

Se admiten comentarios a este artículo, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de diciembre de 2012. Recibido: septiembre/2012; Aprobado: septiembre/2012



Fig. 1. Congresos de ICOLD de Brasilia (2009) y de Kyoto (2012).

INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS - ICOLD
COMMISSION INTERNATIONALE DES GRANDS BARRAGES - CIGB

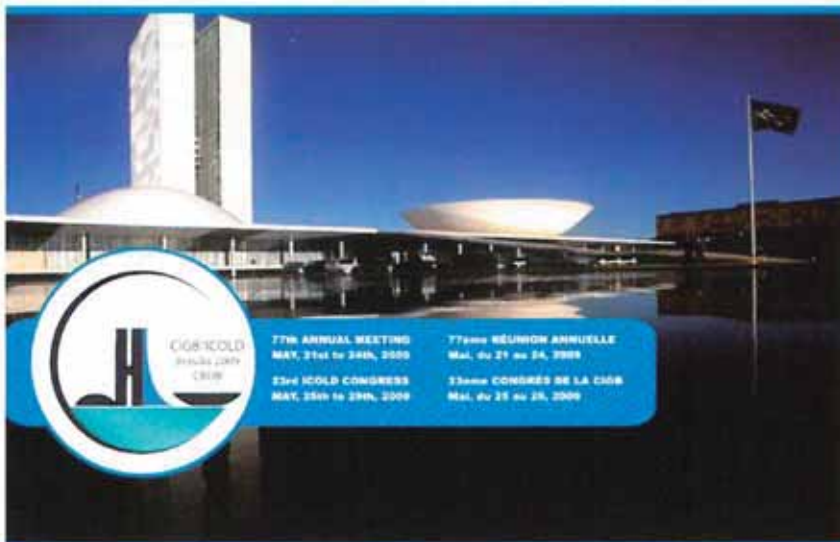
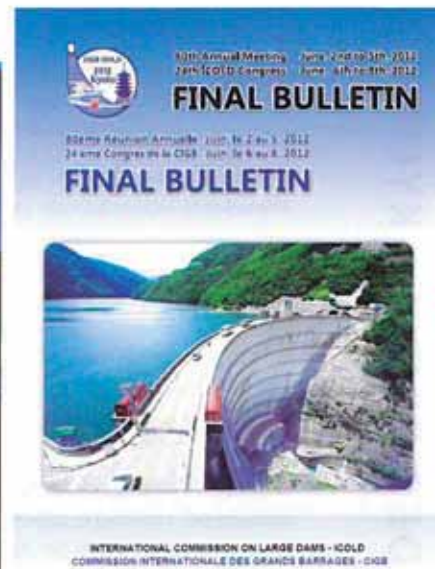


Fig. 2. Declaración sobre el almacenamiento de agua para el desarrollo sustentable. ICOLD, 2012.



World declaration

Water Storage for Sustainable Development

In 2050 world population will likely exceed nine billion inhabitants.

The world's increasing demands for water, food and energy will challenge the natural resources. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

Water is becoming increasingly scarce in many regions, and the demand for water is increasing. We need to face this exceptional situation because at the same time:

1. Declaración mundial: almacenamiento de agua para el desarrollo sustentable

ICOLD en el año 2008 aprobó una declaración sobre la energía hidroeléctrica en África, que concluía que era el tiempo para que África usara sus propios recursos, para lanzarse hacia el desarrollo. Era la hora para ir hacia un desarrollo significativo de las presas y la energía hidroeléctrica en África (4).

Ahora, en el Congreso de Kioto del 2012, ICOLD ha aprobado una nueva Declaración mundial sobre el almacenamiento del agua para el desarrollo sostenible (World Declaration: Water Storage for sustainable development). Esta Declaración ha sido aprobada conjuntamente con la Comisión Internacional de Riegos y Drenajes (ICID), la Asociación Internacional de Hidroelectricidad (IAH), y la Asociación Internacional de Recursos de Agua (IWRA) (Fig.2) (5).

En esta Declaración se indica que las infraestructuras de almacenamiento de agua, presas y embalses, propiciando múltiples servicios hídricos, son vitales para el desarrollo humano. De los 40.000 Km³/año de recursos renovables de agua, en la actualidad, solamente 9.000 Km³/año son accesibles. Mediante la construcción de más de 50.000 grandes presas y millones de pequeños embalses en todo el mundo durante el curso de los últimos 5.000 años, muchas comunidades tienen condiciones de disfrutar servicios de agua fiables. En total las infraestructuras de almacenamiento de agua regulan cerca de 4.000 Km³/año.

En las próximas décadas los cambios globales van a suponer un aumento de la población mundial (con previsiones de 9.000 millones de habitantes en el 2050), un mayor desarrollo socioeconómico con aumento de los niveles de vida para todos, y una mayor variedad y cambios en el clima. Así, aumentarán continuamente la demanda de agua, alimentos, y el consumo de energía. Las poblaciones continuarán concentrándose en ciudades, donde las necesidades de agua, alimentos y energía se tornarán más aguda, lo que va a suponer un gran desafío para el desarrollo sostenible de los recursos naturales.

Por todo ello, hay una urgente necesidad de acelerar el desarrollo de nuevas infraestructuras de almacenamiento de agua para fines múltiples: Agua potable y saneamiento, Suministro de agua para la industria, Regadíos para producción de alimentos, Producción de energía, Control de inundaciones y mitigación de sequías, Navegación, y Servicios medioambientales.

La Declaración propone esfuerzos conjuntos para desarrollar las infraestructuras de almacenamiento de agua de forma sostenible, y concluye que:

- El Agua es vida. Las infraestructuras de almacenamiento de agua son una herramienta indispensable para la sociedad.
- La inversión en infraestructuras de almacenamiento de agua son inversiones en economía verde.
- Los servicios que ellas proporcionan serán cruciales en la mitigación del cambio climático y en la adaptación al mismo.
- Para atender a las crecientes demandas de agua, alimentos y energía, es hora de desarrollar soluciones para la mejor utilización de los recursos hídricos, especialmente para los países en vías de desarrollo, y aliar compromisos políticos con actuaciones.
- Son necesarios enfoques equilibrados, combinando grandes, medios y pequeños embalses, enfoques que tengan en cuenta el desarrollo sostenible, con el pleno compromiso de minimizar los impactos negativos.

2. VI Foro Mundial del Agua. Marsella 2012

El VI Foro Mundial del Agua se celebró en Marsella, Francia, en Marzo del 2012. Los Foros Mundiales del Agua son las reuniones internacionales con más



Fig. 3. Sesión especial de ICOLD en el Foro Mundial del Agua. Marsella, 2012.

participación y difusión en los temas relativos al agua. El VI Foro constituyó un gran éxito: más de 19.000 participantes de 173 países, 15 jefes de Estado, 103 Ministros, Vice-Ministros y Secretarios de Estado, 250 parlamentarios y 250 autoridades locales.

El VI Foro fue organizado conjuntamente por el Consejo Mundial del Agua (WWC) y el Gobierno de Francia, y la ciudad de Marsella. ICOLD es gobernador del WWC, y desde su fundación ha venido colaborando en el desarrollo de los Foros Mundiales del Agua (6). ICOLD organizó una sesión especial, ("Special Focus sesión 3.1") sobre el almacenamiento de agua para el desarrollo sostenible (Fig. 3). También ICOLD participó activamente en la organización de varias sesiones del Foro, junto con ICID, y IHA. (7).

Quisiera destacar que en el Foro, se analizó el proceso de la Comisión Mundial sobre las presas, WCD (World Commission on Dams), que se creó en el año 1998, conjuntamente entre el Banco Mundial y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, con el objetivo de analizar la creciente problemática y rechazo por algunos grupos conservacionista, de las presas, y promover soluciones y recomendaciones equilibradas. La WCD publicó su informe a finales de Noviembre del 2000. Este informe produjo fuertes controversias, y, aunque sus cinco valores troncales y sus siete prioridades estratégicas fueron ampliamente aceptadas, sus recomendaciones fueron motivo de posiciones encontradas. El mismo Banco Mundial, y otras organizaciones internacionales, entre las que estaba ICOLD, se opusieron a la implantación del informe, ya que suponía un freno al desarrollo, y de facto una moratoria para la construcción de grandes presas. Por otro lado, las organizaciones anti-presas consideraron el informe de la WCD como su "biblia", ya que les daba la oportunidad de bloquear los proyectos y la construcción de nuevas presas. Todo ello supuso la invia-



Fig. 4. Adama Nombre, nuevo presidente de ICOLD, y Luis Berga. Kioto 2012.

bilidad práctica de la aplicación del informe, y ninguna de las grandes naciones constructoras de presas tuvo en cuenta el informe en sus programas de infraestructuras.

Tal como indico en el Panel de Alto Nivel sobre "Infraestructuras de agua para el desarrollo", la Vice-Presidenta para el desarrollo sostenible del Banco Mundial, doce años después se puede decir que la era de la Comisión Mundial de las presas es del pasado, y actualmente nos encontramos en una nueva era para el desarrollo de presas y embalses. Existen actualmente recomendaciones y criterios eficaces para la evaluación de grandes infraestructuras de presas y embalses, que son aplicados por el Banco Mundial y otros bancos de desarrollo regionales, así como recomendaciones para el desarrollo sostenible de la energía hidroeléctrica. Las infraestructuras del agua, presas y embalses, tienen un papel esencial en el marco de la gestión integrada de los recursos de agua, y más aun en el campo de la mitigación de los posibles impactos del cambio climático. Por otro lado la energía hidroeléctrica ha llegado a ser una pieza esencial para el desarrollo verde. (8), (9).

Yo creo que es muy importante la participación activa de ICOLD, y de sus Comités Nacionales, en estos Foros mundiales, para poder enseñar el papel de las presas y embalses en el desarrollo sostenible. En estos Foros se lanzan recomendaciones 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 Marsella los ministros indicaron que "debemos promover la inversión en almacenamientos de agua multi-usos", y 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...".

3. Mensaje del nuevo presidente de ICOLD

En la Asamblea General de ICOLD de Kioto, Adama Nombre de Burkina Faso fue elegido nuevo Presidente de ICOLD para el trienio 2012-2015. (10), Fig. 4. El ingeniero Adama Nombre es un buen amigo de España y del Comité Nacional Español de Grandes Presas, y ha realizado varias visitas técnicas a nuestro país.

El Presidente Nombre ha tenido la amabilidad de enviarnos un mensaje para esta publicación del Comité, que transcribo a continuación:

"Quiero expresar mi agradecimiento al Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de España por darme la oportunidad de dirigirme a los ingenieros civiles de España en esta publicación especial de la Revista de Obras Públicas dedicada al Congreso de ICOLD de Kioto, en junio del 2012.

Durante la última década ICOLD ha crecido, hasta llegar a ser actualmente una organización mundial líder en el campo de la ingeniería de presas, y en la gestión del agua para un desarrollo sostenible. La humanidad se está enfrentando hoy a muchos desafíos relativos al acceso al agua de billones de personas, a la seguridad de la alimentación, a la energía limpia, económica y fiable, y a la protección contra los riesgos naturales, tales como las sequías y las inundaciones. Los impactos adversos del cambio climático en los recursos de agua, el crecimiento rápido de la población mundial y los requerimientos de nuevos requisitos de las personas, están aumentando la necesidad de dirigir estos retos de manera adecuada y rápida. ICOLD como una organización, con una base de conocimientos desarrollada a lo largo de 84 años



por eminentes profesionales, está comprometida y decidida a contribuir para la solución de estos problemas.

Para los próximos años ICOLD continuará ayudando a los países donde los profesionales de las presas todavía no están organizados promoviendo su ingreso en la organización, para su fortalecimiento, y para compartir su experiencia específica y sus preocupaciones con otros profesionales. Nuestros esfuerzos se dedicarán también a trabajar con estos nuevos países para el fortalecimiento de sus organizaciones, y para apoyar el desarrollo y gestión de los recursos de agua mediante la construcción de presas y embalses. Una atención especial se prestará a las jóvenes generaciones que representan el futuro de ICOLD, potenciando diversas iniciativas que ya están en marcha, como el Foro del Ingeniero Joven. Los clubes regionales de ICOLD jugarán un papel importante en este proceso, ya que ellos disponen de las herramientas adecuadas para la promoción de ICOLD en sus regiones y áreas.

ICOLD continuará trabajando estrechamente con otras organizaciones internacionales para la promoción de presas e infraestructuras de almacenamiento de agua para contribuir al desarrollo sostenible mundial, prestando una atención especial a la promoción y divulgación de declaraciones regionales y mundiales a través de diversos foros nacionales, regionales e internacionales. En la misma línea se reforzará la participación de ICOLD en la Consejo Mundial del Agua y sus actividades para unir nuestro esfuerzo y para asegurar el progreso en la aplicación de los acuerdos y compromisos tomados a diferentes niveles internacionales, regionales, o nacionales para los nexos entre agua, energía y alimentación.

Durante el último VI Foro Mundial del Agua, y también en otros Foros internacionales relativos al

agua y a la energía, se acordó que es necesario acelerar el desarrollo de infraestructuras de almacenamiento de agua: para aumentar la producción hidroeléctrica, que es una energía verde, barata y fiable, para desarrollar la producción de alimentos mediante los regadíos, para proporcionar el abastecimiento de agua, y para proteger los asentamientos humanos frente a las inundaciones y riesgos naturales. El potencial en muchas regiones de mundo para el desarrollo es muy alto, y está claro hoy que la construcción de presas y embalses se acelerará y se extenderá en los próximos años. ICOLD proporcionará guía y base de conocimiento para asegurar que estas infraestructuras sean técnicamente seguras, económicamente eficientes, medioambientalmente amigables y socialmente equitativas.

ICOLD a través de sus trabajos de sus Comités Técnicos, Congresos y Simposios, está trabajando para el avance de la ciencia y de la tecnología en la Ingeniería de presas, para desarrollar soluciones y proporcionar guías a la profesión y también a los gestores de decisiones para la planificación, proyecto, construcción y gestión de infraestructuras adecuadas y apropiadas por responder a las necesidades de la sociedad en este Siglo XXI". (11).

Para finalizar esta reseña quisiera 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 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) ICOLD's 80th Annual Meeting in Kyoto. 2012. Hydropower & Dams Issue Four. 24-26.
- (2) 24th Congress of the International Commission on Large Dams. 2012. Hydropower & Dams Issue Four. 93-104.
- (3) BERGA, L. JINSHENG, J. 2009. ICOLD's main activities and future challenges. Hydropower & Dams Issue Four. 52-56.
- (4) BERGA, L. 2006. De Barcelona 2006 a Brasilia 2009. ROP. 3509, 11-14.
- (5) ICOLD. 2012. Declaración mundial sobre el almacenamiento del agua para el desarrollo sostenible (World Declaration: Water Storage for sustainable development). Versiones españolas e inglesas. <http://www.icold-cigb.net>
- (6) BERGA, L. 2009. Dams and storage in the context of the World Water Forums: ICOLD's contributions. Hydropower & Dams Issue Two. 2-8.
- (7) ICOLD. 2012. 6th World Water Forum stresses Water-Food-Energy nexus. ICOLD Newsletter 12. July.
- (8) ICOLD. 2012. The WCD question in Marseille. ICOLD Newsletter 12. July.
- (9) JIA JINSHENG. 2012. Joint efforts for better development of dams and reservoirs. Hydropower & Dams Issue Four. 27-34.
- (10) NOMBRE, A. 2012. Building on ICOLD's strengths, and facing futures challenges. Hydropower & Dams Issue Four. 33-34.
- (11) NOMBRE, A. 2012. Comunicación personal.

From Brasilia 2009 to Kyoto 2012

The International Commission on Large Dams (ICOLD) is a great team, with 95 countries members, and it is expected that it overcomes the 100 countries in the next three years. The technical base of ICOLD is founded in its 21 Technical Committees with more than 500 experts from all over the world, and that they have published 158 technical bulletins.

From the ICOLD Congress in Brasilia in May 2009 until the Kyoto Congress in June 2012, ICOLD has organized, collaborated and participated in numerous Congresses, Symposiums, Workshops, and other international and national meetings, etc. The Executive meetings of ICOLD took place in Hanoi, Vietnam, in 2010, and in Luzern, Switzerland, in 2011. Both events with a great number of participants, and important technical activities.

ICOLD has excellent and cordial relationships with our sisters organizations: ICID, IHA, WEC, IAHR, IWRA, IWALC, and WWC. Also it is present and it collaborates with numerous international organizations: UN, UNESCO, UE, WB, EIB, UE, ADB, BAD, Arab and Kuwait found, Islamic Development bank, NEPAD, COFACE, etc. In 2008 ICOLD was admitted as observer in the UN FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE, and from then it has attended several conferences of the parties (COP).

The paper describes the outstanding activities of ICOLD during 2002-2012: the World Declaration on Water Storage for sustainable development, the 6th World Water Forum of Marseille in March 2012, and present a message of the ICOLD new President, Adama Nombre.

1. World Declaration on Water Storage for sustainable development

In the Kyoto Congress of the 2012, ICOLD has approved a new world Declaration on Water Storage for sustainable development. This Declaration proposes combined efforts to develop the storage infrastructures in a sustainable way, and it concludes that: 1-Water is life and water storage infrastructure is an indispensable tool for society, 2- Investment in water storage infrastructure is investment in the green economy, 3- The services they provide will be crucial in the mitigation of, and adaptation to, climate change, 4.-To meet growing demands for water, food and energy, it is time to develop solutions for better use of water resources, especially for developing countries, and to match political commitments with action, and 5.-A balanced approach, combining large,

medium and small reservoirs, is required; one that takes into account sustainable development, with full commitment to minimize negative impact.

2. The 6th World Water Forum of Marseille, 2012

ICOLD is Governor of the World Water Council (WWC), and from the WWC foundation ICOLD has been collaborating in the development of the all World Water Forums. In Marseille ICOLD organized a special session, ("Special Focus session 3.1") on the storage for the sustainable development. Also, ICOLD participated actively in the organization of several sessions of the Forum.

During the Forum, the process of the World Commission on Dams (WCD) was discussed. Some participants in the High Level Panel on "Infrastructures of water for the development" indicated that twelve years later one can say that the era of the World Commission on Dams is over, and at the moment we are in a new era for the development of dams and storage.

Currently, there are recommendations, guidelines, and effective approaches for the evaluation of dams and reservoirs infrastructures that are being applied by the World Bank and other regional development banks, as well as recommendations for the sustainable development of the hydroelectric energy. The water's infrastructure, dams and storage, have an essential role into the framework of Integrated Water Resources Management, and more even in the field of the mitigation of the possible impacts of the climatic change. On the other hand the hydroelectric energy represents an essential piece for the green development. In the Ministerial Declaration of the Forum the ministers indicated that we should promote the investment in storages of water multipurpose.

3. Message of the ICOLD new President, Adama Nombre

The ICOLD President Adama Nombre has had the kindness of to send us a message for this publication of the Spanish National Committee on Large Dams (SPANCOLD) Committee: "I want to express my gratefulness to the College of Civil Engineers of Spain to give me the opportunity to address to the Civil Engineers of Spain in this special publication of the ROP dedicated to the Congress of ICOLD of Kyoto". In this message Adama Nombre describes and analyzes the main activities and strategies of ICOLD for next three years. ♦



El Club Europeo de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD). Actividades

The European Club of the International Commission on Large Dams (ICOLD). Activities

Revista de Obras Públicas
nº 3.536, Año 159
Octubre 2012
ISSN: 0034-8619
ISSN electrónico: 1695-4408

Ignacio Escuder Bueno. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Secretario General del Club Europeo de ICOLD. Vocal de SPANCOLD.
Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) y Socio Fundador de iPresas (Spin-Off UPV).
Valencia (España). lescuder@hma.upv.es.

Resumen: El presente artículo resume las principales actividades que desarrolla el Club Europeo de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD), en este momento bajo la presidencia de José Polimón, presidente a su vez del Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD). Dentro del conjunto de actividades, resulta de especial relevancia destacar los resultados conseguidos o en proceso de consecución por los Grupos de Trabajo, así como la celebración de Simposios periódicos (con cadencia entre dos y cuatro años). Potenciar ambas actividades, así como impulsar una transmisión efectiva de conocimientos y generar condiciones óptimas para la innovación y la investigación dentro del Club están siendo los pilares de la actuación española al frente del mismo.

Palabras Clave: Grupos de Trabajo; Simposios; Transmisión de conocimiento; Innovación; Investigación

Abstract: This article summarizes the main activities developed under the umbrella of the European Club of the International Commission on Large Dams (ICOLD), currently chaired by Jose Polimon, president of the Spanish National Committee on Large Dams (SPANCOLD). Among a wide variety of activities, results achieved or in progress by the Working Groups, as well as the organization of periodical Symposia (every two to four years), deserve special mention. Supporting those activities, as well as facilitating knowledge transfer, innovation and research within the Club are the basic pillars of the current Spanish leadership.

Keywords: Working Groups; Symposia; Knowledge Transfer; Innovation; Research

1. Introducción y funciones del Club Europeo de ICOLD

Fundado en 1995, el Club Europeo de los Comités Nacionales de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD) comenzó una nueva andadura bajo presidencia española el primero de enero de 2011, tras ser elegido para dicho cargo José Polimón, actual Presidente del Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD), por el órgano de Gobierno del Club en la reunión anual de septiembre de 2010 celebrada en Innsbruck (Austria).

El mencionado órgano de gobierno (Consejo) del Club Europeo de ICOLD lo integran los presidentes de los veintidós Comités Nacionales que son miembros del mismo (Tabla 1), encargándose la labor de coordinación y preparación de las preceptivas reuniones anuales a la Secretaría del Club. Desde su fundación, España ha regentado la mencionada Secretaría, ejer-

Tabla 1. Países miembros del Club Europeo de ICOLD

AUSTRIA	IRELAND	ITALY	SLOVENIA	UNITED KINGDOM
BELGIUM				SPAIN
BULGARIA				SWEDEN
CZECH REPUBLIC				SWITZERLAND
FINLAND				TURKEY
FRANCE				NETHERLANDS
FYR MACEDONIA				NORWAY
GERMANY				PORTUGAL
GREECE				ROMANIA

ciendo en este momento las funciones de Secretario General el autor del presente artículo.

El Consejo se reúne una vez al año y, bajo las directrices de la presidencia, la secretaría tiene como principales funciones:

Se admiten comentarios a este artículo, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de diciembre de 2012. Recibido: septiembre/2012. Aprobado: septiembre/2012

- Encargarse de cualquier actividad delegada por el Consejo.
- Coordinar y facilitar las tareas de los Grupos de Trabajo.
- Mantener los contactos necesarios con los Comités Nacionales para la celebración de simposios (normalmente, cada dos años)
- Preparar el Informe Anual de actividades.

El conjunto de actividades del Club Europeo de ICOLD, así como información relativa a sus miembros y órganos de gobierno se mantiene actualizada en la página web: <http://cnpgb.inag.pt/IcoldClub/index.htm>, tarea de la que se responsabiliza el Comité Portugués de Grandes Presas. En particular, los grupos de trabajo y los simposios bianuales constituyen dos de los pilares fundamentales del Club, tal y como se pone de manifiesto en el presente artículo. Además, los principales ejes que están impulsando la actuación de la presidencia española pasan fundamentalmente por fortalecer los aspectos de formación, innovación tecnológica e investigación.

La Figura 1 muestra fotografías tomadas durante la última reunión del Consejo del Club Europeo de ICOLD celebrada en Kyoto, en Junio de 2012, así como en el ICOLD Benchmark Workshop on Numerical Analysis of Dams celebrado en Valencia, en Octubre de 2011, con el apoyo de SPANCOLD y del Club Europeo de ICOLD (1).

La razón de ser del Club Europeo de ICOLD se encuentra íntimamente ligada a la consecución de los siguientes objetivos:

- Promocionar los denominados Grupos de Trabajo Europeos (European Working Groups), cuyo propósito consiste en promover el intercambio de información actualizada y potenciar la investigación en campos identificados como de interés por los miembros del Club.
- Llevar a cabo de forma periódica Simposios relacionados con presas y embalses, con intervalos de entre dos y cuatro años, suficientemente separados en el tiempo de los Congresos tri-anales de ICOLD, y en los que se traten temáticas de especial interés para los países del Club.
- Constituir un vehículo constante de intercambio de información relacionada con el diseño, construcción, operación y mantenimiento de presas, así como sobre los aspectos de índole social, medioam-



Fig. 1. Reunión del Consejo del Club Europeo en Kyoto, Japón, Junio de 2012 (arriba y en medio) e inauguración del 11th ICOLD Benchmark Workshop on Numerical Analysis of Dams, Octubre de 2011 (abajo).

biental y económica relacionados con estas estructuras y sus embalses.

- Compartir información y datos de comportamiento de presas.
- Llevar a cabo recopilaciones sobre las distintas legislaciones, estándares y buenas prácticas vigentes en distintos países en relación con la seguridad de presas de manera que pueda mejorarse el entendimiento de las motivaciones de cada una de estas prácticas y códigos así como fundamentar la adopción de los mejores criterios internacionales en este campo, redundando por tanto en beneficio de la ciudadanía.
- Aplicar lo mencionado en el párrafo anterior no solo a aspectos relacionados estrictamente con la segu-

Tabla 2. Documentación elaborada por los Grupos de Trabajo.

Grupo de Trabajo	Estado de los trabajos (info: http://cnpgeb.inag.pt/icoldClub/index.htm)
Legislación de presas	Informe Final. 2004
Geomembranas y geosintéticos como elementos de pantalla	Informe Final. 2004
Subpresiones bajo presas de hormigón	Informe Final. 2004
Deslizamiento de presas de hormigón	Informe Final. 2004
Directiva Marco del Agua	Informe Final. 2004
Criterios sísmicos	Informe Final. 2004
Envejecimiento de presas	Informe Final. 2004
Educación	Informe Final. 2004
Erosión interna en presas de materiales sueltos	Informes parciales (de progreso de los trabajos). Hasta 2011.
Seguridad de presas existentes	Informe Final). 2012
Avenidas	Informe Final. 2011.
Seguridad Pública	Informe Final. 2012.
Análisis y gestión de riesgos en seguridad de presas	Constituido en Octubre de 2011, en Valencia.

ridad sino a la mitigación de los impactos medioambientales, con especial seguimiento sobre la efectividad de la legislación existente en esta materia.

- Ser un órgano consultivo experto en presas y embalses, independiente políticamente, y al servicio de los distintos países europeos, la propia Unión Europea o grupos de países dentro de esta.
- Llevar a cabo acciones de divulgación y promoción para explicar los beneficios sociales, medioambientales y económicos de presas y embalses.
- Cooperar en la formación de ingenieros jóvenes en el campo de presas y embalses favoreciendo su participación en los Simposios, Grupos de Trabajo y programas de intercambio de personal entre países miembro.

2. Los Grupos de Trabajo

Como se ha mencionado con anterioridad, el principal objetivo de los Grupos de Trabajo consiste en promover el intercambio de información actualizada y potenciar la investigación en campos identificados como de interés por los miembros del Club.

Cada Grupo de Trabajo creado ha nacido con la vocación de concentrarse en un tema específico y culminar su tarea con la publicación de un preceptivo "In-

forme Final" o, en su caso, informes parciales, también llamados de "progreso de los trabajos" (Tabla 2).

La duración normal de los trabajos suele limitarse a tres años, si bien esta puede extenderse con la aprobación del Consejo. También en general, con la excepción del coordinador y del vice-coordinador, el resto de miembros de los Grupos de Trabajo se nombran a propuesta de los Comités Nacionales, con un máximo de dos miembros por cada Comité.

El Grupo de Trabajo más reciente es el de "Análisis y gestión de riesgos en seguridad de presas", aprobado en la reunión anual del consejo celebrada en Lucerna, Suiza, en 2011. Los términos de referencia que rigen los trabajos de este Grupo son:

- Resumir cómo se recogen los conceptos de riesgo y gestión de presas en las Directivas Europeas como las de Avenidas, de 2007, e Infraestructuras Críticas, de 2008.
- Repaso de las consideraciones que tiene cualquiera de las componentes del riesgo en la legislación y recomendaciones de seguridad de presas en Europa.
- Identificar la efectividad y los beneficios derivados de la toma de decisiones con "información de riesgo" en la gestión de seguridad de presas (incluyendo la revisión casos de estudio internacionales).



Fig. 2. Inauguración del Foro (arriba a la izquierda), Curso en gestión de riesgo para presas (arriba a la derecha), Visita a la presa de Tous (abajo a la izquierda), y Clausura del Foro (abajo a la derecha).

- Establecer recomendaciones sobre el necesario nivel de esfuerzo y de detalle en los análisis en función del tipo de decisión a adoptar (necesidad de modelación, estimaciones de riesgo, análisis de incertidumbre, etc.).
- Estudiar la importancia de equilibrar y compartir los riesgos de gestión de presas entre distintos actores (propietarios, operadores, etc.)
- Utilizar el marco del análisis de riesgo como una herramienta efectiva para facilitar la transmisión de conocimiento y la formación.

Bajo la coordinación de Massimo Meghella, este grupo comenzó su andadura durante la celebración en Valencia del "Third International Forum on Risk Analysis, Dam Safety, Dam Security and Critical Infrastructure Management", en Octubre de 2011, organizado por la Uni-

Tabla 3. Simposios celebrados por el Club Europeo de ICOLD.

Simposio	Temas
Comité Nacional Austriaco. Innsbruck, Austria, 22-23 Septiembre 2010	Sostenibilidad en el conocimiento Conciencia pública sobre Seguridad de presas Mantenimiento y rehabilitación Regulaciones y recomendaciones Pequeñas presas Vigilancia de presas
Comité Nacional Alemán. Freising, Alemania, 17-19 Septiembre 2007	Nueva conciencia pública sobre presas en Europa Beneficios y riesgos de las infraestructuras hidráulicas Detección de filtraciones en presas de materiales sueltos Erosión Interna Estructuras hidráulicas y centrales hidroeléctricas
Sociedad Británica de Presas. Canterbury, Reino Unido, 22-26 Junio 2004	Beneficios e impactos sociales de los embalses El uso de nuevos materiales Análisis y evaluación de riesgos Impacto de las avenidas y su laminación Instrumentación y monitorización
Comité Nacional Noruego. Geiranger, Noruega, 25-27 Junio 2001	Gestión de cuencas en la Europa del futuro Seguridad en explotación de presas y otras infraestructuras hidráulicas Nuevas tendencias en rehabilitación de presas
Comité Nacional Español Barcelona, España, 17-19 Junio 1998	Legislación y recomendaciones en seguridad de presas Seguridad estructural Seguridad hidrológica Grupos de Trabajo europeos
Comité Nacional Sueco Estocolmo, Suecia, 5-9 Junio 1996.	Presas de hormigón Presas de materiales sueltos Avenidas
Comité Nacional Suizo. Crans-Montana, Suiza, 7-9 Septiembre 1995.	Presas de materiales sueltos Presas de hormigón Hidrología Instrumentación

Tabla 4. Temas y descriptores a tratar en el Congreso de Venecia de Abril de 2013.

Tema	Descriptores
Gestión de recursos hídricos en Europa	Uso conjunto de recursos hídricos; análisis de demandas; trasvases y otras conexiones; gestión integrada; gestión sostenible y recuperación de costes; análisis de rotura de presas; planes de emergencia; impacto del cambio climático en la gestión del agua.
Conservación y desarrollo de sistemas de infraestructuras hidráulicas en Europa.	Mantenimiento, rehabilitación, vigilancia y monitorización; gestión de sedimentos; ampliación de sistemas; uso de nuevos materiales; construcción de nuevas centrales; rehabilitación, modernización y mantenimiento de centrales existentes; conservación de presas antiguas; puesta fuera de servicio; transmisión inter-generacional del conocimiento.
Una mirada al futuro de las presas y la energía hidroeléctrica: nuevos retos	Interacción entre energías renovables, almacenamiento y red eléctrica; plantas de bombeo reversibles; efectos del cambio climático en la producción de energía; redes inteligentes para equilibrar la producción energética mediante renovables; grupos de trabajo interdisciplinares e innovadores para la complejidad de la respuesta del sistema eléctrico *.
Impactos sociales y medioambientales frente a beneficios: todavía una cuestión abierta	Sostenibilidad; conciencia pública, gestión de conflictos y necesidades de mejora de la comunicación; caudales ecológicos, instalaciones aguas arriba y aguas abajo para laminación; transporte de sedimentos; embalses multi-objetivo; efectos del cambio climático en las aportaciones; el papel del almacenamiento en la laminación.
Hacia la mejora y armonización de la gobernanza de presas en Europa	Análisis de riesgo; tolerabilidad y aceptabilidad del riesgo; infraestructuras críticas; regulaciones y recomendaciones para la gestión de seguridad de presas frente a riesgos naturales y antrópicos; acercando la "ciencia" y las "necesidades prácticas" para un mejor manejo de riesgos; nuevos mapas de riesgo sísmico europeos; aplicación de Directivas del agua y Eurocódigos; tendencias en la renovación de concesiones hidroeléctricas.

versidad Politécnica de Valencia, el Department of Homeland Security norteamericano y ICOLD, con el apoyo de SPANCOLD y el Club Europeo.

La Figura 2 muestra una serie de fotografías del mencionado evento (2), en cuya primera sesión fue presentado el Grupo de Trabajo.

Además de los Grupos de Trabajo, se encuentran activas dos "Comisiones de trabajo", lideradas por Giovanni Ruggieri y Jose Polimón respectivamente, dedicadas a la exploración de las posibilidades de establecer legislación de seguridad de presas a escala europea en el primer caso, y a la de extender a escala europea el exitoso caso del Máster Internacional en Explotación y Seguridad de Presas y Balsas impartido por SPANCOLD en el segundo.

Por último, se prevé la creación en Abril de 2013 de un nuevo Grupo Trabajo sobre "Accidentes e Incidentes de Presas" y la organización de un taller a ese respecto para otoño de 2013.

3. Los simposios bianuales

Tal y como se ha introducido con anterioridad, el intervalo de realización de los simposios del Club, en los que se tratan temas de especial relevancia para los países miembro, oscila entre dos y cuatro años.

Los temas de cada simposio se aprueban a propuesta del Comité Organizador de cada uno de ellos, pudiendo el Consejo si lo estima oportuno sugerir modificaciones.

La Tabla 3, resume los Simposios celebrados hasta la fecha y los temas tratados en cada uno de ellos.

Por último, el próximo Simposio del Club, que tendrá lugar en Venecia, Italia, entre los días 10 y 12 de Abril, bajo el lema "Sharing Experience for Safe and Sustainable Water Storage", tratará los temas que se muestran en la Tabla 4.



Mejora de los sistemas de riego a través de la construcción de una presa y canalización en la provincia de Phu Tho (Norte de Vietnam)



Si quieres colaborar:

Gran Vía nº 62, 7º Dcha. 5 • 28013 Madrid •
Telf.: 91 547 60 57 • conemund@conemund.org

4. Resumen y principales líneas de actuación de la presidencia española (2011-2013)

Las líneas fundamentales de actuación que ha marcado la presente presidencia española de ICOLD, cuya andadura se inició en Enero de 2011 y concluirá en Diciembre de 2013, se agrupan en los tres ejes siguientes:

- a) Impulsar las actividades de formación y transmisión de conocimiento.

Ejemplos de estas actividades han sido el apoyo del Club a la III International Week on Risk Analysis, Dam Safety, Dam Security and Critical Infrastructure Management (Valencia, Octubre de 2011), y al 6th International Symposium on Roller Compacted Concrete (RCC) Dams (Zaragoza, Octubre de 2012) además de al próximo Simposio del Club a celebrar en Venecia en Abril de 2013.

- b) Reforzar los Grupos de Trabajo existente y estímulo para la creación de nuevos grupos capaces de

acometer nuevos retos tecnológicos, de gobernanza, etc.

Ejemplos de actividades encaminadas a estos objetivos son la creación del Grupo de Trabajo de Análisis y gestión de riesgos en seguridad de presas en 2011, o las Comisiones de trabajo creadas ese mismo año sobre legislación de seguridad de presas a escala europea y la posibilidad de impartir un título máster en explotación y seguridad de presas en el marco del Club Europeo.

- c) Crear un entorno favorable a la innovación e investigación en el campo de la ingeniería de presas.

Ejemplos de estas actividades han sido el estímulo a la creación de consorcios de investigación para participar en convocatorias europeas (FP7 y otras) que permitan consolidar una Europa más competitiva en tecnología de presas en el contexto de un mundo globalizado. ♦

Referencias

-(1) 11th ICOLD Benchmark Workshop on Numerical Analysis of Dams. Ed. Ignacio Escuder Bueno et al. Spanish National Committee on Large

Dams. 2012.

-(2) Risk Analysis, Dam Safety, Dam Security and Critical Infrastructure Management. Ed. Ignacio Escuder-Bueno et al. CRC Press Balkema, ISBN-978-0-415-62078-9, 2011.

Nota:

Toda la información técnica sobre trabajos realizados dentro de los Grupos de Trabajo se encuentra disponible en:

<http://cnpgb.inag.pt/icoldClub/index.htm>

European Club of ICOLD. Activities

Founded in 1995, the European Club of the International Commission on Large Dams (ICOLD), is currently chaired by Jose Polimon, president of the Spanish National Committee on Large Dams (SPANCOLD). Among a wide variety of activities, results achieved or in progress by the so called Working Groups, as well as the organization of periodical Symposia (every two to four years), deserve special mention. Supporting those activities, as well as facilitating knowledge transfer, innovation and research within the Club are the basic pillars of the Spanish current leadership.

More in detail, as available at the European Club web page (<http://cnpgb.inag.pt/icoldClub/index.htm>) the aims or the Club are achieved by fulfilling the following objectives in relation to dams in Europe:

- Encouragement of European Working Groups, which purpose is to exchange up to date information and to

encourage research on matters which are, according to the objective of the club, of current interest to the members.

- Encouragement of regular European Symposia on Dams and Reservoirs. It is intended that Symposia with topics particularly relevant to a number of European countries will be held generally at intervals of two to four years. The European Symposia are not held close to ICOLD Congresses.
- Interchange of information related to the design, construction, operation, maintenance and social, environmental and economic aspects of dams and reservoirs
- Interchange of data and information on the behaviour of dams and reservoirs.
- Interchange of information on the different legislation, standards and practice applied in respect of reservoir

safety in different countries in order to improve the understanding for the reasons for such differences and encourage the adoption of high standards in the interests of public safety.

- Interchange of information on the legislation, standards and practices applied in respect of environmental impact, together with information on the effectiveness of the legislation.
- Provision of expert non-political advice in relation to dam and reservoir safety to the movements of European countries, the European Union or other groups of states, where requested.
- Participation in public relations activities to explain the social, environmental and economic benefits of dams and reservoirs.
- Co-operation in the professional training of young engineers in relation to dams and reservoirs through participation in the Symposia, in the Working Groups and in exchanges of staff between countries.

The number of the so called Working Groups, active over last years, include those devoted to the following topics:

- Geomembranes and geosynthetics as facing materials
- Uplift pressures under concrete dams
- Sliding of concrete dams
- European Water Directive
- Seismic criteria
- Ageing of concrete dams
- Education
- Floods
- Public safety
- Internal erosion in embankment dams
- Dam safety of existing dams
- Dam safety risk assessment and management

Finally, the following Table comprises all the Symposia (including next one to be held in Venice, April 2013) and the related topics that have been addressed. ♦

Symposia	Themes
Italian National Committee on Large Dams and ENEL Venice, Italy, 10-12 April 2013	Water resources management in Europe Preservation and development of European hydraulic infrastructure system An outlook to the future of dams and hydropower: the new challenges Social/environmental impacts vs. benefits of reservoirs: a still open question Towards improving and harmonizing dams governance in Europe
Austrian National Committee on Large Dams. Innsbruck, Austria, 22-23 September 2010	Sustainability of know how Public awareness of dams and dam safety Maintenance and rehabilitation Regulations and guidelines Small dams Surveillance practice
German National Committee on Large Dams. Freising, Germany, 17-19 September 2007	New public awareness on dams in Europe Benefits and risks of hydraulic structures Leakage detection in embankment dams Internal erosion Hydraulic structures and hydropower – ongoing projects at home and abroad
The British Dam Society Canterbury, UK, 22-26 June 2004	Benefits and social impacts of reservoirs The use of new materials Risk assessment and reservoir management Flood impact and alleviation Instrumentation and monitoring
Norwegian Committee on Large Dams Gjeiranger, Norway, 25-27 June 2001	Future river basin management in Europe Operational safety of dams and other hydraulics New trends in rehabilitation of dams
Comité Español de Grandes Presas Barcelona, Spain, 17-19 June 1998	Legislation and guidelines on dam safety Structural safety Hydrological safety European working groups
Swedish Committee on Large Dams Stockholm, Sweden, 5-9 June 1996	Concrete dams Embankment dams Floods
Comité National Suisse des Grands Barrages. Crans-Montana, Suisse, 7-9 Septembre 1995.	Digues en matériaux meubles / embankment dams Barrages en béton / concrete dams Hydrologie / hydrology Instrumentation/monitoring

La 80ª Reunion Ejecutiva Anual de ICOLD y el XXIV Congreso Internacional de Grandes Presas

80th Executive ICOLD Annual Meeting and 24th International Congress on Large Dams

Revista de Obras Públicas
nº 3.536. Año 159
Octubre 2012
ISSN: 0034-8619
ISSN electrónico: 1695-4408

Juan Carlos de Cea Azañedo. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Secretario General del Comité Nacional Español de Grandes Presas, Madrid (España). secretariogeneral@spancold.es

Resumen: Se describe a continuación cómo se ha desarrollado la reunión ejecutiva anual de la Comisión Internacional de Grandes Presas; 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, finalmente, qué se ha tratado en el Congreso Internacional de Grandes Presas y cuál ha sido el grado de participación de la delegación española en el mismo.

Palabras Clave: Ejecutiva; Comités Técnicos; Representante; Boletín; Master; Declaración; Cuestión

Abstract: The paper describes how has been developed the annual executive meeting of the International Commission on Large Dams (ICOLD), what has been concluded on it, what activities are currently being developed by the different technical committees in which have participated the members of the Spanish National Committee on Large dams (SPANCOLD), and finally, are summarized the topics tried on the International Congress on Large Dams and what has been the degree of participation of the Spanish delegation on them.

Keywords: Executive; Technical Committees; Representative; Bulletin; Master; Declaration; Question

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 23 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, 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 asiste en representación del Comité Nacional Español de Grandes Presas una delegación de miembros del mismo, además de 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.

Se efectúa a continuación una descripción de cómo se desarrolló la reunión ejecutiva anual de Kyoto, de algunos de los temas que se trataron en ella y de algunas de las principales conclusiones que se alcanzaron en la misma.

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

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



contrado durante el desarrollo de los mismos, 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 la que ICOLD cumple parte de sus principales objetivos. ICOLD ha publicado desde su creación del orden de unos 140, que tratan todos los aspectos relacionados con la ingeniería de presas, con la explotación y el mantenimiento de estas infraestructuras, y con sus aspectos medioambientales. Un listado de todos ellos pueden encontrarse en la web oficial de ICOLD².

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 había celebrado en el año 2009 en la localidad de Brasilia (Brasil), y en él se debatieron, como es habitual, cuatro cuestiones. Las tratadas en el Congreso celebrado en Kyoto se describen en uno de los apartados de este artículo, y con mucho más detalle se tratarán, como viene siendo habitual desde hace muchos años, en un número monográfico de la Revista de Obras Públicas.

La elección de Kyoto para albergar la 80ª Reunión Ejecutiva y el 24º Congreso, tuvo lugar en la reunión ejecutiva anual de ICOLD celebrada en Brasilia en el año 2009. La siguiente tendrá lugar el próximo año en Seattle (EE.UU), habiéndose elegido en Kyoto donde tendrá lugar la celebración del siguiente Congreso, que será en 2015 y lo albergará Noruega.

A la reunión ejecutiva y congreso han asistido más de 1.400 profesionales de 75 países, destacando por número de delegados Japón (421), Irán (131), Rusia (88), Francia (86), China (80) e Indonesia (71). España estuvo presente y representada por una delegación formada por 22 profesionales.

(2) www.icold-cigb.org

2. Reuniones de los Comités Técnicos de ICOLD

Como ya se ha indicado, de los 23 Comités Técnicos que actualmente tiene ICOLD, el Comité Nacional Español tiene representantes en un total de 20 de ellos.

La Delegación española del Comité Nacional Español de Grandes Presas que acudió a la reunión ejecutiva anual de Kyoto, asistió a las reuniones de un total de 14 Comités Técnicos, describiéndose a continuación quienes fueron los representantes en cada uno de ellos y cuales fueron los principales temas tratados en sus respectivas reuniones. Todas tuvieron lugar el lunes 4 de Junio, en jornada de mañana y tarde, comenzando a las 9 h y terminando a las 15 h, tras un paréntesis de una hora y media para comer.

A) Comité técnico de aspectos computacionales y análisis del diseño de presas

Representante español:

Dr. Ignacio Escuder (Presidente del mismo)

- **Temas tratados:** Se analizó el resultado del Benchmark Workshop celebrado en Valencia en Octubre de 2011, en relación a las soluciones planteadas a los temas propuestos en él: 9 para el Tema A (*Efectos de la expansión de hormigones en los desplazamientos de una presa bóveda*), 2 para el B (*Comportamiento de presas de escollera en situaciones de desbordamiento*) y 8 para el C (*Estimación de la probabilidad de rotura de una presa de gravedad por deslizamiento*). Asimismo se propuso la elaboración de un nuevo boletín de título *Modelos numéricos convenientes para la gestión de riesgos* y se aprobó la constitución de un grupo de trabajo para analizar aspectos numéricos de interés demandados por la comunidad científica. Por último, el Comité aceptó la invitación realizada por los representantes austríacos para albergar en Graz el siguiente Benchmark Workshop, que tendrá lugar en Setiembre de 2013.

B) Comité técnico de aspectos sísmicos en el diseño de presas

Representante español:

D. Francisco Blázquez



- **Temas tratados:** Por parte de los representantes japoneses se efectuó en primer lugar una interesante presentación sobre aspectos sísmicos del terremoto de Tohoku, ocurrido el pasado año, y se concluyó la necesidad de disponer de un boletín en el que se recopilen datos relativos a movimientos registrados en presas sometidas a sollicitaciones sísmicas.

Se presentaron por parte de los representantes chinos cuales han sido las principales lecciones aprendidas en la seguridad sísmica de las presas, a raíz del terremoto de Wenchuan (China, 2008). Igualmente, se estableció un interesante debate entre los asistentes en relación con el comportamiento sísmico de las presas de hormigón compactado, de las presas de pantalla de hormigón y de las presas de núcleo asfáltico.

Por último, y para acabar con los temas técnicos, se efectuó durante la reunión una revisión de los procedimientos de análisis dinámico no lineales para presas de hormigón y materiales sueltos.

Para terminar, el representante español planteó la disposición de SPANCOLD para traducir al castellano el futuro Boletín 148 sobre aspectos sísmicos, recibiendo el apoyo mayoritario de otros comités hispanohablantes y de empresas con intereses en Latinoamérica.

C) Hidráulica para presas

Representante español:

D. Alfredo Granados

- **Temas tratados:** Se detalló durante la reunión el estado en el que se encuentran los trabajos de cada uno de los 10 capítulos en los que se ha dividido el futuro boletín dedicado a *Aliviaderos*, se comentó y discutió el actual contenido de cada uno de ellos entre todos los participantes, y se reasignaron algunas de las tareas previamente establecidas. Además, se analizó toda la información que se ha circulado en el último año entre todos los miembros del Comité Técnico, y se eligieron algunos ejemplos a incluir en el boletín para clarificar todo lo tratado en el texto. Está previsto disponer de un borrador casi definitivo del boletín a finales de 2012. De mucho interés fue la presentación efectuada por el representante de Brasil, en la que se des-



Fig. 1. Reunión del Comité Técnico de presas de hormigón.

cribió el diseño de un aliviadero con capacidad de evacuación por encima de los 110.000 m³/sg, y que está cerrado por compuertas de más de 400 m² de superficie.

D) Comité técnico de presas de hormigón

Representantes españoles:

D. Juan Manuel Buil (Titular) y D. Rafael Ibañez

- **Temas tratados:** Es éste, posiblemente, uno de los comités más numerosos y más activo de todos los de ICOLD, participando el Comité técnico español, espejo del mismo, de forma muy intensa en todos los trabajos que desarrolla aquél. Actualmente los miembros de dicho comité técnico están trabajando en la elaboración de tres nuevos boletines: *Selección de materiales para hormigones de presas*, *Fenómenos expansivos en presas de hormigón* y *Juntas para presas de hormigón*. En relación con el primero, se encuentra en una fase de desarrollo muy avanzada. Con respecto al segundo, se ha cerrado en Kyoto la lista de los 11 ejemplos prácticos que incluirá. En cuanto al tercero y último, que no es más que una actualización del n° 57 de ICOLD, al haber quedado ciertamente obsoleto, un borrador muy avanzado del mismo fue presentado en la reunión de este Comité por parte del Dr. Jia Jhinseng, actual presidente de ICOLD y ponente general del mismo.

Se trabaja también en la elaboración de dos folletos divulgativos titulados *Construcción sostenible de presas de hormigón* y *Puesta fuera de servicio de presas de hormigón. Opciones para su reciclado*. Complementariamente se está trabajando en dos temas de mucho interés:

- a) Una Base de Datos de propiedades físicas de áridos para hormigones de presas
- b) Una actualización de la Base de Datos desarrollada por Acres en 1995 que recogía fenómenos expansivos en hormigones de unas 100 presas, y que se efectúa conjuntamente con el Comité RILEM-ACS. Por último, se propuso en la reunión comenzar a pensar en la necesidad de actualizar el boletín nº 126 Presas de Hormigón Compactado, por los importantes avances habidos en esta materia en los últimos años, así como pensar en elaborar un nuevo boletín que trate del diseño y la construcción de presas tipo Hardfill, al no existir ninguno que trate de forma específica este tipo de presas, ya que cada vez son más frecuente en muchas partes del mundo.

E) Comité técnico de presas de materiales sueltos

Representante español:
Dr. Antonio Soriano

Al igual que el Comité técnico de presas de hormigón, este ha sido históricamente otro de los Comités técnicos más activos de ICOLD. Son muy numerosos los boletines desarrollados y actualizados por este Comité técnico en los últimos años. Actualmente se trabaja en los siguientes:

• Erosión Interna:

Parte 1ª: Erosión interna en presas, diques y sus cimentaciones. Existe actualmente un borrador final muy avanzado, que se ha comentado y discutido en profundidad en esta reunión.

Parte 2ª: Erosión interna en presas y diques existentes. Se dispone actualmente de un borrador muy avanzado del mismo.

• Geotextiles para presas

Se trata de una actualización del conocido boletín nº 55. Durante la reunión se efectuó una presentación del trabajo desarrollado hasta la fecha.

• Presas de núcleo asfáltico

Al igual que el anterior, ante la mayor experiencia existente en el tema a nivel mundial, se sigue trabajando en su redacción, que es una actualización del boletín de ICOLD nº 84 (1992)

• Filtración en presas de materiales sueltos y su control efectivo

Se efectuó durante la reunión una exposición de cual será su estructura definitiva, y se discutieron algunos aspectos no bien aclarados previamente, con el equipo de erosión interna de este Comité Técnico

• Manual FEMA. Filtros para presas de materiales sueltos. Diseño y Construcción.

El representante español sugirió algunos aspectos que deberían ser tenidos en cuenta en la redacción del texto final.

• Optimización de taludes de presas de materiales sueltos

Es este un nuevo boletín propuesto por Irán. Se aprobó comenzar a trabajar en el mismo. En la próxima reunión ejecutiva se expondrá y discutirá un posible índice del mismo y se repartirá el trabajo entre todos los miembros.

G) Comité técnico de medio ambiente

Representante español en la reunión:
D. Fernando Girón

• **Temas tratados:** Se analizó con mucho detalle el texto final titulado: *Declaración de ICOLD sobre las presas y el medio ambiente* (actualización del de 1997), una vez recibidos y discutidos los comentarios de dos Comités Nacionales: Sudafricano y Suizo. Se identificaron a continuación tres posibles áreas de trabajo de mucho interés en el futuro:

- Ejemplos de buenas prácticas ambientales en diseño y construcción de presas
- Aspectos medioambientales positivos de la producción hidroeléctrica





Fig. 2. Reunión del Comité Técnico de Sedimentación de presas y embalses.

– Beneficios socioeconómicos logrados por las presas. Ejemplos prácticos

H) Comité técnico de seguridad de presas

Representante español:
Dr. Juan Carlos de Cea

- **Temas tratados:** Este Comité, el más numeroso de todos los de ICOLD –forman parte de él más de 40 países (más de la mitad de los que constituyen ICOLD)– está en este momento revisando en profundidad las características de las legislaciones en materia de seguridad de presas de todos los países que forman parte del mismo. En este sentido, el grupo de trabajo elegido para llevar a cabo esa actividad envió un cuestionario a todos los países miembros de este Comité, y actualmente está terminando de analizar las 40 respuestas recibidas. En la reunión se analizaron y discutieron las conclusiones preliminares alcanzadas, que posteriormente formarán parte de un informe que se ha previsto enviar a la oficina central de París, a finales de este año, al objeto que se circule posteriormente entre todos los Comités Nacionales que forman parte de ICOLD. Posteriormente, se pasó revista al borrador del documento desarrollado por el presidente del Comité, Andy Ziellinsky, de título: *Aspectos Informativos y Educativos relativos a la gestión de riesgos de presas*, que si bien inicialmente estaba previsto estuviera dirigido a la sociedad, a la vista del debate surgido en el seno del Comité, y de los comentarios efectuados por gran parte de los asistentes, se

concluyó finalmente que podía estar igualmente dirigido a los técnicos relacionados con la seguridad de las presas. El texto casi definitivo del mismo se espera este terminado en un plazo máximo de 2 meses.

I) Comité técnico de seguridad pública alrededor de las presas

Representante español:
Dr. Juan Carlos de Cea

- **Temas tratados:** Era la segunda vez que se reunía este Comité. La primera tuvo lugar el pasado año en Lucerna. En la reunión se analizó especialmente cómo tratan algunos países, sus legislaciones, este aspecto. Se concluyó que a la vista de la gran variabilidad existente entre ellas y las notables ausencias de regulación en este sentido en muchos países, incluso muy desarrollados, sería bueno elaborar un boletín que analice cuales son las normas básicas de buena práctica a este respecto, trabajando de forma conjunta con otro Comité, el N: Concienciación Pública y Educación, teniendo además en cuenta el informe elaborado a principios de este año por el Club Europeo de ICOLD de título: *Seguridad Pública de Presas*³. Complementariamente, y a propuesta de Francia, se decidió completar la base de datos de incidentes creada y presentada por Canadá el pasado año, con datos de todos los países miembros, convenientemente clasificados (actividades de riesgo muy alto, medio, bajo o muy bajo), trabajo que se consideró puede ser una magnífica referencia de las actividades desarrolladas por este Comité.

J) Comité técnico de sedimentación de embalses

Representante español:
Dr. Juan Carlos de Cea

- **Temas tratados:** Como primera actividad se ha previsto revisar y cerrar el boletín desarrollado por el anterior equipo que formaba este Comité, titulado *Sedimentación y uso sostenible de ríos y embalses*.

(3) Descargable en la dirección: <http://cnpqg.inag.pt/icold-Club/index.htm>

Posteriormente, se pasó revista a todos los boletines de ICOLD que tratan el tema de la sedimentación desde diversas ópticas, al objeto de analizar qué temas de interés actual se tratan parcialmente, han quedado obsoletos, o no están contemplados en ellos.

En este sentido, dos de los principales debates mantenidos en el seno de este Comité fueron los relativos a cual debe ser la cuantía máxima admisible de sólidos en suspensión en el agua para que éstos no dañen las turbinas de los saltos hidroeléctricos, y en segundo lugar, cómo tratan las legislaciones medioambientales de los países miembros, si es que lo hacen, la cuantía máxima de sólidos en suspensión en el agua en el caso de aperturas normales de los órganos de desagüe de fondo y medio fondo, al objeto de que no alteren los ecosistemas acuáticos situados aguas abajo. Para la siguiente reunión está previsto analizar este aspecto con mucho más detalle, basándose en algunas experiencias llevadas a cabo por Japón, Francia y Suiza.

M) Comité técnico de operación, mantenimiento y rehabilitación de presas

Representante español:
D. Fernando Girón

- **Temas tratados:** Algunos miembros de este Comité se reunieron de manera informal y de forma muy breve, al no haber habido una convocatoria oficial previa. Se concluyó que hay que retomar los trabajos realizados en la etapa anterior, para cerrarlos definitivamente, en la siguiente reunión ejecutiva. Concretamente se ha previsto cerrar dos boletines: *Explotación y Mantenimiento de Presas*, y *Trabajos bajo el agua*, así como actualizar un boletín hoy considerado obsoleto: *Explotación de estructuras hidráulicas de presas*, al que se añadirán algunos ejemplos prácticos más una vez se decida cuáles pueden ser los más representativos.

N) Comité técnico de Concienciación Pública y Educación

Representante español:
Dr. José Polimón

- **Temas tratados:** Se analizaron diversas iniciativas en esta área efectuadas por Japón y Estados Unidos. El representante español describió el *Master Internacional sobre Seguridad y Explotación de Presas y Balsas*, cuya segunda edición acaba de finalizar, y comienza la tercera el próximo mes de setiembre. Una iniciativa parecida está desarrollando actualmente Suecia a través del Centro Sueco de Hidroelectricidad. Además se está trabajando en un Plan de Comunicación de ICOLD, para el que existen dos versiones. Una larga, que puede ser más interesante, y una corta, más amigable y que es la que se va a circular a los distintos Comités Nacionales, para comentarios.

El responsable de comunicación de ICOLD informó posteriormente a los asistentes a la reunión que la oficina de ICOLD en París ha propuesto que cada Comité Nacional nombre un Portavoz, al objeto de que sea su interlocutor para transmitir mensajes precisos, uniformes y claros, a nivel mundial, de cual es la posición de ICOLD en diversas materias relacionadas con las presas, el agua, el medio ambiente y la energía.

Igualmente, se ha considerado que es muy importante dar una mayor publicidad a ICOLD en ciertos eventos internacionales, para lo cual se ha previsto crear un conjunto de dípticos, panfletos y Póster, en los que se vea claramente qué es ICOLD, qué misiones tiene, y cuáles son los mensajes que esta organización quiere transmitir a la sociedad.

O) Comité técnico de registro de presas y de documentación

Representante español:
D. Raimundo Lafuente

- **Temas tratados:** El nuevo Comité Técnico está trabajando en la corrección de los muy numerosos errores comunes localizados en la nueva edición del registro mundial de presas, que puede consultarse en la web oficial de ICOLD y en el que están incluidas más de 37.600 grandes presas, de las cuales un 99% están en países miembros de ICOLD.

A la vista de esos datos, España, con 985 grandes presas, ocupa ahora la 7ª plaza a nivel mun-



dial, manteniendo la primera posición a nivel Europeo.

Se ha propuesto en la reunión que cada Comité Nacional compruebe los datos básicos de las presas de su país, que analice los posibles errores, y que de forma complementaria, y de forma paulatina vaya añadiendo coordenadas geográficas o longitud y latitud de cada una de ellas y que aquellas que a juicio de cada Comité tengan un especial interés desde el punto de vista histórico o cultural, se cataloguen de forma ligeramente distinta a las restantes, con un formato que se irá definiendo en sucesivas reuniones del Comité Técnico.

S) Comité técnico de evaluación de avenidas y seguridad de presas

Representante español:
Dr. Luis Berga

- **Temas tratados:** Alemania, Corea del Sur, Francia, Suecia y Rusia presentaron de que forma abordan en la práctica la gestión de avenidas. Alemania está abordando dicha gestión a través del análisis de riesgos. Corea está construyendo un total de 16 pequeños embalses de laminación en 4 ríos y está proyectando un sistema de recarga de acuíferos en época de avenidas. Francia está abordando la redacción de una Guía de gestión de avenidas. Suecia ha desarrollado una aplicación informática de modelización de avenidas en sistemas fluviales en la que está previsto que en el año 2015 estén incluidos un total de 6000 km de ríos. Rusia, después del accidente de la central hidroeléctrica de Sayano, está desarrollando un conjunto de proyectos de control de avenidas y de sistemas de aviso a la población. Complementariamente, está previsto redactar un boletín de título *Evaluación de avenidas y seguridad de presas*, habiéndose repartido durante la reunión los capítulos a redactar y los temas a incluir en ellos, entre los distintos países asistentes.

U) Comité del papel de las presas en el desarrollo y en la gestión de los ríos

Representante español:
Dr. Enrique Cifres (Presidente del mismo)

- **Temas tratados:** El presidente expuso los nuevos términos de referencia aprobados para este Comité Técnico, y a continuación solicitó a los asistentes que en el plazo máximo de 6 meses propongán casos que ejemplifiquen un adecuado desarrollo y una buena gestión práctica de sistemas fluviales. La elección de los ejemplos a analizar en el futuro con más detalle se realizará, tras el consiguiente debate, en la próxima reunión anual.

El representante turco expuso las dificultades de gestionar adecuadamente las avenidas en ciertos ríos compartidos por varios países, centrándose en el caso del río Meric (Maritsa o Evros), que su país comparte con Bulgaria.

El representante español expuso a los asistentes las ventajas que, incluso en esos casos, supone la gestión de avenidas a nivel de cuencas hidrográficas, como ocurre en España.

Por último, se ha invitado a los representantes egipcios a que presenten en la próxima reunión anual el caso del alto Aswan.

Y) Comité técnico de cambio climático y presas

Representante español:
Dr. Francisco Javier Sánchez

- **Temas tratados:** Se debatió y revisó durante la reunión la última versión existente del boletín que está desarrollando este Comité, redactada en un porcentaje superior al 60%. Se ha revisado totalmente la estructura y consistencia de los distintos capítulos y apartados del mismo, se han repartido los trabajos de revisión del nuevo texto y se ha concluido que en la siguiente reunión anual debería aprobarse el texto definitivo para, a continuación, enviarlo a la oficina central de París para su traducción al Francés y para su edición definitiva.

3. Reunión del Club Europeo de ICOLD

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 21 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 Kyoto, el 4 de junio, entre las 15.30 y las 17.30, estuvieron presentes representantes de gran parte de los países miembros, estando presidida por D. José Polimón (España), y ejerciendo como secretario, D. Ignacio Escuder. Asistieron a dicha reunión, por parte del Comité Nacional Español de Grandes Presas, D. Juan Carlos de Cea (Secretario General del mismo) y D. Fernando Girón.

La reunión dio comienzo tras aprobar el acta de la anterior.

En la reunión mantenida por el Club en 2010 en Innsbruck, se aceptó la idea de que el mandato del presidente del Club cubriera un período de tres años, precisamente el tiempo habitual entre Simposios organizados por el Club. Por ese motivo, el actual presidente se presentaba a la reelección hasta el año 2013, aceptándose por parte de todos los asistentes.

El Presidente agradeció a todos los asistentes los esfuerzos realizados para dinamizar las actividades del Club, y muy especialmente al portugués D. Jose Rocha Afonso, por los trabajos de actualización realizados en la web del Club y por incluir en ella los Informes finales de *Inundaciones y Seguridad Pública, Seguridad de presas existentes*, Legislación de seguridad de presas, así como el Acta de la reunión mantenida en Lucerna en 2011.

A continuación, el Presidente expuso la necesidad de impulsar en el Simposio que se celebrará en Venecia el próximo año 2013 una experiencia de formación piloto a nivel europeo, de estructura similar a la del Master Internacional de seguridad y explotación de presas y balsas organizado en España, con objeto de que el programa casi definitivo se presente y publicite en la Reunión Ejecutiva Anual de ICOLD en Seattle, el próximo año.

Por último, el Presidente presentó a los asistentes el estado de los trabajos realizados hasta el momento de organización del 6º Simposio Internacional de Presas de Hormigón Compactado, que tendrá lugar en Zaragoza el próximo Octubre y que se organiza conjuntamente entre SPANCOLD y CHINCOLD, con el apoyo del Club Europeo de ICOLD.

D. Giovanni Ruggeri, Presidente del Comité Nacional Italiano de Grandes Presas, realizó a continuación una presentación del 9º Simposio del Club Europeo de ICOLD, evento que tendrá lugar en Venecia en abril de 2013. Para más información recomendó visitar la web (<http://www.2013eurdamsymposium.it/home/home.aspx>).

3.1. Grupos de Trabajo del Club

D. Urban Norstedt, presidente del grupo de trabajo de Seguridad Pública, presentó a los asistentes el contenido y conclusiones del Informe Final elaborado por ese grupo (es descargable gratuitamente en la web: <http://cnpqb.inag.pt/IColdClub/index.htm>).

D. Jean-Jaques Fry, presidente del grupo de trabajo de *Erosión Interna*, no estuvo presente en la reunión, pero había mandado previamente un Informe de avance de actividades, que se incluyó como Anejo en la Agenda de la reunión.

D. J. Rocha Afonso, presidente del grupo de *Seguridad de Presas*, tampoco pudo asistir a la reunión, pero como se ha indicado con anterioridad, el Informe final elaborado por el grupo, pendiente de ser aprobado por el Club, se encuentra colgado en la web: <http://cnpqb.inag.pt/IColdClub/index.htm>.

D. Massimo Meghella, presidente del grupo de trabajo *Seguridad de Presas. Evaluación y Gestión de riesgos*, tampoco pudo asistir a la reunión, pero D. Ignacio Escuder presentó el avance de los trabajos realizados por dicho grupo.

4. 80ª Reunión Ejecutiva Anual

La reunión ejecutiva anual de ICOLD se celebró el martes 8 de junio en el Centro de Convenciones de Kyoto. Comenzó a las 10 h de la mañana y terminó a las 17:30 h, tras un paréntesis de una hora para comer.

La reunión estaba presidida por D. Jia Jhinseng, cuyo mandato terminaría tras la finalización del XXIV Congreso Internacional de Grandes Presas. Estaba vicepresidida por D. Giovanni Ruggeri (Italia), D. Werner Floegl (Austria), D. Alejandro Pujol (Argentina), D. Inmo Epko (Nigeria), D. Phan Hong Giang (Vietnam) y D. Tadahiko Sakamoto (Japón), ejerciendo como secretario 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 y su Secretario General, D. Juan Carlos de Cea.

De los 95 países que actualmente están integrados en ICOLD, asistieron a la reunión un total de 63.

Se han recibido nuevas peticiones de adhesión a ICOLD a lo largo del último por parte de Togo, Tanzania y Myanmar.





Fig. 3. Reunión de la ejecutiva anual.

Dos candidatos optaban al puesto de presidente de ICOLD para el mandato 2012-2015: D. Andy Zielinsky (Canadá), presentado por el Comité Nacional Argentino, y D. Adama Nombre (Burkina Faso), presentado por la Sociedad Británica de Presas. Tras las correspondientes votaciones, y una vez efectuado el recuento de votos, resultó elegido este último.

A continuación, al haber terminado el mandato de dos de los seis Vicepresidentes, se procedió a la elección de los nuevos para el período 2012-2015. Por parte de la zona Europa, había dos candidatos, D. Anton Schleiss (Suiza) y D. José Polimón (España), cuya presentación fue realizada por los representantes del Comité Nacional Austríaco e Italiano, respectivamente. Tras la correspondiente votación fue elegido D. Anton Schleiss. Con respecto al otro puesto vacante, el único candidato presentado fue D. George Basson (Sudáfrica), que resultó elegido.

A continuación el representante del Comité Americano de grandes presas (USSCOLD), D. Michael Rogers, informó a los asistentes a la reunión del avance de los trabajos preparatorios para organizar la reunión ejecutiva anual el próximo año, 2013, en Seattle, entre los días 12 y 16 de agosto. Se ha publicado ya el boletín inicial de la reunión, que puede examinarse con detalle en la web: www.ussdams.org/

Para albergar la reunión ejecutiva anual de 2014, la oficina central de París recibió el pasado año un total de tres invitaciones procedentes de India, Sri Lanka e Indonesia. Las delegaciones de los tres comités efectuaron sendas presentaciones de sus países y de cómo han previsto organizar la reunión. Tras la correspondiente votación, Indonesia fue el país finalmente elegido.

En lo que se refiere al lugar de celebración del siguiente congreso internacional de grandes presas (XXV), en el año 2015, Noruega ha sido el único país que ha mostrado interés en organizarlo.

De igual forma, Sudáfrica y la república Checa, presentaron su candidatura para acoger las ejecutivas de 2016 y 2017, respectivamente.

Se trató a continuación todo lo que tiene que ver con la organización interna de ICOLD, Comités Técnicos, prorrogas de sus mandatos, elección de vocales para los mismos, situación de boletines, estado de los trabajos encomendados, etc.

SPANCOLD ha aprovechado la ocasión para publicitar en la reunión ejecutiva dos eventos importantes. El primero, la celebración el próximo mes de octubre del 6º *Simposio Internacional sobre presas de hormigón compactado*, organizado conjuntamente con CHINCOLD, y al que se han presentado hasta este momento más de 140 resúmenes de artículos (www.rcc2012.es), y en segundo lugar, el comienzo en setiembre de la 3ª edición del *Master Internacional sobre explotación y seguridad de presas y balsas* (www.spancold.es/master2012).

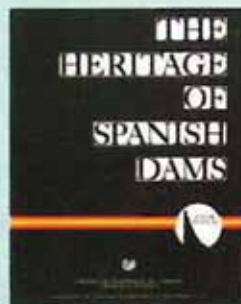
Por último, indicar que durante la reunión ejecutiva se hizo la presentación oficial de la declaración mundial de ICOLD relativa al *almacenamiento de agua para un desarrollo sostenible*, emitida conjuntamente con la Comisión Internacional de Riegos y Drenaje (ICID), la Asociación Internacional de Hidroelectricidad (IHA) y la Asociación Internacional de Recursos Hidráulicos (IWRA). Dicha declaración concluye que:

- a) el almacenamiento de agua es básico para el desarrollo de la humanidad
- b) la inversión en infraestructuras de almacenamiento es inversión en economía verde
- c) los servicios que suministran las infraestructuras de almacenamiento pueden ayudar a mitigar los efectos de cambio climático
- d) la combinación de embalses pequeños, medianos y grandes es básica para lograr un adecuado grado de desarrollo sostenible.

5. Simposio internacional

Es habitual en todas las reuniones ejecutivas anuales que coinciden con la celebración de un congreso

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.)



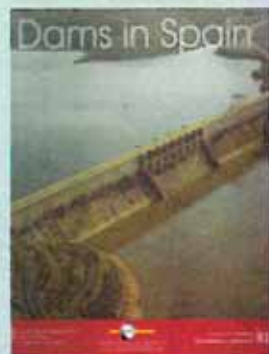
HISTORIA DE LAS PRESAS. LAS PIRÁMIDES ÚTILES.

(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 Saleté,
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 II: Construcción- Explotación y obras a posteriori.
(6ª edición).

Eugenio Vallarino
(con la colaboración de Guillermo Bravo Guillén, Fernando Girón Caro y Eduardo Saleté Díaz).
2006. 17,5 x 24,5 cm. (332 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 Saleté Díaz).
2006. 17,5 x 24,5 cm. (798 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 I
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.

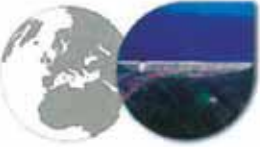


Nº 7. AUSCULTACIÓN DE PRESAS Y SUS CIMENTOS
Varios autores. 2004.
162 págs.

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

World declaration Water Storage for Sustainable Development



In 2050 world population will likely exceed nine billion inhabitants

The global human population, both now and in the future, is dependent on water. Water is essential for all life, and its availability is a key factor in the development of all societies. The world's population is growing rapidly, and the demand for water is increasing. The world's water resources are being depleted, and the quality of the water is declining. The world's water resources are being depleted, and the quality of the water is declining. The world's water resources are being depleted, and the quality of the water is declining.

The continuously increasing demands of water, food and energy will challenge the natural resources. We need to face this exceptional situation because at the same time:

- Due to climate change, water distribution may become more irregular, and climate change is becoming a global challenge with serious impacts on human development.
- Water is essential for all life, and its availability is a key factor in the development of all societies. The world's population is growing rapidly, and the demand for water is increasing. The world's water resources are being depleted, and the quality of the water is declining. The world's water resources are being depleted, and the quality of the water is declining.

Water is precious and water storage infrastructure will become increasingly important!

Water is essential for all life, and its availability is a key factor in the development of all societies. The world's population is growing rapidly, and the demand for water is increasing. The world's water resources are being depleted, and the quality of the water is declining. The world's water resources are being depleted, and the quality of the water is declining.

Water storage infrastructure is essential for sustainable development. It is essential for the development of all societies. The world's population is growing rapidly, and the demand for water is increasing. The world's water resources are being depleted, and the quality of the water is declining. The world's water resources are being depleted, and the quality of the water is declining.

Humanity is facing a new water storage challenge: it has never faced in the past.

Humanity is facing a new water storage challenge: it has never faced in the past. Humanity is facing a new water storage challenge: it has never faced in the past. Humanity is facing a new water storage challenge: it has never faced in the past.

Approved on 3rd June 2012 in Kyoto, by:
The International Commission on Large Dams (ICOLD),
The International Hydropower Association (IHA),
and the International Water Resources Association (IWRA).

Fig. 4. Declaración de ICOLD: Almacenamiento de agua para un desarrollo sostenible (Junio 2012, Kyoto).

- a) El Papel de las presas para mitigar los efectos del cambio climático en países en vías de desarrollo (D. Francisco Sánchez Caro, Dña. Elena Martínez y D. Alfonso Pérez Estébanez)
- b) La movilidad de la Ingeniería de presas hacia la sostenibilidad (D. José Polimón y D. Fernando Giron).

6. XXIV Congreso Internacional de Grandes Presas

Como es habitual en todos los Congresos Internacionales de Grandes Presas organizados por ICOLD, en el XXIV, y en cuatro sesiones en jornada de mañana y tarde, se han tratado otras tantas cuestiones con la siguiente temática:

Cuestión nº 92: Técnicas medioambientales amigables en presas y embalses

Cuestión nº 93: Seguridad

Cuestión nº 94: Evacuación de avenidas

Cuestión nº 95: Envejecimiento y actualización 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 seleccionados para ser presentados en las sesiones a los asistentes a cada una de ellas, se describirán con un alto grado de detalle, como ya es habitual, en los cuatro artículos que se incluirán en un número monográfico de la Revista de Obras Públicas relativo a este Congreso Internacional de Grandes Presas.

En lo que se refiere al número de artículos enviados por los autores españoles a este XXIV Congreso Internacional, distribuidos por cuestiones, y el número de ellos que fueron seleccionados por el General Reporter para ser presentados en las mismas, se incluyen en la siguiente Tabla, para su examen y análisis. ♦

Tabla				
	Q-92	Q-93	Q-94	Q-95
Enviados	2	7	4	5
Seleccionados para ser presentados	1	1	2	4

80th Executive ICOLD Annual Meeting and 24th International Congress on Large Dams

The current Constitution's text establishes the obligation ICOLD's central office to organize an annual meeting of all member countries to discuss and debate all issues related with its internal organizational form, renewal or election of officers, fund management, studies and activities to be developed by Technical Committees, work progress, problems encountered during the development of the works, interferences among committees, bulletins that are going to be published, etc.

The paper describes firstly the main issues discussed in the technical committees meetings, in which the Spanish delegation of SPANCOLD was involved, fourteen in total.

Then, it details what topics were discussed in the meeting of the European Club of ICOLD, currently chaired by Spain, which also holds the General Secretariat, and the main issues that were discussed and the main conclusions reached in the annual executive meeting held by all the National Committees in Kyoto, being remarkable the election of the new President for the triennium 2012-2015, Mr. Adama Nombre, from Burkina Faso, and the approval of the so-called Word declaration for sustainable development by ICOLD, ICID, IHA, and IWRA.



Meeting of Technical Committee on Concrete dams.

Moreover, the International Congresses on Large Dams organized by ICOLD for over 80 years, represent the best opportunity for meeting with dam experts worldwide to discuss and debate topics of interest -usually 4 per Congress-, and to exchange experiences, especially between developed and developing countries. The article gives a question's overview and describes the number of articles submitted by Spanish authors, divided by questions, and the number of them finally presented in each session. ♦



Meeting of Technical Committee on sedimentation of reservoirs.



Executive annual meeting.



Técnicas respetuosas con el medio ambiente en presas y embalses

Environmental friendly techniques for dams and reservoirs

Revista de Obras Públicas
nº 3.536. Año 159
Octubre 2012
ISSN: 0034-8619
ISSN electrónico: 1695-4408

Raimundo José Lafuente Dios, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Vocal del Comité Nacional Español de Grandes Presas.
Director Técnico, Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza (España). rlafuente@chebro.es
Irene Domingo Comeche, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Jefe de Servicio, Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza (España). idomingo@chebro.es

Resumen: En este artículo se analizan y resumen las contribuciones presentadas en la cuestión "Q92. Técnicas respetuosas con el medio ambiente en presas y embalses", desarrollada durante el XXIV Congreso Internacional de Grandes Presas celebrado el pasado mes de junio en Kyoto, Japón.

Palabras Clave: Presas; Embalses; Medio Ambiente; Sostenibilidad; Medidas Correctoras; Medidas Compensatorias; Calidad del agua; Sedimentación

Abstract: This paper analyzes and summarizes the contributions submitted to "Question 92. Environmental friendly techniques for dams and reservoirs", which took place during the XXIV International Congress on Large Dams, held last June in Kyoto, Japan.

Keywords: Dams; Reservoirs; Environment; Sustainability; Mitigation measures; Compensation measures; Water quality; Sedimentation

1. Introducción

El tema del medio ambiente es un tema que se lleva tratando de manera regular en los congresos del ICOLD desde 1973, a veces de forma generalista, como en Madrid 1973, con la Cuestión Q40 "consecuencias en el medio ambiente de la construcción de presas", y otras veces haciendo hincapié en un tema concreto, como en Brasilia 2009, con la Cuestión Q89 "Gestión de la sedimentación en presas nuevas y existentes".

En este Congreso, se ha dedicado una Cuestión entera a las técnicas respetuosas con el medio ambiente, dividiéndose en cuatro subtemas:

- 92.1. Técnicas respetuosas social y medioambientalmente en la planificación, proyecto y construcción de presas.
- 92.2. Medidas correctoras y compensatorias.
- 92.3. Problemas relacionados con la calidad del agua y la sedimentación.
- 92.4. Gestión sostenible de presas y embalses.

Se han presentado un total de cuarenta (40) artículos en esta cuestión, relatando experiencias de todas las partes del mundo (Europa- 19, Asia- 15, África- 3, América- 2 y Australia- 1), de los cuales se expusieron en el congreso un total de 20, 5 por cada subtema. Estos artículos dan una idea general del estado del arte en la cuestión medioambiental en el mundo y en España, a través de las aportaciones realizadas por la delegación española (ver Tabla 1).

2. Ponencia del relator general

La ponencia del relator general, Mr. Joji Harada, Senior Advisor en Yhagi Construction Co. Ltd. en Japón, hace una primera introducción en la que repasa históricamente el tratamiento dado por el ICOLD a este tema, tanto en congresos como en boletines y papers, para luego hablar del porqué de la necesidad de tomar en consideración el medio ambiente en la Ingeniería hidráulica, las compensaciones a la población afectada y la necesidad de mitigar los impactos

Se admiten comentarios a este artículo, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de diciembre de 2012. Recibido: septiembre/2012. Aprobado: septiembre/2012



Tabla 1.

País	Número de artículos	Nº Q
Australia	1	3
Bulgaria	1	9
Canadá	1	4
China	5	28,29,30,31,32
E.E.U.U.	1	26
Eslovenia	1	13
ESPAÑA	2	22,23
Francia	7	12,14,18,19,20,24,25
Indonesia	1	33
Irán	1	5
Japón	8	27,34,35,36,37,38,39,40
Marruecos	1	2
Polonia	1	6
República Checa	1	1
Rumanía	1	10
Rusia	2	7,8
Sudáfrica	2	15,21
Suiza	3	11,16,17
TOTAL: 18	40	

(medidas correctoras), tanto medioambientales como sociales de la construcción y explotación de presas.

Posteriormente hace un análisis de los artículos entregados por subtema. El relator general no divide los artículos específicamente por subtemas, sino que en su ponencia trata los temas y menciona en cada apartado los artículos que tienen que ver con él. Así, por ejemplo, el artículo (R 23), que habla de los diques de cola de la Cuenca del río Ebro, en España, es mencionado en los subtemas de técnicas respetuosas, medidas correctoras y calidad del agua (ver Tabla 2).

Hay dos artículos que, aunque se remitieron como relativos a esta cuestión medioambiental, no se pueden vincular a ningún subapartado. Estos son el (R 9), de Bulgaria, que habla de seguridad en presas, y el (R 11), de Suiza, que describe la gestión de caudales en un sistema de varios embalses en el río Saane.

3. Q92.1. Técnicas respetuosas social y medioambientalmente en la planificación, proyecto y construcción de presas

Con respecto a este subtema, el relato general se queja de que los ingenieros del ICOLD se centran demasiado en la parte de la planificación proyecto y construcción de presas y poco en la parte de técnicas respetuosas social y medioambientalmente.

Xu Zeping (R 28) describe en su artículo las tecnologías aplicadas en la construcción de presas modernas de escollera en China. Estas tecnologías incluyen mejora de materiales, tratamiento de la cimentación y filtraciones principalmente. El autor muestra la idoneidad de los suelos de grava (Gravelly soil) para núcleos de presas de escollera con núcleo de tierras, siempre que el material esté debidamente graduado y supervisado por el ingeniero proyectista.

Zhang Zongliang y otros (R 29) explican los estudios de materiales llevados a cabo para el diseño de la presa de Nuozhadu, en China, de 261 m de altura de escollera con un núcleo compuesto por suelo mezclado artificialmente con piedra procedente de machaqueo y gravas.

El departamento de Ingeniería Hidráulica de la Universidad de Tsinghua, en China presenta un artículo (R 30) sobre la presas de RFC (Rock Filled Concrete, u Hormigón Relleno de Roca), un nuevo tipo de tecnología del hormigón para la construcción de

Tabla 2.

Subtema	Número de Artículos	Nº Q
Q 92.1	7	7, 23, 26, 28, 29, 30, 39
Q 92.2	12	3, 4, 12, 14, 15, 20, 22, 23, 25, 31, 36, 37, 40
Q 92.3	18	3, 5, 6, 10, 15, 16, 17, 18, 19, 23, 24, 27, 31, 32, 34, 36, 37, 38
Q 92.4	10	1, 2, 8, 13, 14, 20, 21, 25, 33, 35,
No vinculados directamente a ningún subtema	2	9,11



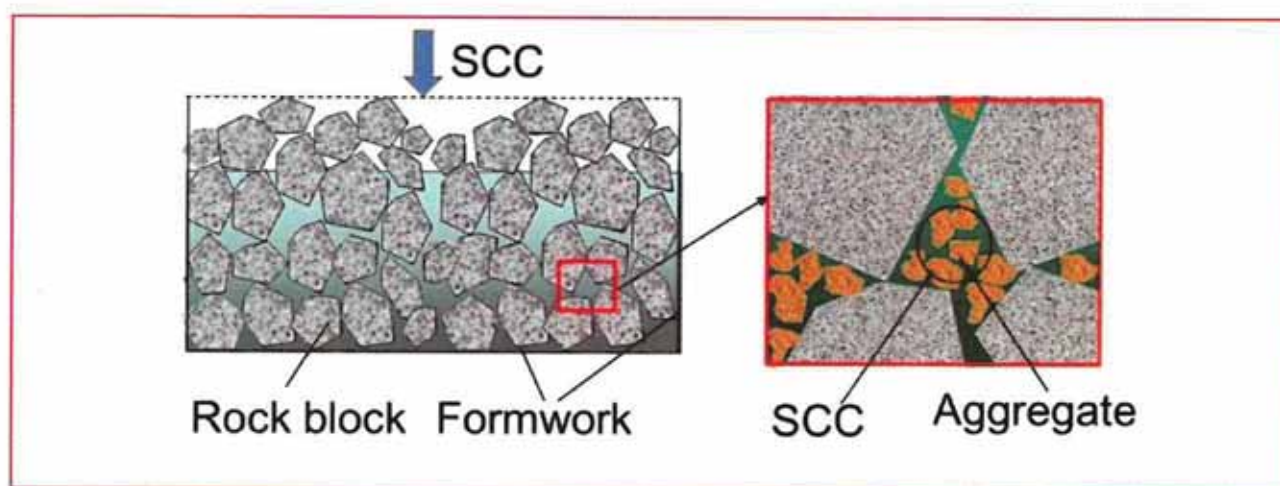


Fig. 1.
Composición
del RFC, Rock
Filled Concrete.

presas, que se desarrolla sobre la base de la tecnología de hormigón autocompactante (SCC o Self Compacted Concrete). El RFC se produce al llenar el espacio vacío entre los bloques de roca con SCC debido a su buena fluidez y poca tendencia a la segregación. Según los autores, la técnica de RFC muestra grandes ventajas en la construcción de presas, por su alta eficiencia a bajo coste, además de bajo calor de hidratación y baja carga ambiental.

La tipología de presas de CSG (Cemented Sand and Gravel, que, traducido al español, sería una grava/arenacemento) es una nueva tipología de presas que se está desarrollando en Japón, que según los autores del artículo (R 39) reduce el uso de materiales y racionaliza el diseño y la construcción. Hasta hace poco se había usado solamente para estructuras complementarias, como ataguías, etc, pero entre 2009 y 2010 se construyó la primera presa de esta tipología, la presa de Tobesu, y actualmente está en construcción la presa de Okukubi, con previsión de finalización para 2012. El relator general echa en falta en este artículo el enfoque desde el punto de vista medioambiental de estas presas, ya que no se habla de los beneficios que esta tipología puede aportar en temas de reducción de emisiones, materiales o plazo de ejecución.

En el embalse de San Justo, E.E.U.U., Graham Bradner y otros (R 26) han utilizado la teoría de ondas para incrementar paulatinamente el nivel de operación del embalse, que había sido restringido a cotas inferiores a la de N.M.N por problemas de inestabilidad de laderas. En la primera fase de este estudio, los autores han ido incrementando el nivel de embalse por pulsos, y han evaluado el comportamiento tanto de las

tracciones aguas abajo de la presa como las inestabilidades del terreno en cada parada, de manera que se tiene un conocimiento del comportamiento del embalse a cada nivel, y se puede estimar el nivel de operación óptimo del embalse.

EL artículo (R 7), de Rusia, habla de una central de energía mareomotriz en el mar de Barents. Los autores, pertenecientes al Russian Scientific-Research Institute of Energy Structures (JSC NILES RusHydro), enfatizan las bondades de este método en materia medioambiental en contraposición con las centrales hidroeléctricas a pie de presa, ya que se evita la inundación de terrenos, y las unidades permiten el paso de plancton y de peces, eliminando el efecto barrera.

Por último, en este subapartado se incluye también el artículo (R 23), que relata la experiencia de la Confederación Hidrográfica del Ebro en la construcción de embalses de cola para usos medioambientales y sociales en distintos embalses de la cuenca del Ebro.

4. Q92.2. Medidas correctoras y compensatorias

4.1. Cambios en el régimen de caudales

Las centrales fluyentes construidas a pie de río no suelen tener problemas con el flujo de caudales. Pero las centrales en derivación, sí suelen dejar un tramo de río con un caudal muy inferior al natural entre la toma y la salida de la central. Los ingenieros de la Shinanogawa Power Station, en Japón exponen en su artículo (R 40) los estudios realizados en la presa

mencionada para racionalizar la suelta de caudales de manera que se garantice el caudal ecológico en todo el tramo entre la toma y la salida de la central.

El artículo (R 4), presentado por AECOM e Hydro-Québec describe las medidas ejecutadas en el proyecto de las centrales en el río Rupert en Canadá para reducir los impactos ambientales de los ríos afectados por la derivación de caudales para estas centrales.

En Guinea, para la regulación de la presa del río Fomi, (R 14) se ha utilizado un modelo de análisis multicriterio con un total de 5 escenarios distintos. Como resultado de este análisis, se ha recomendado la suelta de avenidas artificiales de hasta 24 días de duración para reducir los efectos producidos por la ausencia de avenidas y la falta de aportes sólidos aguas abajo de la presa.

David Van Wyk y otros describen en su artículo (R 15) el caso de la presa del río Berg, la primera en Sudáfrica en incorporar estructuras que permiten liberar al río caudales ecológicos distintos, para épocas secas y de lluvias. Esto se logra a través de niveles a distintas cotas en la torre de desagüe.

4.2. Hábitats de organismos vivos

La construcción de presa afecta a los hábitats naturales por la formación de embalses, la excavación de canteras, la construcción de variantes, etc., además de romper la continuidad entre los ecosistemas de aguas arriba y aguas abajo de la presa, dividiendo los hábitats y las zonas de reproducción de fauna y flora.

En los últimos años ha crecido la concienciación social en temas ambientales, y se han llevado a cabo numerosas acciones encaminadas a conservar los ecosistemas en los proyectos de presas.

El organismo de cuenca del río Níger, la Niger Basin Authority (NBA)(R 14) ha desarrollado un plan de acción sostenible, que ha sido utilizado en el proyecto de la presa del río Fomi. El análisis multicriterio utilizado ha tenido en cuenta la existencia de una garganta y un bosque de alto valor medioambiental, que ha hecho que entre las acciones correctoras resultantes de este plan de Acción Sostenible esté la reducción de la altura total de la presa. Otra medida contemplada es la producción de avenidas

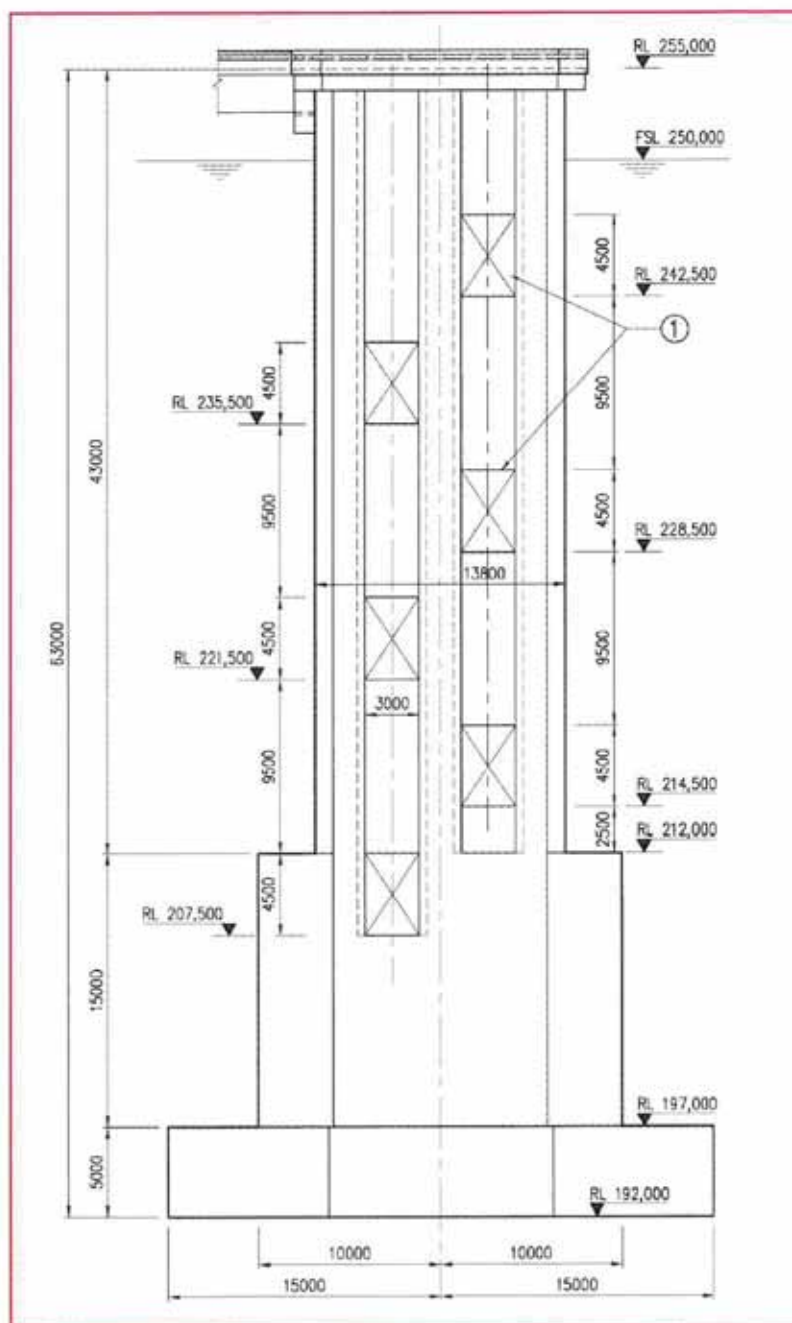


Fig. 2. Sección del desagüe de fondo de la presa del río Berg. Vista de las tomas a diferentes cotas.

artificiales de hasta 24 días de duración, como se comentó en el apartado anterior.

En Canadá, en el diseño de los azudes del río Rupert (R 4), se ha decidido optar por una estructura de 8 pequeños azudes distribuidos en 314 km de río para la explotación hidroeléctrica de los mismos, y así mantener los niveles del río lo más similares a los naturales, limitando el impacto. Además, se han creado áreas de freza y escalas de peces para compensar las pérdidas de hábitats naturales.

En el proyecto de la planta hidroeléctrica más grande de Laos en la actualidad, la presa de Nam Theum 2, se han llevado a cabo numerosos estudios en el área medioambiental y social que se resumen en el artículo (R 25). En el campo de protección de especies y hábitats, se ha llevado a cabo un estudio de la población piscícola de la zona que ha resultado en datos tan sorprendentes como la catalogación de 20 nuevas especies de peces diferentes. Estos estudios se han centrado en la protección de especies protegidas y sus ecosistemas, y en la resolución de los llamados conflictos Humano-Elefante, en colaboración con la NGO, Sociedad de Conservación de la Vida Salvaje. Además, se ha llevado a cabo un proyecto de rescate y relocalización de especies prioritarias hacia la Reserva Protegida de Nakai-Nam, cercana a la presa.

4.3. Medidas para especies protegidas

El relator general hace varios subapartados en esta cuestión: avifauna, fauna piscícola y flora.

En el tema de la avifauna, hace especial énfasis en la protección de las aves rapaces y endémicas y destaca la labor realizada en el embalse de Don Melendo (R 22), en España, en el que se ha creado un humedal artificial para el establecimiento de aves migratorias cerca de la Reserva natural del Parque de Doñana.

En el caso de la fauna acuática, hay dos aspectos a tratar en el ámbito de los embalses: el efecto barrera y el cambio en los ecosistemas producido por la sustitución de un hábitat con agua fluyente por otro de aguas tranquilas o estancadas.

La Compagnie d'aménagement des Coteaux de Gascogne (CACG), compañía que gestiona el territorio en la zona de la Gascuña francesa, expone en su artículo (R 20) los resultados de varios estudios destinados a clarificar el impacto de los embalses en la diversidad de la fauna piscícola. Estos resultados demuestran que existe una diferencia significativa entre las poblaciones lacustres y las asociadas a un río fluyente. Según el artículo la transformación del ecosistema va acompañada de una renovación total de las comunidades de peces existentes.

El efecto barrera provocado por los embalses y las consecuencias de este en la fauna piscícola es un tema que ha sido tratado en varios artículos presentados para este Congreso. En concreto, en Shinanogawa, Japón (R 40) se han llevado a cabo estudios que han conducido a la modificación de la escala de peces existen-

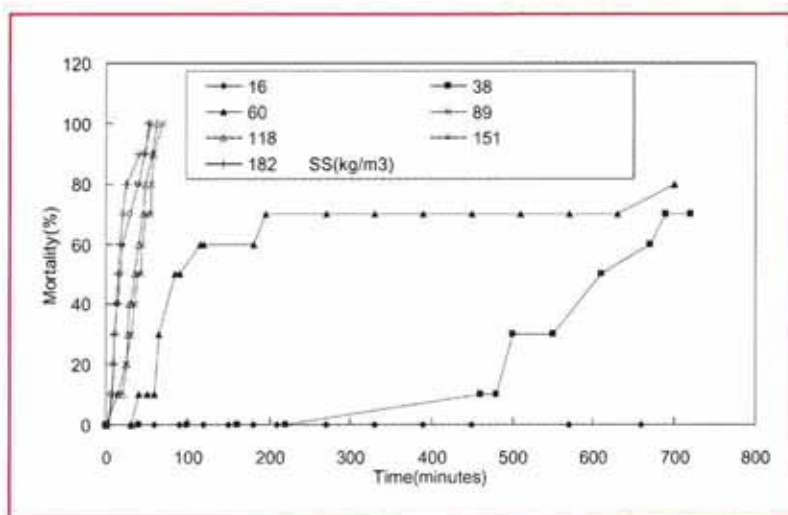


Fig. 3. Variación de la mortalidad de *Cyprinus carpio* con el tiempo a diferentes concentraciones de sólidos en el agua.

te en la presa, de manera que fuese efectiva para las distintas especies a las que iba destinada. Esta escala de peces ha sido probada con salmones de distintos tamaños.

En el caso de China, el China Institute of Water resources and Hydropower Research (R 31) ha estudiado la influencia de la concentración de sedimentos en el río en el comportamiento de la carpa del río amarillo (*Cyprinus carpio*) a raíz de la suelta de sedimentos producidos por la apertura de los desagües de fondo de la presa de Xiaolangdi, llegando a la conclusión de que cuando el oxígeno disuelto caía a niveles críticos debido al aumento de la concentración de sedimentos en el agua era letal para las poblaciones de carpa del río. Cuando la concentración del sedimento supera los 90 kg/m³ se produce una drástica caída de la concentración de oxígeno disuelto que da lugar a un 100% de mortalidad en la primera hora de suceso.

Por último, en el subapartado de flora, se hace hincapié en el efecto negativo que tienen las presas en la comunidad vegetal de las márgenes, que, sobre todo en presas de control de avenidas y de regulación, se ven sometidas a ciclos de inundación que alteran su ritmo natural.

Una de las medidas para rehabilitar el área de denudación en el lago Argyle, Australia (R 3), fue la revegetación con plantas arbustivas perennes.

En España, en el embalse de Don Melendo (R 22), se ha optado por la revegetación con especies endémicas para el control de la erosión. En el caso de la Cuenca del Ebro (R 23), se ha optado por la creación de embalses de cola para evitar el efecto de la banda

árida en las colas de los embalses, sobre todo en las cercanías de áreas habitadas.

En el caso del artículo (R 12) presentado por los técnicos del Cemagref, organismo público de investigación francés de carácter científico y tecnológico no se habla de los efectos indeseables de los embalses en la flora autóctona, sino de todo lo contrario, los efectos indeseables de las plantas en las presas de materiales sueltos. Los autores exponen que no sólo las raíces son perjudiciales para este tipo de presas ya que incrementan los riesgos de erosión interna y externa, sino que la parte aérea puede dar problemas también al ser derribada por el viento.

5. Q92.3: Problemas relacionados con la calidad del agua y la sedimentación

5.1. Calidad del agua

El problema de la calidad de las aguas asociado a los embalses se divide en tres puntos diferentes: el problema de la turbidez asociada a las partículas en suspensión que llegan a un embalse después de una riada, el problema de la eutrofización y por último, los problemas que pueden aparecer asociados a las bajas temperaturas de agua que se dan en los embalses.

5.1.1. Turbidez prolongada:

El problema de la turbidez prolongada generada por las partículas en suspensión en los embalses genera, en el vertido de caudales, problemas en los ecosistemas aguas debajo de la presa.

Los Ingenieros del Departamento de Aguas de Perth, Australia (R 3), han tomado una serie de medidas para reducir los aportes de sedimentos en el lago Argyle, generado por la presa del río Ord, que han ayudado también a reducir los problemas de turbidez y a mejorar la calidad de las aguas en el embalse. En este caso se ha optado por medidas en origen, como pueden ser la adquisición de terrenos para evitar su uso intensivo, la reducción de las existencias de ganado y la relocalización de comunidades de asnos salvajes en la zona, así como la revegetación en la cuenca con plantas arbustivas perennes.

Los túneles de bypass de sedimentos, de los que se habla en diversos artículos presentados para el Congre-

so (R 16, Suiza, y R38, Japón, de los que se hablará en el punto de sedimentación), son una medida de control de la sedimentación que, además mejora la calidad de agua de los embalses al reducir la turbidez en los mismos.

El uso de un desagüe multinivel como el descrito en el artículo de Sudáfrica (R 15) permite recrear distintas características del flujo natural en los vertidos de caudales, de manera que se pueden simular avenidas con una determinada concentración de sedimentos y así controlar la turbidez aguas abajo del embalse.

5.1.2. Eutrofización

La eutrofización es un problema que se da en todo el mundo y que preocupa en gran medida a los gestores de embalses. Prueba de ello es la gran cantidad de artículos que se han presentado en referencia a los problemas generados por el exceso de nutrientes en los embalses y las diferentes soluciones a adoptar.

En Francia, un conjunto de organizaciones distintas, entre las que se encuentran la Escuela des Ponts de París y el Museo de Historia natural, han trabajado para desarrollar un sistema llamado PROLPHYC, (R 18) que permite el seguimiento en tiempo real de la proliferación de fitoplancton en las masas de agua y los ríos con circulación lenta. El sistema, que permite la adquisición, proceso y validación de datos, también puede incorporar avisos al superar ciertos umbrales, y ser usado como Sistema de Ayuda a la Decisión.

Por su parte, una Empresa Consultora iraní (R 5) presenta los resultados de utilizar el programa informático HEC-5Q, desarrollado por el US Corp of Engineers, para la simulación del flujo y la variación de la calidad del agua en el embalse de Ghermi Chai.

La futura presa de Manduriacu, en Ecuador (R 19), presenta una problemática muy específica, al encontrarse su localización aguas abajo de la capital de Ecuador, Quito, que tiene una población de dos millones y medio de habitantes. El sistema de depuración en la ciudad es prácticamente inexistente, por lo que se prevé una rápida eutrofización del embalse. Los ingenieros proyectistas recomiendan la construcción de plantas de depuración de aguas residuales como medida preventiva y, en todo caso, la limitación total de usos en el embalse.

El Instituto de Meteorología y Gestión del Agua (Instituto Nacional de Investigación), de Polonia, presenta un artículo (R 6) en el que expone las técnicas respetuosas





Fig. 4. Embalses de Takayama y Agigawa antes y después de la operación de aireación.

con el medio ambiente para reducción de la sedimentación y aumento de la calidad de agua en embalses utilizadas en 7 presas en Polonia. Como solución para los problemas de las altas concentraciones de nutrientes, sedimentos y metales pesados encontrados en estos embalses, se ha optado por la construcción de embalses en cabecera para retención de estos elementos.

El relator general alude aquí al artículo (R 23), que describe la utilización de diques de cola en la cuenca del Ebro, ya que, aunque la función principal de éstos no sea la retención de sedimentos, este fenómeno se produce efectivamente y contribuye a la mejora de la calidad del agua del embalse principal.

Otra medida utilizada para luchar contra el crecimiento de algas en los embalses es la circulación de aire mediante un sistema de aireación del agua. El artículo (R 27) habla de los estudios realizados por la Agencia Japonesa del Agua para verificar la eficacia de estos métodos de aireación para frenar la proliferación de cianofíceas, como la *Microcystis* y la *Anabaena*. Estos estudios demuestran que el crecimiento se frenó en embalses cuyo gradiente de temperaturas en superficie era de $0^{\circ}\text{C}/\text{m}$, mientras que en los embalses en los que no era así, el sistema de aireación no fue efectivo, por lo que los autores proponen como parámetro para medir la efectividad de estos sistemas de aireación el gradiente de temperaturas antes mencionado.

Por último, se han presentado dos artículos que relacionan de manera directa la presencia de árboles en el área inundada y la eutrofización del embalse generado (R 36 y R 37). Esto se justifica ya que actualmente en Ja-

pón el coste de la deforestación del vaso del embalse corre a cargo del promotor, cuando antes la deforestación del vaso corría a cargo de las industrias madereras de la zona sin coste alguno, por lo que varios promotores privados japoneses han desarrollado estudios en paralelo para discernir el mínimo porcentaje de vaso a deforestar sin que por ello disminuya la calidad del agua embalsada.

5.1.3. Problemas de la baja temperatura del agua

Aunque ningún artículo de los presentados para el Congreso de Kyoto alude a este problema de manera específica, el relator general considera oportuna su mención en su resumen, ya que es un problema que afecta a las comunidades de peces y a los ecosistemas aguas abajo de los embalses, al soltar éstos agua a temperaturas muy por debajo de las normales en un río cuando se hace un vertido por los órganos inferiores de desagüe. Harada sugiere el uso de varias tomas a distintos niveles para el control de la temperatura del agua aliviada.

5.2. Sedimentación

La sedimentación en embalses es probablemente el problema medioambiental que más preocupa a los ingenieros presistas de todo el mundo. Prueba de ello es la cantidad de boletines publicados por el ICOLD y el que previamente haya sido objeto de una Question específica sobre sedimentación en el Congreso de Brasilia de 2009.

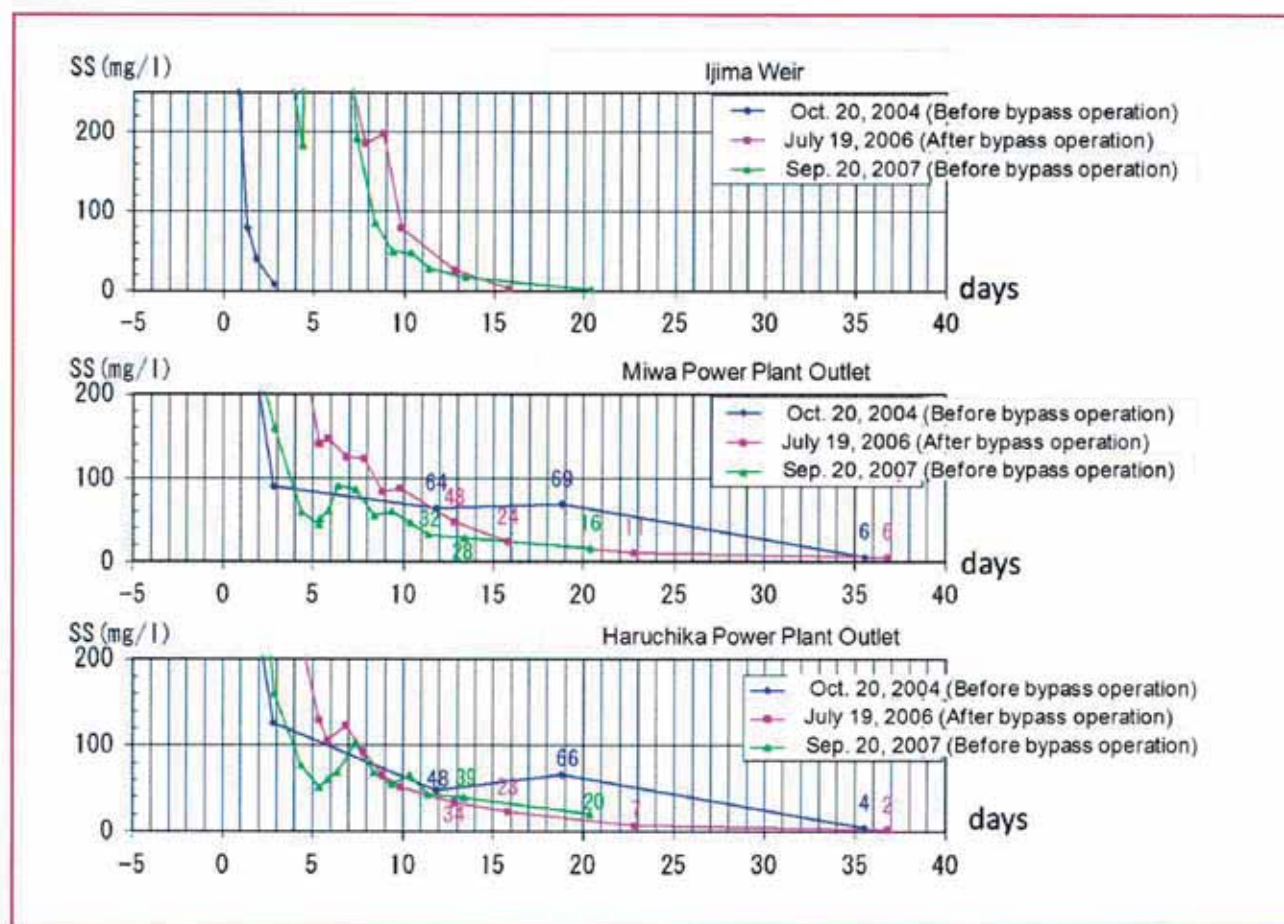
Para este Congreso de Kyoto 2012, de los 40 artículos presentados en el apartado de Medio Ambiente, un total de 12 hacían referencia a la sedimentación y a las medidas necesarias para minimizar sus efectos negativos en la explotación de embalses.

Dentro de las medidas preventivas a llevar a cabo en los embalses, se pueden dividir en medidas a llevar a cabo en la fuente de producción y las llevadas a cabo en el embalse.

5.2.1. Medidas en la fuente de producción

Como medidas en la fuente de producción es interesante el artículo (R 3), de Australia, sobre medidas a llevar a cabo para reducción de la sedimentación en el lago Argyle. Además de las medidas ya comentadas en el apartado de calidad de aguas, de adquisición de terrenos, relocalización y reducción del ga-

Fig. 5. Sólidos en suspensión registrados en varios puntos aguas arriba y aguas abajo del embalse antes y después de operación del túnel de bypass de la presa de Miwa, Japón.



nado y plantaciones con arbustivas, se ha llevado a cabo un programa de seguimiento de estas medidas que evalúa la entrada de sedimentos al embalse.

5.2.2. Medidas en los embalses

En Polonia (R 6) se ha optado por la construcción de embalses en cabecera o embalses preliminares, que retienen el sedimento, de manera que se evita el aterramiento del embalse principal.

La medida más extendida hasta hace unos años para gestionar los problemas que originan los sedimentos en los embalses era la de excavación o dragado y remoción de los mismos.

Esta medida, que se ha demostrado suficiente para la operación de los embalses, pero no para paliar el efecto barrera que tienen en los sedimentos los embalses, ha sido tomada en el río Arc, en la Saboya francesa, por los técnicos de EDF (R 24). Además del dragado de los sedimentos, se ha optado por el cierre de una toma cuando la concentración de sedimento

llega a un umbral determinado y a la realización de una apertura anual de los desagües de fondo.

Actualmente se utiliza también mucho la técnica de *Flushing*, o apertura de los desagües de fondo para evacuación de sedimentos.

En la presa de Manduriacu, en Ecuador (R 19) la modelización con HEC-RAS ha determinado la necesidad de evacuar los sedimentos en base a los datos introducidos, y se ha recomendado en la futura operación de la presa dos evacuaciones anuales de sedimentos en descargas de tres días de duración cada una.

El artículo (R 32) de China, explica las operaciones llevadas a cabo en el río amarillo para movilizar el sedimento retenido por la presa de Xiaolangdi.

Jolanda Jenzer y otros (R 17), de Suiza, presentan sistema para maximizar el vertido de sedimentos por apertura de desagües, manteniendo los sólidos en suspensión a través de una turbulencia originada mediante un chorro de aire. En el caso de una colocación de los chorros de aire óptima y un tamaño de

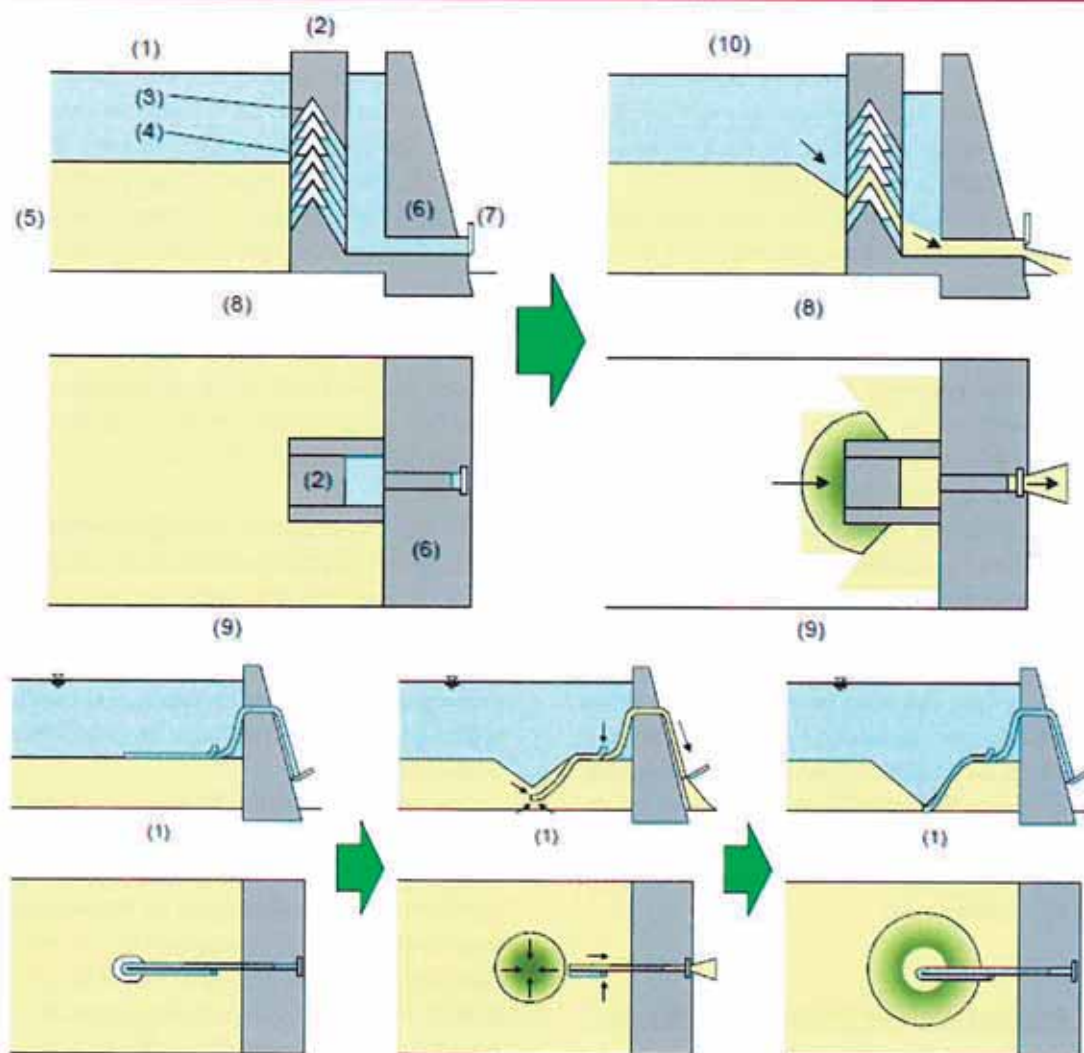


Fig. 6. Esquemas de funcionamiento o de nuevas técnicas para eliminación de sedimentos: arriba, válvula de aire y abajo tubería de succión acoplada para succión de sedimentos.

grano adecuado, los autores concluyen que la eliminación de sedimentos puede llegar a doblar la producción mediante la apertura de desagües tradicional, sin turbulencia inducida.

La gran mayoría de los artículos presentados hablan de las medidas de reducción de la sedimentación, pero hay un artículo presentado por China (R 31) que estudia los efectos en el medio ambiente que produce la gestión de estos sedimentos en las aperturas de los desagües de fondo: cuando el oxígeno disuelto en el río cae a niveles críticos debido al aumento de la concentración de sedimentos en el agua se produce un drástico aumento de la mortalidad en las poblaciones de carpa del río.

Los túneles de bypass de sedimentos son una solución que se presenta en dos artículos. Esta solución su-

pone la construcción de un túnel que transporte el agua turbia y los sedimentos de aguas arriba del embalse hasta aguas abajo en momentos de avenida.

En la presa de Miwa (R 38), en Japón, hay un túnel de bypass de sedimentos funcionando y sobre el que se pueden sacar conclusiones sobre la efectividad real de este método de gestión de los sedimentos, la mejor manera de operación para evitar abrasiones en el túnel y la ausencia de impactos causados aguas abajo por la gestión de las avenidas de esta manera.

Los túneles de bypass de sedimentos son una solución eficaz, pero cara de construir y de mantener, y además limitada a unas condiciones topográficas favorables.

En Suiza, (R 17), el Laboratorio de Hidráulica, Hidrología y Glaciología ha realizado un estudio sobre la

erosión invertida a la que están sometidos estos túneles debido a las altas velocidades combinadas con elevadas concentraciones de sedimentos. Actualmente el laboratorio está llevando a cabo modelos reducidos para optimizar los parámetros de diseño de estos túneles en términos de minimización de esta erosión.

En Japón (R 34) (Fig.6), el Instituto de Investigación de Obras Públicas está estudiando la mejor manera de gestionar los sedimentos para no alterar la geomorfología del río afectado. Este artículo describe dos técnicas nuevas de reposición de los sedimentos aguas abajo del embalse para mejorar el ecosistema de ribera en esta zona. Estas técnicas, que se encuentran actualmente en fase de prueba en el laboratorio son: una válvula de aire para descarga de sedimentos y una tubería de dragado y succión de sedimentos.

En Rumania la compañía HYDROELECTRICA (R 10) propone una solución para evitar el aterramiento prematuro de pequeños embalses, a través de lo que denominan un embalse de dos canales. Esto consiste en una separación física del embalse mediante un dique longitudinal que separa el circuito hidráulico de la planta hidroeléctrica del circuito natural del río en avenidas. Este sistema se puede implantar en presas en operación, los autores estiman que puede llegar a reducir la sedimentación en pequeños embalses en un porcentaje entre el 60 y el 80%.

6. Q92.4: Gestión sostenible de presas y embalses

En este tema se dan cabida a todos aquellos artículos que, de manera general, relatan las actuaciones llevadas a cabo en los distintos países participantes para asegurar una gestión de las reservas hidráulicas de manera ambientalmente correcta.

Por ejemplo, en el caso de la cuenca del río Opava en la república Checa, (R 1) se han tenido que estudiar una serie de medidas para una eficiente gestión de los caudales. Esta cuenca se ve afectada por avenidas de gran entidad e incluso catastróficas, como la ocurrida en 1997, en la que se llegaron incluso a producir pérdida de vidas humanas. Para la gestión de estos fenómenos se han tomado una serie de medidas que se consideran lo más respetuosas con el medio ambiente posible: la construcción de la presa de Nové Hradišty para laminación de avenidas, consolidación de los terrenos y racionalización de los usos, medidas de gestión en embalses de pequeña entidad, etc.

En Marruecos, (R 2) la realización del proyecto de la presa Tamalout presenta una evaluación ambiental positiva, considerando que el nuevo marco económico y social que afectará a las localidades cercanas contrarrestará los impactos negativos experimentados por la población afectada. Los impactos positivos los objetivos principales de la presa, de abastecimiento y regadío, y además la creación de empleo, la mejora de las condiciones socio-económicas de la población beneficiaria, el desarrollo de nuevos ecosistemas asociados, y el fomento del turismo rural en la zona. Los impactos negativos del proyecto incluyen el desplazamiento de 120 viviendas, la inundación de 370 hectáreas, el desplazamiento de una escuela primaria de alguna vía local de conexión.

En algunos casos, los embalses destinados a la generación de energía hidroeléctrica también necesitan variar los niveles de operación, con el impacto que esto genera en los ecosistemas adyacentes. El Dr.Eng. Vladimir A. Pekhtin y su equipo explican en su artículo (R 8) la manera de gestionar estos cambios de nivel en diversas presas en Rusia para minimizar las afecciones al medio ambiente.

Técnicos del Instituto del Agua de la República de Eslovenia presentan un artículo (R 13) que describe un procedimiento factible tanto técnica como económicamente para la certificación de instalaciones de centrales hidroeléctricas coherente con los requisitos de la Directiva Marco del Agua (2000/60/CE) a aplicar para obtener la etiqueta verde en productos de electricidad (Energía Verde). Se presentan además tres casos prácticos de presas en las que se ha utilizado esta metodología para la obtención de la mencionada etiqueta.

En Guinea, el Organismo de Cuenca del río Níger ha desarrollado un plan de acción sostenible para la regulación del río Fomi (afuente del río Níger en la cabecera de la cuenca), (R 14). Se ha realizado un análisis multicriterio para tener en cuenta un tratamiento integral de las acciones a llevar a cabo y entre las actuaciones resultado de dicho análisis están la preservación de varias áreas con alto valor ambiental y la reducción de las zonas inundables aguas abajo a través del pautado de los vertidos en la presa del río Fomi.

La Compagnie d'aménagement des Coteaux de Gascogne (CACG), compañía que gestiona el territorio en la zona de la Gascuña Francesa, expone en su artículo (R 20) los resultados de varios estudios destinados a clarificar el impacto de los embalses en la diversidad de la fauna piscícola. Los autores exponen cuatro conclu-

siones principales: la creación de un embalse cambia irremediablemente la estructura de las poblaciones de peces del río afectado, los impactos varían según la fase de operación del embalse, la operación de los embalses influye en el ciclo termal de los ríos, y por último, la generación de un embalse fomenta la creación y el desarrollo de comunidades acuáticas específicas en el área.

Andrew Wilson (Sudáfrica) (R 21) describe en su artículo las consideraciones ambientales y sociales tenidas en cuenta en el diseño de la presa de la garganta de Kabompo en Zambia. Estas incluyen: minimizar el impacto en la garganta, la elección de la tipología y materiales de la presa, tener en cuenta las infraestructuras y municipios existentes en el vaso para el cálculo del máximo volumen de embalse, asesoramiento en la zona del embalse para identificar las medidas necesarias para reducir las emisiones futuras de gases de efecto invernadero y la determinación del caudal ecológico, entre otros.

En el proyecto de la planta hidroeléctrica Nam Theum 2, se han llevado a cabo numerosos estudios en el área medioambiental y social que se resumen en el artículo (R 25). Además de los ya expuestos en el apartado de medidas correctoras, se destaca la creación de un laboratorio permanente para la austerización de la calidad de las aguas.

En el artículo (R 33) se introduce una metodología para optimizar el sistema de mantenimiento de la central hidroeléctrica de Saguling, en Indonesia. Esta metodología se basa en seis pilares principales, de manera que cada actividad se ve emplazada en uno de esos seis pilares para así envolver todas las labores de mantenimiento priorizando la prevención y la detección temprana y retroalimentando el sistema con los resultados de las labores ya efectuadas.

Por último, Dirección de Gestión del Agua del Ministerio de Tierra, Infraestructuras, Transporte y Turismo de Japón presentan un artículo (R 35) en el que destacan las numerosas aportaciones beneficiosas de las presas tras el devastador terremoto que asoló el Este de Japón en 2011: desde la generación extra de electricidad para complementar la no generada por las plantas nucleares, en revisión desde el terremoto, hasta el abastecimiento en zonas afectadas, o la limpieza y recuperación de las zonas afectadas aguas abajo de las presas a través de sueltas controladas de caudales. A través de este artículo pue-

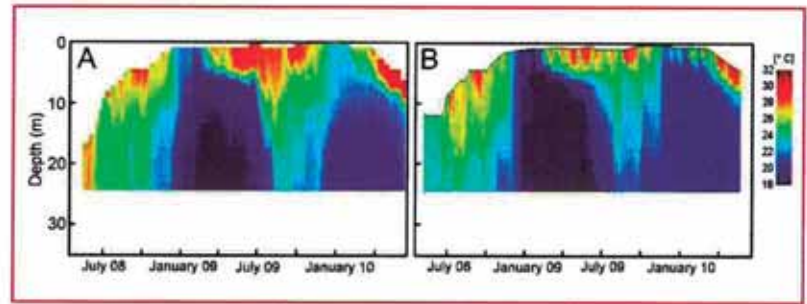


Fig. 7. Comparación entre temperaturas del agua modelizadas (A) y reales (B) en la presa de Nam Theum 2.

de verse la utilidad de las presas bien gestionadas en periodos de emergencia

7. Estructura de las jornadas

La cuestión 92 se desarrolló durante la tarde del día 6 de junio en el Main Hall y la mañana del día 7 de junio en el Annex Hall.

Debido a que los artículos presentados no se ceñían exactamente a los temas propuestos por la organización, las presentaciones orales se dividieron en 4 partes distintas a los subtemas propuestos (ver Tabla 3).

8. Ponencias españolas

De un total de 40 artículos que se presentaron al amparo de los temas de la cuestión 92, sólo 2 fueron españoles, el (R 22) y el (R 23).

El Primero describe las actuaciones llevadas a cabo en el embalse de Don Melendo para su restauración ambiental. Este artículo, enmarcado en el subtema de medidas correctoras y compensatorias, fue expuesto en el Congreso en la mañana del 7 de junio.

El segundo relata la experiencia de la Confederación Hidrográfica del Ebro en la construcción de Diques de Cola como medida de compensación ambiental y social.

Tabla 3.

Subtema	Presentaciones Orales, nºQ
Proyectos sostenibles	13, 14, 21, 25,
Medidas Correctoras y Compensatorias	4, 15, 12, 22, 40
Sedimentación	3, 15, 38, 17, 34
Calidad de las aguas	19, 5, 27, 36, 18

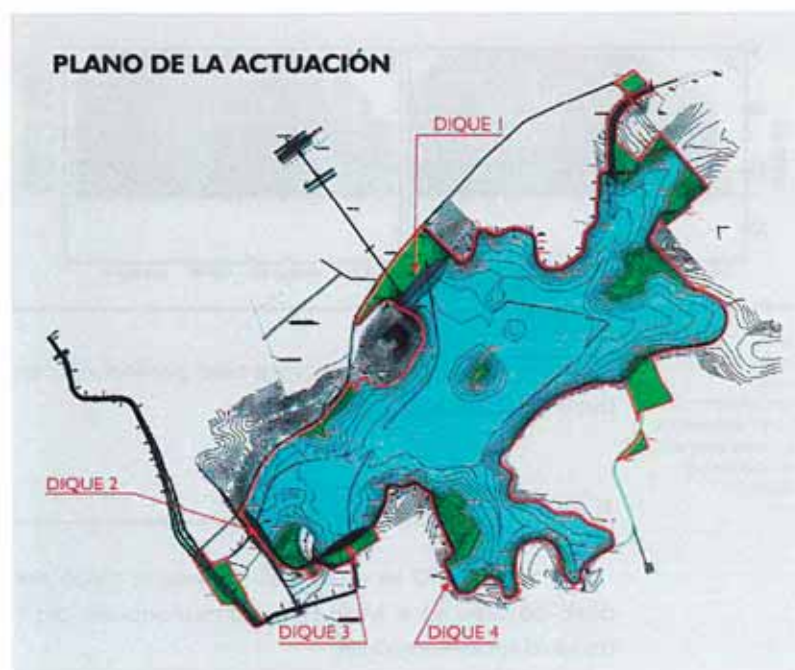


Fig. 8. Plano de la actuación en el embalse de Don Melendo.

A continuación se hace un resumen algo más extenso de ambos artículos:

8.1. Estrategias para la restauración ambiental del embalse de Don Melendo (Andalucía, España).

De embalse a humedal

Juan F. Saura, Director Técnico de la CH Guadalquivir;

José M. Marcos, Director de Obra.

Durante el siglo XX se ha tendido a la desecación de humedales, poniendo en peligro a las comunidades de aves acuáticas. La preservación de los humedales se ha convertido en una obligación para la supervivencia de este tipo de aves.

En las últimas décadas la ingeniería ha experimentado un cambio conceptual, dando una mayor importancia al medio ambiente. Un ejemplo es el embalse de Don Melendo, en el que con un conjunto de medidas correctoras y compensatorias se ha favorecido la creación de un ecosistema apto para el desarrollo de las aves acuáticas.

El embalse de Don Melendo se encuentra a menos de 15 km de Doñana y a 10 km de la Reserva Natural de las Lagunas de Lebrija-Las cabezas, por lo que la creación de una zona húmeda entre estas dos contribuye estratégicamente a la mejora de la diversificación de la comunidad ornitológica del área.



Fig. 9. Revegetación de áreas no inundadas. Embalse de Don Melendo.

La restauración del embalse surgió como recuperación de los valores naturales degradados por la antropización de los alrededores del embalse. Las medidas correctoras y compensatorias implantadas durante el proceso constructivo se diseñaron de acuerdo a tres directrices principales: revegetación con especies autóctonas, control de la erosión y rehabilitación y mejora de los hábitats faunísticos.

Como resultado, se ha creado un humedal artificial que se ha convertido de manera gradual en parte de la ruta de muchas aves migratorias a medida que los biotopos vegetales se desarrollan y ofrecen zonas de descanso y alimentación complementarias a los grandes humedales cercanos.

8.2. Diques de cola en presas de titularidad estatal.

Confederación Hidrográfica del Ebro.

Raimundo Lafuente, Jefe del Área de Proyectos y Obras;

Fernando Esteban, Director de Yesa y Lechago. Irene

Domingo, Directora de Itoiz y Rialb

En este artículo se hace una presentación de la necesidad de diques de cola en la Geografía de la cuenca del Ebro, en la que los grandes embalses de regulación se llevan en la mayoría de los casos hasta los pies de áreas habitadas.

Los diques de cola se plantean con dos fines principales: uno de ellos es mantener una lámina estable en

las proximidades de cascos urbanos evitándose la aparición de una franja árida y facilitándose su disfrute lúdico y deportivo y, el otro, generar una zona húmeda donde se fomente la formación de unos ecosistemas interesantes.

Los diques de cola se plantean en ocasiones como parte de los Planes de Restitución Territorial que, dentro del marco de la Ley de Aguas, pretenden compensar los desequilibrios socio-económicos producidos por la creación de las grandes infraestructuras hidráulicas.

Seguidamente se detallan el caso de seis diques de cola distintos en la cuenca del Ebro, situados en las colas de cuatro embalses principales: Los diques de cola de la Presa de Itoiz, en Navarra, ambos para uso social, los de la presa de Yesa, en Navarra y Zaragoza, uno para uso social y otro con fines puramente medioambientales, el dique de cola de Lechago, en Teruel, de uso medioambiental, y por último, el dique de cola proyectado en la presa de Rialb, en Lérida, de usos mixtos sociales y medioambientales.

9. Conclusiones

En este artículo se han analizado y comentado las aportaciones tanto orales como escritas realizadas en el marco de la Cuestión Q92, "Técnicas respetuosas con el medio ambiente en presas y embalses", con motivo del XXIV Congreso Internacional de Grandes Presas celebrado el pasado mes de junio en Kyoto, Japón.

El tema del medio ambiente es un asunto que preocupa a la sociedad en la actualidad, y por ello la ingeniería de presas se ve afectada por esta preocupación.



Fig. 10. Vista general del dique de cola de Oroz-Betelu en la presa de Itoiz.

de manera que el diseño, construcción, operación y mantenimiento de presas en el mundo tienen en cuenta cada vez más estos aspectos.

De los 173 artículos presentados en el Congreso, 40 han sido dirigidos a esta cuestión, aproximadamente una cuarta parte de la aportación total.

Pero, lamentablemente, esta cuestión también ha sido utilizada como "cajón desastre" para presentar ciertos artículos que no tenían cabida en ninguna de las cuestiones, y ha dado como resultado que algunos de los artículos que se presentaban en esta cuestión no tocasen el tema del medio ambiente.

Las aportaciones españolas, aun siendo sólo 2 de un total de 40 escritos, han podido dar una idea al resto de países participantes en el Congreso de las técnicas y medidas utilizadas en nuestro país para proteger y conservar el Medio Ambiente en la ingeniería de presas. ♦

Referencias:

- (1) Several Authors. "Question 92. Environmental friendly techniques for dams and reservoirs". Transactions XXIV International Congress on Large Dams, Kyoto, ICOLD, Paris 2012.
- (2) J HARADA. "General Report Q 92", pp. 641 to 681. Kyoto, ICOLD, Paris 2012.

Q92. Environmental friendly techniques for dams and reservoirs

This paper analyzes and summarizes the contributions submitted to "Question 92. Environmental friendly techniques for dams and reservoirs", which took place during the XXIV International Congress on Large Dams, held last June in Kyoto, Japan.

A total of forty reports submitted for Q.92 form the enterprising contributor, relating experiences drawn from all over the world (Europe-19, Asia 15, Africa-3, America-2 and Australia-1). 20 of these were presented in the congress. 2 of these papers were Spanish, R22 and R 23.

In Czech Republic, (R 1) have studied different flood protection measures to obtain an efficient water regime due to severe floods occurred in 1997. The main objective of paper (R 2) is to evaluate the environmental assessment made for the construction of Tamalout dam in Morocco, considering the negative and positive impacts in the environment and the local economy. In Australia (R 3) some measures have been taken to rehabilitate the catchment denudation and alleviate the sediment load inflow in lake Argyle. (R 4) presents measures that were executed in Canada in order to reduce the environmental impacts of water decreased river by the interbasin diversion of hydropower projects. To investigate the thermal stratification and eutrophication phenomenon in Iran (R 5), the HEC-5Q model was applied to establish a water quality model. Poland presents an article (R 6) in which shows the environmental friendly techniques used to reduce sedimentation and improve water quality in 7 different dams.

(R 7) describes a tidal power plant plan at the Barents Sea shore of Russia. (R 8) studies a way to manage the changes in the water level in some dams in Russia in order to minimize the harmful effects on the environment. (R 9) from Bulgaria, talks about dam security. (R 10) describes a solution for the silting in of small reservoirs in Romania by installing a longitudinal separator dyke to make a two-channel storage in the reservoir. (R 11), from Switzerland, describes the optimization of the operation of the hydropower schemes based on a flood forecast in Saane river. (R 12) relates the undesirable effects of plants (aerial and terrestrial parts) on earthfill dams. Three case studies in Slovenia (R 13) are described to present the results of the project with the application of certification (Certification for Hydro: Improving Clean Energy (CH2OICE)) methodology for HPP's. A sustainable development action plan for the Niger River basin has been developed by The Niger Basin Authority (NBA) (R 14), and, as a consequence, Environmental Impact Assessment has been implemented in the Fomi river dam. (R 15) The first dam in South Africa to fully incorporate a multi-level outlet that permits releasing both low and high environmental flows and reproduce natural flows is shown in this article. (R 16) this article describes a bypass tunnel for sediments in Switzerland. (R 17), from Switzerland presents a system to maximize the sediment discharge by flushing, using a turbulence made by an air jet. The PROLIPHYC system was developed in France (R 18) in order to monitor the proliferation of phytoplankton in fresh water bodies and slow-flowing rivers, to develop a real-time monitoring and warning system for managing risks. Manduriacu dam (R 19), downstream Quito, Ecuador, is

expected to have a very high eutrophication rate, and this paper proposes different methods to lower this and the silting phenomena. (R 20) CACG shows in this paper the results of several studies taken to relate the construction of dams and the change of fish communities and species in the reservoir areas. Andrew Wilson (R 21) describes in his article the environmental and social issues taken in account in the design of the Kabompo Dam in Zambia. Don Melendo reservoir (R 22), in Spain, has recreated an artificial wetland to stimulate the establishment of migratory bird species close to the Doñana wetland. They also have planted endemic species in order to revegetate the area. (R 23) Spain reports about the Ebro River Basin Authority experience on environmental dams, which are dams located at the head of impoundment reservoirs to keep a stable water table for environmental and social uses. (R 24) presents the dredging and relocation measure to deal with reservoir silting. In the project of the Nan Theum HPP (R 25) there have been developed several studies in the environmental and social field that are abstracted in this paper. (R 26) describe the modified operation to recover the water level of a reservoir in USA which was restricted below from the planned one because of the occurrence of landslides. (R 27) explains a method to avoid plant growing based on air circulation. Xu Zeping (R 28) presents in his paper the key technologies of modern high rockfill dams in China. (R 29) describes the construction technology of a 261 m dam in China which uses artificially mixed gravel soil as an impervious earthfill material. University of Tsinghua, in China (R 30) presents a paper about RFC (Rock Filled Concrete) dams. (R 31), China, studies the influence of sediment concentration in yellow river carp behavior. (R 32), from China, explains the techniques used in Xialongandi dam to remove the sediment. (R 33) introduces a new technology to optimize the maintaining program in a HPP in Indonesia. (R 34) Japan is studying new ways of sediment managing. (R 35) highlights the many beneficial contributions of dams following the devastating earthquake that struck eastern Japan on 2011. (R 36) y (R 37) directly relate the presence of the trees that are not deforested before the first filling of a reservoir in the flooded area and eutrophication. (R 38) describes a bypass tunnel for sediments in Japan. (R 39) explains a new type of dam, (Cemented Sand and Gravel) CSG dam, developed in Japan. And last paper, (R 40) talks about the Shinanogawa Power Station, in Japan, where they have used a re-regulation dam to rationalize the water flow and guarantee the ecological flow in the river. They also have designed a new the fish scale in order to make it more effective to the target species. ♦





Juan Carlos de Cea Azañedo. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Secretario General del Comité Nacional Español de Grandes Presas, Madrid (España). secretariogeneral@spancold.es

Resumen: Se describe en este artículo la importancia que para la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD) ha tenido y tiene actualmente la Seguridad de las presas en términos generales. Complementariamente, se analiza cómo se ha desarrollado la cuestión nº 83 del Congreso Internacional de Grandes Presas de Kyoto, en las diferentes sesiones en las que se ha dividido, y cuales han sido las principales conclusiones alcanzadas tras las exposiciones efectuadas por parte de los ponentes seleccionados para presentar sus artículos en ella, gran parte de las cuales se encuentran convenientemente detalladas en el Informe del Relator General de la misma.

Palabras Clave: Seguridad; Determinismo; Riesgo; Gestión; Seguimiento; Instrumentación; Emergencia; Explotación; Reglamentación; Refuerzo de habilidades; Regulador

Abstract: The paper describes the importance that for the International Commission on Large Dams (ICOLD) has had and have Dam Safety, in general terms. Additionally the paper analyzes how it has developed Question Nº. 83 of the International Congress on Large Dams in the different sessions in which has been divided, and what have been the main conclusions reached after the presentations made by the speakers selected to present their works, many of them very well detailed in the General Report.

Keywords: Safety; Deterministic; Risk; Management; Surveillance; Monitoring; Emergency; Operation; Regulation; Building capacity; Regulator

1. Introducción

El tema de la Seguridad, abordado desde distintas ópticas, se ha elegido en las últimas tres décadas en un total de once ocasiones para ser tratado en otros tantos Congresos de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD). El título de las correspondientes cuestiones y los congresos en que se analizaron en las diez ocasiones anteriores, son los siguientes:

- 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).

Q91: *Gestión de la seguridad de presas.* Año 2009. Congreso de Brasilia (Brasil).

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. Los trabajos de dicho comité concluyeron con el desarrollo de un bo-



Tabla 1

Núm. Boletín	Título	Año
59	Seguridad de Presas	1987
99	Roturas de Presas. Análisis estadístico	1995
109	Presas de menos de 30 m de altura. Ahorro de costes y mejoras de su seguridad	1998
130	Evaluación de riesgos en la gestión de la seguridad de presas	2005
E02	Medidas no estructurales de reducción de riesgos	2010

letín, el número 59, que se publicó 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 gestionarla, y la forma de evaluarla. Una de las principales conclusiones que puede extraerse de la lectura del mismo es que *la seguridad debe tener prioridad por encima de cualquier otra consideración* (1).

Es por lo tanto la seguridad en sentido amplio una de las mayores preocupaciones de ICOLD, tal como demuestra el elevado número de boletines redactados hasta la fecha en los que se ha tratado el tema (Tabla 1), y de veces que en relación con otros se ha incluido como aspecto a discutir en los Congresos.

La elección de nuevo de la seguridad como aspecto a ser discutido en el marco de la Cuestión nº 93 del 24º Congreso Internacional de Grandes Presas vuelve a demostrar la importancia que ese tema sigue teniendo a nivel mundial y su complejidad para ser abordado de forma integral y uniforme en todos los países, sean miembros o no de ICOLD.

En el lenguaje corriente se entiende normalmente que algo es seguro cuando no tiene posibilidad de fallar. En sistemas más complejos y regulados, como son las presas, por seguro se entiende normalmente aquello que formalmente cumple todos los requisitos reglamentarios. Esta situación habitualmente se conoce como *enfoque tradicional de la seguridad o enfoque basado en el cumplimiento de normas*. En dicho enfoque, la evaluación de la seguridad se basa en el grado de cumplimiento de unas reglas y unos requisitos definidos de antemano, con 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 segura es una presa considerada como segura?*, parece haber, sin embargo, un consenso casi generalizado

en que la gestión de la seguridad basada en la gestión de los riesgos es la mejor forma de dar respuesta a tales preguntas, permitiendo, además, ayudar a tomar decisiones en materia de seguridad y de necesidades de inversión de forma muy transparente y tratando adecuadamente las incertidumbres de todo tipo, posiblemente una de sus mayores ventajas.

Esa gestión se basa en 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 ausencia de esos riesgos, por pequeños que sean, es un concepto irreal y absolutamente antieconómico –es decir, la seguridad absoluta no existe– lo que se intenta es que aquéllos sean tan bajos como sea posible, o tan bajos como sea *razonablemente o prácticamente* posible. Es por ello por lo que Bowles (2) establece que en la gestión de la seguridad basada en la gestión del riesgo, la definición legal de cual es ese *riesgo tolerable por parte de la sociedad* es de la mayor importancia.

2. Estructura de la Cuestión

La Cuestión 93 estuvo presidida por D. Alain Carrere, del Comité Francés de Grandes Presas, vicepresidida por D. Alejandro Pujol, del Comité Argentino de Grandes Presas, siendo secretario de la misma D. Yoshikazu Yamaguchi, del Comité Japonés de Grandes Presas. El Relator General de la cuestión fue D. Gerald Genz, del Comité Austríaco de Grandes Presas.

Se presentaron a ella un total de 44 artículos correspondientes a un total de 16 países. España fue el país más prolífico, seguido muy de cerca por Japón (Tabla 2).

Los cinco grandes temas a tratar en dicha cuestión eran los siguientes:



Tabla 2

Artículos presentados	Países
7	España
6	Japón
5	Francia
4	China y Sudáfrica
3	Suiza, Rumania y Rusia
2	Estados Unidos
1	Austria, República Checa, Indonesia, Mozambique, Sri Lanka, Suecia y Polonia

1. Accidentes/incidentes en presas y embalses
2. Riesgos asociados a aspectos humanos y organizativos de la explotación
3. Regulación, Guías y normas de buena práctica
4. Riesgos específicos de las presas pequeñas

5. Riesgos específicos en presas de residuos mineros, depósitos de sistemas reversibles, estructuras de todo tipo, etc., que a la vista de los artículos presentados y para el adecuado desarrollo de las distintas sesiones en que se dividió, se agruparon en los cuatro siguientes:

1. Accidentes/incidentes en presas
2. Seguridad Pública
3. Evaluación de riesgos y gestión de inversiones en seguridad
4. Legislación y sus efectos en la seguridad

De todos los artículos presentados a la Cuestión, se seleccionaron finalmente para ser expuestos y debatidos en los diferentes subtemas, un total de 16, que correspondían a 9 países (Tabla 3). Sólo uno fue presentado por españoles.

La idea perseguida con la elección de todos ellos fue la de lograr una sesión equilibrada entre los distintos subtemas tratados.

Tabla 3. Comunicaciones Seleccionadas

Nº	Ponente	Report	País	Título
Subtema 1: Accidentes/incidentes en presas				
1	P. Krivka	1	R. Checa	Dams Mlynice and Fojtka. Flood situation august 2010.
2	D. J. Hagen	18	Sudafrica	Leakage occurrence at earth dams, investigation and repair.
3	L. Duchesne	23	Francia	Internal erosion on dams and dikes
4	L. C. Hattingh	31	Sudafrica	Dam safety incidents ins Sudafrica during the past 100 years
Subtema 2: Seguridad Pública				
5	C. Seddon	3	Mozambique	Cause of failure of Massingir dam.
6	Jiabi Xie	38	China	Characteristics of breach parameters on embankment dams
7	Yanchang Gu	41	China	Study on early warning mode of reservoir emergencies
8	F. Mulyantary	16	Indonesia	Risk of small dams.
Subtema 3: Evaluación de riesgos y gestión de inversiones en seguridad				
9	I. Escuder	33	España	Use of risk models for evaluation of risk measures for dams.
10	Whan Shi-Jun	37	China	Features of seismic hazard in reservoir dams by the Wenchuan earthquake.
11	Y. Tanaka	43	Japón	Development of portable simulator for dams operations.
12	J. Jaques Fry	-	Francia	Preventive maintenance and surveillance.
Subtema 4: Legislación y sus efectos en la seguridad				
13	G. Dabre	9	Suiza	Swiss legislation on the safety of dams.
14	Y. Yamaguchi	42	Japón	Safety inspections and seismic behaviour of dams Turing the 2011 off the pacific coast of Tohoku earthquake.
15	F. Lemperiere	-	Francia	Safety legislation can be detrimental to safety
16	P. Cochet	12	Francia	Préparation d'une réglementation sismique des barrages en france.

3. Seguridad

Actualmente se considera que el término seguridad está compuesto por la suma de tres conceptos básicos: seguridad estructural, mantenimiento y conservación y aviso a la población. Sin embargo, es cada vez más frecuente añadir a los tres anteriores, otros dos más: seguridad hidrológico-hidráulica y seguridad medioambiental.

3.1. Seguridad estructural

Para lograr el adecuado diseño del cuerpo de una presa, la mayor parte de los países disponen de unas reglamentaciones prácticas bien desarrolladas y basadas, fundamentalmente, en su experiencia y/o en la de otros, sean de su entorno o no. Es lo que se ha dado en llamar reglas o normas de buena práctica o "estado del arte".

Pero además ese diseño debe completarse y complementarse con el *juicio ingenieril* de la información proveniente de la topografía, geología, geotecnia y sismicidad de la zona en la que está ubicado el emplazamiento, y de las precipitaciones y caudales fluyentes por la red fluvial cerrada por la futura presa.

Una vez finalizado ese diseño preliminar debería comprobarse en qué medida el comportamiento previsto de la presa se ajusta al de otras en explotación de dimensiones parecidas situadas sobre terrenos de similares características, lo que normalmente conocemos como *análisis del precedente*.

En algunos países el proceso terminaría una vez expuesto el diseño realizado a la crítica de un grupo de expertos independientes, un *board*, para que lo validen o propongan las modificaciones que estimen necesarias. Al *board* se le debe exponer el porqué de las decisiones tomadas; cuáles han sido las hipótesis de partida efectuadas y cómo se han resuelto todos y cada uno de los problemas que se hayan ido presentando durante la redacción del proyecto.

Todo lo anterior es una parte, una pieza más, de las muchas de que se compone la seguridad estructural. El adecuado seguimiento de la obra por parte de otro *board* independiente elegido por el propietario de la obra, y de que los estándares de calidad fijados en el proyecto se cumplen, son otros dos aspectos básicos para la seguridad.

Una vez superada la puesta en carga de la presa y vigilada la explotación de forma pormenorizada, la



Fig.1.

comparación del comportamiento observado con el previsto en el proyecto, debería retroalimentar todo el proceso, ayudando a transferir mejor el conocimiento adquirido, y a mejorar la educación de los futuros técnicos en la materia y los futuros diseños de las presas (Figura 1) y, aunque no se contempla en el esquema que se muestra en la figura, debería servir también para la correcta depuración de las responsabilidades en el caso de que el comportamiento no se haya ajustado a lo proyectado y/o se haya alejado notablemente de éste.

En este sentido los modelos numéricos cumplen desde hace años ese objetivo de comparación. ICOLD se preocupa desde hace años de ellos, como lo prueba el hecho de haber publicado recientemente el boletín de título: *Guía para el uso de modelos numéricos en ingeniería de presas*, que está basado, fundamentalmente, en los benchmark Workshops llevados a cabo por el Comité de Cálculo de Presas, los cuales persiguen ayudar a entender y a interpretar mejor el comportamiento de presas en explotación y a valorar mejor su seguridad.

3.2. Evaluación de riesgos

Aunque el diseño se haya efectuado de acuerdo con el estado del arte, tal y como se ha comentado anteriormente, siempre existirá en la práctica un cierto riesgo residual, desconocido, cuyo origen está en la existencia de las numerosas incertidumbres de todo tipo que intervienen en el proceso de diseño, construcción y explotación: posibilidad de haber subestimado los caudales entrantes en el embalse, defectos de todo tipo no observados en el cimiento, alteraciones de tipo estructural, negligencias en la operación y manejo de avenidas, etc.

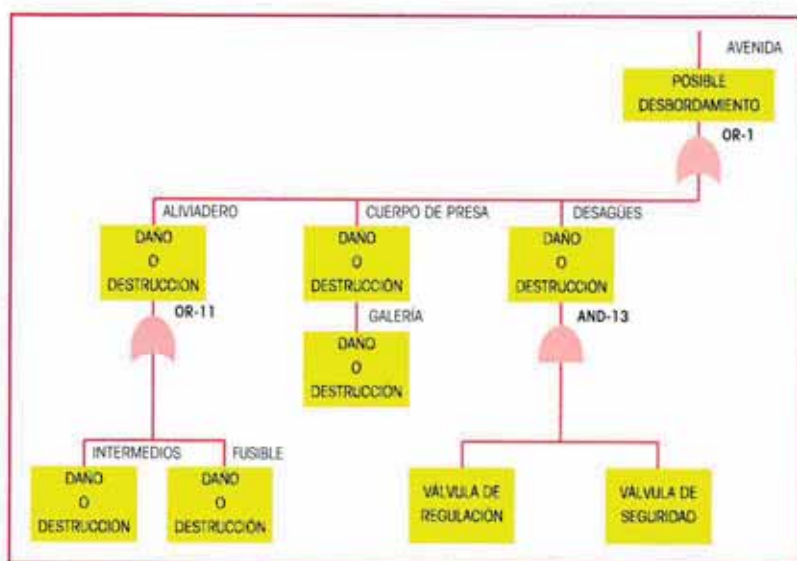


Fig.2

Actualmente este inconveniente está superado con la elaboración de *árboles de eventos o de fallo* (Figura 2) a través de los cuales, y por procedimientos estadísticos, es posible calcular la probabilidad de fallo y/o de rotura de la presa ante muy diversos escenarios, por complejos que éstos sean, y compararlos entre sí de forma homogénea.

Pero es que además actualmente en muchos países se emplea este mismo sistema, junto con un análisis coste-beneficio, por supuesto, para examinar las necesidades de inversión en materia de seguridad¹, para saber dónde es preciso invertir y para garantizarle a la sociedad que el dinero se invierte adecuadamente donde verdaderamente es preciso y hace falta. Es decir, permite dar respuesta a las preguntas: ¿cuanto cuesta la seguridad en presas? y ¿vale más la pena invertir en esto o en aquello?

3.3. Seguridad pública

Se define así a la componente consecuencias producidas durante un régimen normal de explotación. Es decir, la afección a personas y bienes situados tanto agua abajo como aguas arriba de la presa por un cambio repentino del nivel de las aguas en las márgenes del embalse, tomas, aliviaderos, cuencos, cauces próximos a éstos, etc. Se excluyen por lo tanto de esta componente las pér-

didadas/daños consecuencia de un accidente o rotura de la presa.

En algunos países, en los últimos años, el fácil acceso a las presas, incluso a las situadas a cotas más elevadas o más alejadas de los núcleos urbanos, empleando ciertos medios de transporte, y la proliferación en ellas de algunos deportes considerados equivocadamente de alto riesgo cuando son los que los practican erróneamente los que verdaderamente arriesgan sus vidas, han hecho que aumenten significativamente los accidentes y las pérdidas de vidas humanas por el desarrollo de estas actuaciones, irracionales por otra parte. El conocido canal Youtube incluye actualmente numerosos ejemplos de lo que se comenta: motos subiendo por rápidas de aliviaderos de mucha pendiente, uso de éstas durante vertidos como toboganes, saltos desde alturas muy elevadas a cuencos, a veces parcialmente llenos de agua, etc.

Es por ello que algunos miembros del Club Europeo de ICOLD sugirieron a esta organización crear un Comité Técnico dedicado en exclusiva a esta materia, para que todos los países miembros de dicho Comité Técnico intercambiara experiencias con el objetivo último de frenar/reducir la proliferación de irresponsables utilizando las presas y sus estructuras auxiliares para el desarrollo de actividades inadecuadas. Comenzó su trabajo el pasado año y ya están preparando un estado del arte de la cuestión que concluirá con la redacción de un boletín (véase a este respecto el artículo "La 80ª Reunión Ejecutiva Anual de ICOLD y el XXIV Congreso Internacional de Grandes Presas" en este mismo número).

Pero hay un segundo aspecto que ese Comité planea estudiar en un futuro próximo: la vulnerabilidad de las presas y sus estructuras y/o elementos auxiliares ante acciones terroristas, sabotajes, o *acciones antrópicas o malevolentes*.

Un proyecto Europeo llamado DAMSE (3) estableció un sistema de clasificación de la vulnerabilidad de las presas (Riesgo Alto, Medio o Bajo) por acciones antrópicas, atendiendo a su mayor o menor accesibilidad por parte del público en general y a las consecuencias derivadas del fallo, divididas éstas en económicas (severidad de los daños comerciales asociados, daños en otras infraestructuras, impacto en la economía local y regional) y medio ambientales.

(1) Este es el método que recomienda utilizar la actual Directiva Europea frente a inundaciones.

Existen actualmente algunos sistemas similares al anterior, basados en la puntuación de una serie de aspectos básicos (screening), a través de los cuales es posible efectuar un análisis preliminar de la vulnerabilidad potencial de las presas, en función de la pérdida de la función para la que se diseñaron y de las consecuencias asociadas.

Un sistema complementario al anterior, y posterior a éste, sería la elaboración en las presas clasificadas como más vulnerables de *árboles de fallo*, a través de los cuales se podrían identificar qué componentes de la presa y/o de sus estructuras auxiliares son los más vulnerables y de qué forma lógica se produciría la cadena de sucesos que como consecuencia daría lugar a un fallo por acciones antrópicas o malevolentes.

3.4. Gestión de riesgos

Bajo esa denominación se incluye la investigación de todos los riesgos posibles y la posterior delimitación de los correspondientes mapas de riesgos, que junto con las características de presa e instalaciones permitirá luego llevar a cabo una evaluación de los mismos más efectiva, lo cual redundará en la realización de unos planes de actuación más fiables y reales mediante la puesta en práctica de medidas estructurales y no estructurales.

Actualmente en la mayor parte de los países desarrollados la mejor gestión de las situaciones de riesgo se efectúa mediante la gestión de las comunicaciones, el entrenamiento continuo del personal y la información a la población potencialmente afectada situada aguas arriba o aguas abajo de la presa.

Si bien se podrían dar recomendaciones generales en este sentido, en Europa, por ejemplo, y a pesar de que el grado de desarrollo de casi todos los países incluidos en ella es cada vez más parecido, el proceso de implementación de posibles Directivas Europeas que contemplen cómo gestionar esos riesgos, es muy complicado, al chocar con sistemas organizativos del Estado muy diferentes, especialmente en materia de aguas y de seguridad de presas.

Pero es que además la opinión pública pesa cada vez más en las decisiones que se toman por parte de los Estados. La actitud de la población potencialmente afectada aguas abajo de las presas, su relación histórica y cultural con ellas, la percepción

del riesgo que suponen, su grado de sensibilización ante temas de seguridad, las medidas de prevención, etc. son aspectos cada vez a tener más en cuenta a la hora de tomar dichas decisiones.

3.5. Educación y fortalecimiento de habilidades²

Es bien sabido que la educación juega actualmente un papel fundamental en el desarrollo de todas las sociedades.

En el caso de la ingeniería de presas, esa educación abarca ya no sólo aspectos técnicos que podríamos llamar clásicos, sino que actualmente se complementa con otros procedentes de otras disciplinas pero que en las últimas décadas han entrado con mucha fuerza en ella y que, además, evolucionan con muchísima rapidez. Es el caso de las nuevas tecnologías: sistemas informáticos, expertos y de comunicaciones.

En los países en vías de desarrollo el elevado número de presas que van a encontrarse en construcción en las próximas dos décadas siguen haciendo en ellos muy atractiva la profesión que podríamos llamar clásica. Incluso es atractiva para estudiantes de otros países que están dispuestos a viajar una vez finalizados sus estudios, a cambiar de residencia por largos períodos de tiempo, a conocer otras culturas y otras formas de trabajo. Este tipo de técnicos dispondrán en los próximos años de una gran variedad de trabajos fuera de sus países de procedencia para llevar a cabo labores de proyecto, construcción y asesoramiento técnico a administraciones, consultoras, constructoras y propietarios de esas futuras presas.

El Plan Bolonia, en Europa, promueve esa movilidad geográfica de los alumnos durante la realización de sus estudios, permitiendo que pasen algunos semestres en otras universidades. Eso facilita un proceso natural de adaptación a las condiciones de trabajo en el exterior y fomenta que una vez terminados sus estudios no les sea extraño buscar trabajo fuera de las fronteras de sus países de origen.

En gran parte de los países más desarrollados, sin embargo, la construcción de presas es una actividad cada vez más marginal, motivo por el cual la ingeniería de presas clásica no goza del prestigio que

(2) Es la mejor traducción que hemos encontrado al término *Capacity Building*, muy usado en sus informes por el Banco Mundial, Naciones Unidas y multitud de ONGs para referirse a esa idea.





Fig. 3. Simulador instalado en el Centro de desarrollo de recursos humanos de KEPCO (Japón).

tuvo en el pasado y no parece ser muy atractiva para las nuevas generaciones. Dado que en estos países a lo largo de la vida útil de las presas ya construidas van a estar implicadas varias generaciones de técnicos encargados de su explotación, mantenimiento y conservación, la transferencia del conocimiento (know how) entre unas y otras se ha convertido en una de las mayores preocupaciones, y ante la más que previsible ausencia de futuros técnicos en la materia es por lo que se hace necesario debatir como atraer hacia ese tipo de estudios a las futuras generaciones y como mejorar su formación y especialización.

En el 8º Simposio del Club Europeo de ICOLD, celebrado en Innsbruck en 2010 bajo el título *Seguridad de presas en un entorno cambiante y sostenible*, los dos temas principales tratados fueron precisamente *educación y transferencia de conocimiento*, poniendo de manifiesto la preocupación que Europa y más concretamente el Club Europeo tiene por estos dos temas.

El intercambio de experiencias y de conocimiento en materia de presas entre países recae sobre los distintos Comités Nacionales que se agrupan alrededor de ICOLD, organización que fomenta y tiene un gran interés en que se organicen este tipo de actividades y que actualmente dispone de un Comité Técnico (Z: Fortalecimiento de habilidades en materia de presas) para estudiar como impulsarlas.

El Comité Austriaco, por ejemplo, organiza periódicamente cursos de entrenamiento para el personal técnico encargado de la explotación de las

grandes presas pertenecientes a las más importantes compañías del país. También los organiza para propietarios de presas pequeñas. Y a otro nivel, organiza cursos teórico-prácticos de 4 ó 5 días, incluyendo visitas a algunas presas para hacer prácticas, para aquellos ingenieros encargados de la gestión de la seguridad de las presas.

El Comité Español de grandes presas viene organizando desde hace 2 años el *Master Internacional sobre seguridad y explotación de presas y balsas*, dirigido a la formación de técnicos en ambas materias, sean titulados o no. Se intenta ahora, con el apoyo del Club Europeo de ICOLD, organizar una experiencia piloto a nivel Europeo, con un modelo parecido al del Master español, pero particularizado para cada una de los países que integran el Club.

Otra forma de entrenar al personal técnico es el desarrollado por la compañía japonesa KEPCO. Dado que la primera causa de rotura de presas es el desbordamiento, ha desarrollado e instalado en sus oficinas un simulador que incluye, además de las principales características de cualquier presa, el pronóstico del tiempo, de precipitaciones y de caudales entrantes en el embalse, y que permite entrenar a los operadores de explotación de sus presas ante situaciones de avenida muy variables. Además, el sistema permite analizar a posteriori la estrategia seguida por el operador y corregir todos sus posibles errores, ya que toda la información relevante queda almacenada en el sistema: secuencia de aperturas/cierres de válvulas y compuertas, caudales entrantes y evacuados, etc.

4. Resumen de los artículos presentados a la sesión

4.1. Subtema 1: Accidentes/Incidentes en presas y embalses

ICOLD considera como accidente/incidente en una presa la liberación parcial repentina de un cierto volumen de agua, mientras que como rotura entiende la liberación total del agua almacenada en el embalse.

Disponer de una buena base de datos de accidentes y roturas de presas es esencial para la comunidad presística internacional para incrementar el conocimiento, extraer conclusiones y no repetir errores cometidos en el pasado.

Sudáfrica (Report 31) presenta las lecciones aprendidas a partir de los accidentes y roturas ocurridos en el país, después de 100 años construyendo presas. El mayor porcentaje de incidentes ocurrió hasta la década de los 50 del siglo pasado. La posterior promulgación de la legislación en materia de seguridad de presas ha tenido como consecuencia que no haya ocurrido ninguna rotura más desde entonces.

Francia en el R23 presenta una base de datos de incidentes ocurridos en presas (40 casos), diques (45) y motas de protección (120), relacionados con problemas de erosión interna y externa (desbordamiento), fundamentalmente franceses, aunque hay algunos casos de otros países. Se recogen en la base de datos un total de 30 casos de incidentes en presas pequeñas relacionados con problemas de erosión interna, de los cuales 6 son roturas.

El R1 establece la necesidad de prever la apertura de cualquier tipo de válvula o compuerta manualmente en caso de desactivación de los sistemas eléctricos y el R44 describe un sistema de predicción de avenidas a partir de datos de precipitaciones, que resulta muy interesante para organizar adecuadamente la explotación en caso de presentación de avenidas 6 horas antes de que se produzcan.

Sólo dos Reports, el 11 y el 28, hacen referencia a aspectos sísmicos. Este último describe como las presas cercanas a la localidad de Lorca no sufrieron ningún daño por el terremoto ocurrido el pasado año, registrándose tan sólo un pequeño desprendimiento de rocas en uno de los taludes del camino de acceso a una de las presas.

El R3 describe un problema en la presa Massingir (Mozambique) relacionado con el fallo de la única válvula que cierra cada uno de los conductos del desagüe de fondo. El caudal liberado se supone que fue de unos 1000 m³/sg. generando importantes daños aguas abajo. La existencia de una segunda válvula en serie con la anterior habría eliminado la posibilidad de ese fallo.

En el R21 se analiza el nivel de seguridad -utilizando métodos de fiabilidad- de una presa de gravedad de HCR (Choldocogagna) y de sus estructuras auxiliares, diseñadas todas de acuerdo con las normas de buena práctica en la materia. Concluyen los autores que este tipo de métodos son una magnífica alternativa a los probabilísticos, al tener

en cuenta las incertidumbres de todo tipo asociadas a los parámetros y métodos de cálculo. El resultado en este caso concreto es que respetando esas normas de buena práctica, el nivel de fiabilidad de la seguridad obtenida -de la resistencia al deslizamiento- es muy alto.

El R22 describe el trabajo realizado por el Cuerpo de Ingenieros Americano para detectar los modos potenciales de rotura de la presa Isabella y sus diques de colado después de la revisión de seguridad efectuada. En ésta se concluía que era muy urgente efectuar los estudios complementarios que fueran necesarios para reducir los déficits de seguridad observados en ella. De todos los posibles árboles de fallo, se concluyeron cuales eran los más críticos, que están asociados, mayoritariamente, a fenómenos de erosión interna del cimiento, a la presencia de un conducto que atraviesa la presa, a la aparición de grietas por movimientos sísmicos y a la presencia de una falla que atraviesa transversalmente la cimentación.

4.2. Subtema 2: Riesgos asociados a aspectos humanos y organizativos de la explotación

La vigilancia detallada y continua de una presa y de sus estructuras auxiliares y la recopilación, análisis e interpretación de los datos de auscultación, efectuadas por personal bien formado y experimentado, son, sin duda, los factores clave para poder evaluar correctamente cual es su seguridad.

Los *sistemas automáticos de adquisición de datos* por si solos no sirven para aumentar la seguridad. La forma de presentación de los datos obtenidos por ellos, sus correlaciones, el rango en el que deberían encuadrarse las lecturas, la comparación con los datos históricos, en definitiva, el juicio ingenieril, es lo que verdaderamente da esa seguridad.

Algo parecido ocurre con los sistemas de comunicaciones empleados para gestionar las situaciones de emergencia, que además deben ser redundantes. Si bien son un elemento más de seguridad, si la población potencialmente afectada no ha sido informada y entrenada previamente para saber qué debe hacer en esas situaciones, en la práctica servirán para muy poco. Además es preciso garantizar que incluso en esas situaciones tanto el suministro eléctrico como las comunicaciones funcionan correctamente (R1).

Como en España, China considera que los *sistemas de alerta temprana* o de *aviso a la población* en caso de situaciones de emergencia son esenciales para minimizar los daños aguas abajo y un aspecto fundamental de la seguridad (R41). La activación de los sistemas de aviso sigue un esquema en cierta medida similar al español: depende de la mayor o menor gravedad de la hipotética situación de emergencia, que ha sido previamente analizada en profundidad y que puede ser desde la presentación de avenidas, de inestabilidades de la estructura y/o de sus elementos auxiliares, de polución en el agua, de lecturas anómalas de los elementos de instrumentación, de sismos, etc.

Con respecto a los temas humanos y organizativos de la explotación de las presas, en situaciones normales o de emergencia, ante las interdependencias que muchas de ellas presentan entre sí, así como con otros sistemas complejos, el análisis de riesgos en general, y los árboles de fallo en particular, permiten actualmente evaluar como mejorarlos, como superar los déficits observados en ellos y cómo, con quién y dónde es preciso reforzarlos (R33).

Con respecto al mantenimiento de los equipos mecánicos, en el R34 se describe un interesante ejemplo de la forma en que dicho mantenimiento se realiza en Japón, de forma que su *nivel de seguridad sea lo más alto posible con el mínimo coste*. Esos equipos son sistemáticamente clasificados en función de las consecuencias derivadas de su rotura o funcionamiento incorrecto, en tres categorías: De *Impacto Social Alto*, *Medio* y *Bajo*. Las posteriores actividades de mantenimiento se organizan en función de esa clasificación, de forma que serán más frecuentes y más profundas en el caso de el equipo se haya clasificado como de Impacto Alto, y lo contrario en el caso de que su Impacto sea bajo.

Un mantenimiento ciertamente excepcional se describe en el R17. En Austria, la normativa de seguridad de presas vigente preceptúa efectuar un vaciado total del embalse cada 20 años para inspeccionar todas las partes relevantes de presa, estructura auxiliares y vaso del embalse.

4.3 Subtema 3: Regulación, Guías y normas de buena práctica

Varios países han presentado aspectos relacionados con sus regulaciones en materia de seguridad

de presas: Suecia (R2), Polonia (R4), Rusia (R5), Suiza (R9), Francia (R12 y R14) y España (R24).

El caso Sueco es muy interesante (R2). De las 10.000 presas que hay en el país, 500 han sido clasificadas de alto riesgo, atendiendo a las consecuencias derivadas de su rotura. Pero no hay una Ley específica relativa a qué seguridad deben tener, si bien ésta es responsabilidad del titular. Se creó hace unos años una Oficina independiente de seguridad de presas, a la que se encargó revisar junto con el titular, presa e instalaciones auxiliares. Los resultados obtenidos de dichas revisiones parecen incumplir las demandas actuales de la sociedad, por lo que se hace necesario redactar una nueva normativa que las tenga en cuenta.

Igualmente Polonia (R4) no dispone de normativa específica relacionada con las obras hidráulicas y no existe un centro de vigilancia de la administración para el control de la seguridad. Desde el año 2011 se viene efectuando una revisión de la seguridad de las presas, sólo desde el punto de vista hidrológico, de acuerdo con la Ley de Aguas. Concluye el trabajo la necesidad de formar mejor a los técnicos encargados de la seguridad y a los encargados de analizar e interpretar las lecturas de los elementos de auscultación instalados en las presas.

Suiza (R9) dispone de una actualización de la legislación existente de seguridad de presas, en la cual se delimitan las responsabilidades de cada una de las administraciones competentes en la materia y de los operadores de las presas. Las consultas públicas efectuadas previamente a su aprobación, en cada uno de los estados que constituyen la confederación helvética, las enmiendas efectuadas, y la forma en la que se han resuelto, han consumido un período de tiempo muy amplio.

Muy similar al modelo español, desde 2007 los requerimientos de seguridad de las presas francesas (vigilancia e inspecciones de detalle) dependen de la categoría en la que hayan sido clasificadas: A (Mayor riesgo), D (Riesgo menor). El sistema de clasificación está basado en la obtención de un parámetro que denominan *peligrosidad potencial*, y que se obtiene de la siguiente forma:

$$P = H^2 \sqrt{V}$$

siendo H la altura de la presa en m y V el volumen retenido por el embalse en m³.

El R24 efectúa una estimación de cual será el coste de adaptación de las aproximadamente 60.000 balsas existentes en España a la nueva normativa aprobada en 2008: unos 6.750 M€, con un coste anual de actividades relacionadas con la seguridad en explotación de 830 M€.

En relación con los temas sísmicos, y a la vista del importante terremoto ocurrido en Japón el pasado año, el Centro de Ingeniería de presas japonés presenta en el R40 el borrador de la Guía que ha desarrollado para evaluar correctamente el comportamiento dinámico de presas, y muy especialmente, el de sus compuertas.

4.4 Subtema 4: Riesgos específicos de las presas pequeñas

Se ha dicho en muchas ocasiones que las presas pequeñas presentan unos mayores déficits de seguridad que las grandes ya que en ellas, en general, suelen relajarse los estándares de diseño, de calidad de la construcción, y de las frecuencias de todas las labores de mantenimiento, conservación, vigilancia e inspección durante la explotación. No es por eso raro que en la práctica las estadísticas muestren que en ellas los accidentes y las roturas se presentan en un mayor porcentaje.

El R16 describe que en Indonesia se construyeron en la década de los 60 del siglo pasado muchas pequeñas presas para riego –llamadas *situ* y que son realmente en muchos casos balsas–. Después de la rotura de una de ellas en 2009 se efectuó una investigación de su estado y se llegó a la conclusión de que había que actuar con carácter inmediato en muchas de ellas. Para complicar las cosas, en la mayor parte de ellas, y por su cercanía al agua, a su alrededor se ha asentado mucha población. Las medidas estudiadas consisten en construir aliviaderos –inexistentes hasta ahora en muchas de ellas–, aumentar los resguardos, y muy especialmente, acometer labores de mantenimiento y conservación periódicos y de formación a los encargados de su explotación.

En Sri Lanka las importantes lluvias ocurridas en el país los años 2010 y 2011 provocaron la rotura de más de 500 presas pequeñas y 3 grandes. Una de las principales lecciones aprendidas fue que la mayor parte de ellas se había proyectado y construido en una época de sequía, por lo que las avenidas contempla-

das para el diseño de los aliviaderos fueron claramente subestimadas. Pero igualmente se detectaron graves fallos en ellas por el paso de mucha circulación pesada por las coronaciones, pérdidas de resguardo por asientos excesivos de la cimentación del cuerpo de presa, ausencia casi total de mantenimiento y conservación y falta de comunicación entre las organizaciones encargadas de explotarla y de asegurar su seguridad. Otra de las principales conclusiones es la necesidad de gestionar el recurso y la seguridad a nivel de cuenca hidrográfica.

En la China moderna se han producido hasta la fecha más de 3500 roturas de presas por desbordamiento, muchas de las cuales eran de materiales sueltos y pequeñas (R38). Tras el terremoto de 2008 en la provincia de Wenchuan, más de 2000 presas (grandes y pequeñas) sufrieron sus efectos. Las situadas a una distancia del epicentro de menos de 40 km resultaron totalmente dañadas, y sólo un 10% de las que se encontraban a distancias mayores tuvieron deterioros de importancia.

4.5 Subtema 5: Riesgos específicos en presas de residuos mineros, depósitos de sistemas reversibles, estructuras de todo tipo, etc.

En esquemas reversibles, y más concretamente para el diseño del aliviadero del depósito superior, es fundamental tener en cuenta la posibilidad de que una actuación negligente pueda provocar un desbordamiento de dicho depósito, como ocurrió en Ameren's Sauk Tamuk, en Estados Unidos, en 2005 (R18 y R19).

La aparente dificultad de calcular cual es la probabilidad de rotura de una presa por la ausencia de estadísticas fiables, dificulta la posibilidad de que las compañías de seguros fijen una cuota anual para una póliza de seguros que cubra tal eventualidad. El R30 propone un sencillo método para hacerlo, como suma de dos términos: p_1 y p_2 . p_1 sería la probabilidad de rotura determinada en la etapa de diseño y tendría en cuenta toda la información disponible de presa y cimiento en ese momento y p_2 –valor que caracterizaría el incremento de p_1 durante la explotación– es posible determinarla a través del análisis del comportamiento de 130 casos recogidos por los autores.

El R23, describe el avance de la investigación (ERI-NOH) en fenómenos de erosión interna en presas de



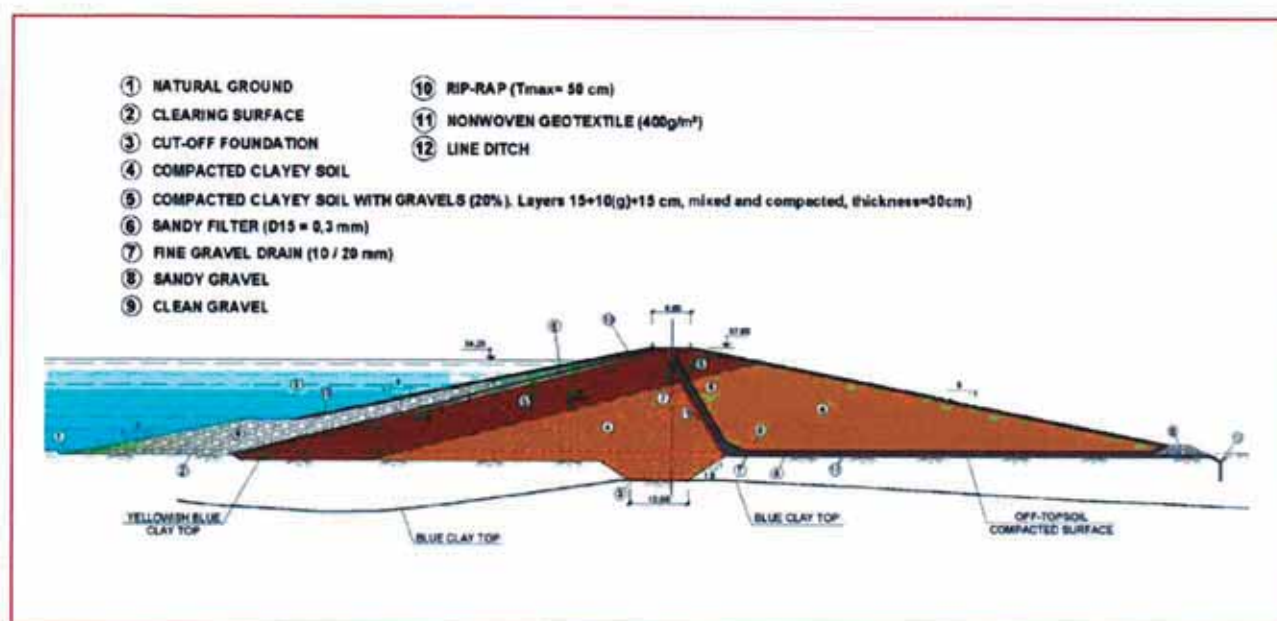


Fig. 4. Sección tipo del dique de cierre de la balsa La Restinga (Sevilla, C.H. Guadalquivir).

materiales sueltos efectuada por un grupo de trabajo francés, que puede ser de mucha utilidad en trabajos de mantenimiento y conservación y en la revisión de la seguridad de muchas de esas presas.

El uso de materiales de alta plasticidad, medianamente expansivos, con los que se construyó el dique de cierre de la balsa de La Restinga, cerca de Sevilla, se describe con todo detalle en R25. Una vez estudiadas, muy profundamente, las conocidas arcillas azules del Guadalquivir, se diseñó una sección tipo de la presa acorde a las mismas con taludes muy tendidos (1(V):5(H)), y para reducir la expansividad de esos materiales se mezclaron con hasta un 20% de otros granulares gruesos (gravas) existentes en las inmediaciones y fácilmente accesibles. El comportamiento del dique, hasta la fecha, una vez efectua-

do el llenado del embalse ha sido muy bueno, confirmando la adecuada elección de las mezclas llevadas a cabo.

El R42 describe la campaña de inspecciones efectuada en Japón, después del terremoto de Tohoku, a un total de 363 presas que sufrieron en su base aceleraciones del orden de un g, o incluso mayores, a pesar de que la distancia al epicentro era grande. Debido a que las solicitaciones sísmicas en Japón son frecuentes, la mayoría de las presas tiene sistemas de auscultación a partir de los cuales es posible obtener el espectro de respuesta. En cualquier caso, es destacable que los daños sufridos por las presas, que se describen, fueron muy pequeños. Sólo una, Fukinuma, no incluida en el ámbito de dicha normativa, se rompió. ♦



Referencias:

-(1) Boletín nº 59: Dam safety management. ICOLD, 1987

-(2) Bowles D.S. Tolerable Risk for Dams: How Safe is Safe Enough? Proceedings of US Society on Dams Annual Conference, March, Philadelphia, Pennsylvania, 2007.

-(3) Escuder, I. et al. "DAMSE project. A European Methodology for the Security Assessment of Dams". Proceedings of the XXIII International Congress of Large dams, Brasilia. ICOLD, 2009.

Q93. Safety

Since its creation, one of the biggest concerns of the International Commission on Large Dams (ICOLD) has been dam safety, as shown by the high number of bulletins addressed to this issue written by this organization, and by number of times this aspect has been included and discussed at the congresses, which are held every three years.

In 1979, ICOLD created the Technical Committee on Dam Safety, to which entrusted the mission to develop a new philosophy on dam safety. In 1987, in his famous Bulletin No. 59, concluded that ... *safety must take priority over any other consideration*. This Committee -one of the most numerous of ICOLD, with more than 30 member countries - has been working since 1982 on dam safety field.

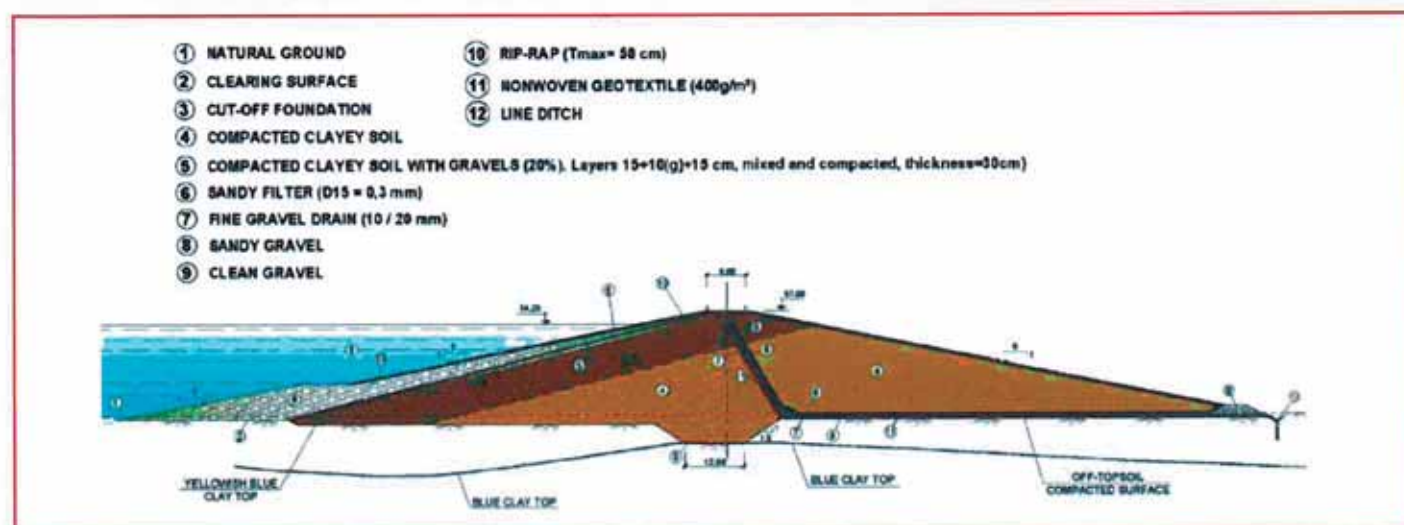
In the last three decades, safety, in a general sense, has been chosen eleven times to be discussed on ICOLD Congresses. Dam safety considered in a broadest sense, but has been discussed also what's the most appropriate way for being managed. Incidents, failures, aging, rehabilitation, safety assessments, and risk analysis have been aspects very well discussed and deeply studied.

The paper describes how the 93th question of the 24th International Congress on Large Dams, which was newly devoted to Dam safety, was developed, and what have been the main conclusions reached after the presentations made by the authors selected by the question's chairman and whose papers are conveniently described on the General Report.



Simulator installed at the Center for Human Resource Development KEPCO (Japan).

And finally, the paper describes how to transfer properly the knowledge between two different generations: one that designed and constructed dams on the past and another one that probably will not do that on the future but however will maintain and preserve them. Very different activities, all of them with a high degree of specialization, but not very clear today how to proceed. This was discussed on the 8th Symposium ICOLD European Club, held in Innsbruck in 2010 and it is possible to say that is one of the major concerns of the European Club of ICOLD today. ♦



La Restinga Dam Cross section (Sevilla, Guadalquivir Authority river basin).



Gestión de avenidas

Flood discharge

Revista de Obras Públicas
nº 3.536, Año 159
Octubre 2012
ISSN: 0034-8619
ISSN electrónico: 1695-4408

Fernando Esteban García. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza (España). festeban@chebro.es

Alfredo Granados García. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

ETSI Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Madrid (España). a.granados@upm.es

Resumen: Las avenidas son un tema de gran interés por su relación directa con la seguridad de la presa. En la cuestión 94 del 24 Congreso de ICOLD las avenidas se han abordado desde el punto de vista de la gestión, muy importante en la fase de explotación de las presas. En el presente artículo se describen los trabajos presentados a la citada cuestión, en los cuales se muestran las experiencias y tendencias actuales sobre: nuevas metodologías y normativas de cálculo, riesgos específicos que se afrontan durante la evacuación de avenidas, impacto de los estudios actualizados en las presas existentes y acciones para su adaptación.

Palabras Clave: Capacidad de vertido; Avenida de proyecto; Adaptación de aliviaderos; Normas de explotación; Riesgos específicos; Obras de restitución

Abstract: Floods are a very interesting subject owing to their relationship with dam safety. Question 94 of the 24th ICOLD Congress has dealt with flood discharge, which is very important from the operation point of view. This article describes the submitted reports, in which present experiences and trends are shown: new methodologies and design standards, specific risks that arise during flood routing, impact of new flood computations on existing dams and upgrading actions.

Keywords: Discharge capacity; Design flood; Spillway upgrading; Operation rules; Specific risks; Energy dissipation structures

1. Introducción

La cuestión 94 del 24 Congreso Internacional de Grandes Presas, celebrado en junio de 2012 en Kyoto, se ha dedicado a la gestión de avenidas. Los temas relacionados con las avenidas han suscitado siempre un gran interés debido a que tienen una relación directa con la seguridad de la presa e influencia en el dimensionamiento, diseño de sus órganos de desagüe y establecimiento de usos y normas de explotación. Por ello se han abordado en repetidas ocasiones y desde distintos puntos de vista en diferentes congresos y boletines de ICOLD:

- Q.90. Brasilia 2009. Mejora de presas existentes.
- Q.87. Barcelona 2006. Evaluación y gestión de inundaciones y sequías.
- Q.79. Pekín 2000. Aliviaderos y seguridad de presas.
- Q.71. Durban 1994. Envejecimiento de aliviaderos y desagües.

- Q.63. San Francisco 1988. Avenida de proyecto y estrategia de laminación.
- Q.50. Nueva Delhi 1979. Aliviaderos y desagües de gran capacidad.
- Q.41. Madrid 1973. Control de avenidas y disipación de energía durante la construcción y la explotación de las presas.
- Q.12. Nueva Delhi 1951. Métodos de determinación de la máxima avenida. Selección y dimensionamiento de aliviaderos y desagües.
- Boletín 156. 2012. Gestión integrada del riesgo de avenidas.
- Boletín 142. 2011. Seguridad en la laminación de la avenida extrema.
- Boletín 108. 1997. Coste del control de avenidas en presas. Revisión de la literatura y recomendaciones.
- Boletín 82. 1992. Avenida de proyecto. Estado del arte.
- Boletín 58. 1987. Aliviaderos de presas.

Se admiten comentarios a este artículo, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de diciembre de 2012. Recibido: septiembre/2012. Aprobado: septiembre/2012



Tabla 1. Relación de informes Q.94

Informe	Autores	Título	País
R1	Satrapa L., Broucek M., y Pechar J.	Study on measures to increase the capacity of protective structures on Orlik dam	República Checa
R2*	Bergström S., Andréasson J. y Graham L.P.	Climate adaptation of the Swedish guidelines for design floods for dams	Suecia
R3	Kennewell Van A., Taylor M.J. y Hakin W.	Doing more with less: an innovative design approach to a new spillway control system	Australia
R4*	Herweynen R., Wallis M. y Griggs T.	Spillway design trends: some recent Australian case studies	Australia
R5*	Willey J., Ewing T., Wark B. y Leslie E.	Complementary use of physical and numerical modelling techniques in spillway design refinement	Australia
R6*	Akalay M.B., Zakaria A. y Ferhan M.	Conception et dimensionnement de l'évacuateur de crue du barrage Wirgane	Marruecos
R7	Chraïbi A.F.	Protection contre les érosions à l'aval du bassin de dissipation du barrage de Mohamed ben Abdelkrim el Khattabi	Marruecos
R8*	Yang Y., Andreasson P.	Instability of embankment dams due to headward erosion caused by spillway flood discharge	Suecia
R9	Erpicum S., Machiels O., Piroton M., Nagel V. y Laugier F.	Piano key weir (PKW) solution to upgrade Raviege dam spillway (France)	Bélgica
R10	Kosik A.	Downstream erosion, Wloclawek dam. Characteristics of the process	Polonia
R11*	Drobot R. y Draghia A.F.	Design floods obtained by statistical processing	Rumanía
R12*	Bellendir E.N., Volynchikov A.N. y Sudolskiy G.N.	Boguchany HPP additional spillway: necessity of construction and peculiar features of design	Rusia
R13*	Leite Ribeiro M., Pfister M., Boillat J.L., Schleiss A.J. y Laugier F.	Piano key weirs as efficient spillway structure	Suiza
R14*	Aruppola S.R.K. y Palangasinghe P.S.	Victoria dam, Sri Lanka. Manual operation criteria for moderate flows over automated operations	Sri Lanka
R15	Boes R.M.	Guidelines on the design and hydraulic characteristics of stepped spillways	Suiza
R16	Frossard E. y Rabei M.	La reconfiguration de l'évacuateur du barrage de Koudiat-Acerdoune (Algérie)	Francia
R17*	Bollaert E.F.R., Duarte R., Pfister M., Schleiss A.J. y Mazvidza D.	Physical and numerical model study investigating plunge pool scour at Kariba dam	Suiza
R18	Geringer J., Nazzal M. y Saloojee A.	Spillway and energy dissipation design considerations for Metolong dam	Sudáfrica
R19	Hirschowitz P., Robinson B., Knoesen S. y Gibbons F.	A case study of flood lines for multiple dam failures	Sudáfrica
R20*	Nortje J.H.	Upper-bound estimation of extreme flood peaks by statistical analysis of regional record maximum flood peaks	Sudáfrica
R21*	Paquet E., Lang M. y Carre J.C.	SCHADEX method for extreme flood estimation: overview, applications and perspectives	Francia
R22*	Vermeulen J. y Laugier F.	Design and construction of new innovative labyrinth piano key weir spillways (PKW)	Francia
R23	Aigouy S., Albert C., Degoutte G., Deroo L., Doms E., Frossard E., Fruchart F., Lang M. y Le Delliou P.	Guidelines for design of dam spillways in France	Francia
R24	Dasgupta B., Das K., Basu D., Green R. y McGinnis R.	Computational approach to predict rock erosion in unlined spillways	Estados Unidos
R25	Kocahan H.T., Wyckoff R., y Kennewell, V.	Use of auxiliary spillways controlled with fusegates to upgrade dams with inadequate spillways	Estados Unidos



Tabla 1. Relación de informes Q.94 (continuación)

R26	Humar N. y Kryzanowski A.	The Drtjiscica case study. Restoration of the stilling basin for improvement of hydraulic conditions	Eslovenia
R27*	Lafuente R., Esteban F., Merino M., de Diego P., Martínez J.L. y Corchera L.J.	Heightening of Yesa Dam: an opportunity to upgrade flood control management	España
R28	Estrella S., Sánchez Juny M., Dolz J., Ibáñez de Aldecoa R., Rodríguez J. y Balairón L.	Recent trends in stepped spillways design: behavior without sidewalls	España
R29	Mateos C., Elvira V., Cordero D. y Ramos del Rosario T.	Regulated siphons for advance discharge in floods	España
R30*	Martín Carrasco F.J., Muñoz J.G. y Granados A.	Risks associated to flood control dams located on extremely dry areas	España
R31*	Kubo A., Fijisawa T., Higuchi A. y Yoshida H.	Redevelopment of Tsuruda dam	Japón
R32	Tochigi I., Nomoto K., Saito G., Hino T. y Ikeda, K.	A study on improving flood control methods for extraordinary floods	Japón
R33	Harada M., Takasu S., Yoshida H. y Ikeda T.	Overview of the planning of the Kanogawa dam tunnel spillway	Japón
R34*	Fujita A. y Kataoka K.	Dam inflow prediction system based on distributed rainfall-runoff model	Japón
R35	Kashiwayanagi M., Fujita Y., Nakano A., Uchida S., Odagawa M. y Yagome Y.	Hydrodynamic pressure action on spillway gates and waterway of hydropower plants during large earthquakes	Japón

* Informes seleccionados para su presentación en las sesiones del congreso

- Boletín 49a. 1986. Explotación del sistema hidráulico de las presas.

En este congreso el tema se ha analizado desde el punto de vista de la gestión, muy importante hoy en día en el que se cuenta con un gran número de presas construidas y se va prestando progresivamente una mayor atención a la explotación, seguridad (de la propia presa y de lo situado aguas abajo) y aprovechamiento de los recursos.

La cuestión se desarrolló durante cuatro sesiones de trabajo, dos la tarde del día 7 y otras dos la mañana del 8. Para la presentación oral y discusión en las sesiones, los informes recibidos se agruparon en cuatro subtemas, que fueron tratados de forma individual en cada una de las cuatro sesiones de trabajo. Los subtemas seleccionados fueron:

- Evaluación, revisión y selección de las avenidas de proyecto y extrema.
- Tendencias actuales en el diseño y adaptación de aliviaderos.
- Riesgos específicos en la evacuación de avenidas: maniobra de compuertas, evacuación de elementos flotantes.
- Elementos de disipación de energía: cuencos amortiguadores y erosión aguas abajo.

La mesa presidencial estuvo compuesta por:

- Presidente: B.P. Machado (Brasil)
- Vicepresidente: E. Cifres (España)
- Relator general: J. Guo (China)
- Secretario: J. Kashiwal (Japón)

Se incluye a continuación un resumen general de las aportaciones y casos presentados en la cuestión 94.

2. Relación de informes presentados

Se recibieron un total de 35 informes provenientes de 16 países (ver Tablas 1 y 2), de los que se seleccionaron 17 para su presentación oral en las sesiones (1).

Tabla 2. Número de informes presentados por países

Informes presentados	País
5	Japón
4	Francia y España
3	Australia, Sudáfrica y Suiza
2	Estados Unidos, Marruecos y Suecia
1	Bélgica, Eslovenia, Polonia, República Checa, Rumania, Rusia y Sri Lanka

El informe general lo preparó la Doctora Jun Guo del China Institute of Water Resources and Hydropower Research (IWHR) (2).

3. Evaluación, revisión y selección de las avenidas de proyecto y extrema

Determinar lo mejor posible las avenidas a las que puede estar sometida la presa es un campo en el que se producen avances de manera continua y que ha tenido un gran desarrollo en estos últimos años, debido a que se cuenta con un mayor conocimiento de los procesos físicos que definen el comportamiento hidrológico y con herramientas más potentes para su estudio y modelización. A la par de este desarrollo también se revisan periódicamente las normativas y estándares en los distintos países para adaptarlos al estado del arte en la materia. Los cambios en la legislación introducen condiciones más exigentes poniendo un mayor énfasis en la seguridad de la presa: avenidas de mayor periodo de retorno, mayores resguardos de seguridad, acciones y condiciones de desagüe no contempladas anteriormente, etc.

La razón principal que motiva estos avances es la incidencia que tienen las avenidas sobre la seguridad, ya que entre un cuarto y un tercio de las roturas de presas se producen por sobrevertido, llegando en las presas de materiales sueltos a ser de hasta tres cuartas partes del total. Existen también otras razones que propician la actualización y revisión de los estudios hidrológicos, entre las cuales cabe destacar: el estudio del impacto del cambio climático, la aplicación de nuevos modelos y la disposición de series de datos más largas y fiables, y el estudio particularizado de fenómenos que se producen en determinadas regiones del planeta como: la coincidencia de fuertes lluvias con el deshielo o el control de las avenidas y el aprovechamiento de sus recursos en zonas extremadamente áridas.

3.1. Revisión de la capacidad de vertido en presas existentes

Se observa que en muchos casos los resultados de estas actualizaciones dan avenidas de magnitud superior a las empleadas anteriormente, que unido a otros criterios que puedan venir impuestos por

cambios en la normativa hacen necesaria la revisión de la capacidad de vertido de las presas en explotación y la adecuación en su caso.

En función de las conclusiones de la revisión puede ser necesaria la realización de acciones en la presa para cumplir con las nuevas condiciones. Estas acciones están encaminadas a obtener: mayor capacidad de vertido, mayor capacidad de laminación y mayor resguardo; siendo las líneas principales de actuación las siguientes:

- Modificación del aliviadero de la presa: Incremento del desarrollo del vertedero, incremento del calado vertiente o construcción de un nuevo aliviadero auxiliar.
- Recrecimiento de la presa. Aumento la capacidad del embalse.
- Restricciones en el llenado. Volumen destinado a laminación de avenidas.
- Combinación de varias de las acciones anteriores.

Algunos ejemplos de países en los que se han actualizado los estándares de diseño y están empezando a afrontar la adaptación de sus presas existentes son:

- Suecia (R2, R8). Normativa actualizada en el año 2007, se tiene en cuenta el impacto del cambio climático y los casos extremos en los que se suman las puntas de fuertes precipitaciones con el deshielo. Una proporción importante de los aliviaderos estudiados no cumple con las nuevas normas, que son más restrictivas y se incrementa la punta de los caudales entre el 15% y el 50%. Los criterios de diseño varían en función del riesgo o categoría en la que esté clasificada la presa.
- República Checa (R1). Presenta el caso de la presa de Orlik, en la cual la actualización de las avenidas a un periodo de retorno de 10.000 años ha hecho necesaria la revisión de la seguridad hidrológica de la presa y su capacidad de laminación y desagüe. Se realiza una descripción de las alternativas consideradas para su adaptación, que incluyen la posibilidad de reforzar la presa (de gravedad) para que admita vertidos por coronación.
- Australia (R3, R4). La selección de la avenida de proyecto se hace en base a una guía técnica



Tabla 3. Normativa para la selección de la avenida de proyecto (Australia)

Riesgo	Probabilidad de excedencia anual
Extremo	PMF (Probable Maximum Flood)
Alto - A	PMPDF (Probable Maximum Precipitation Design Flood)
Alto - B	Entre 10^{-4} y PMPDF o 10^{-6}
Alto - C	Entre 10^{-4} y PMPDF o 10^{-6}
Medio	Entre 10^{-3} y 10^{-4}
Bajo	Entre 10^{-2} y 10^{-3}

del Comité Australiano (ANCOLD) del año 2000. Los criterios de selección de la categoría de la presa varían en función del riesgo (ver Tabla 3). Se presenta como ejemplo la presa de Little Para, en la que tras la actualización era preciso considerar la PMF como avenida de diseño. Se comprobó que el aliviadero era insuficiente y se ha construido un aliviadero auxiliar dotado con compuertas fusibles.

- Francia (R9, R23). En Francia el periodo de retorno de la avenida de proyecto se fija en función de la tipología de presa (fábrica o materiales sueltos) de su altura y de su capacidad. Como ejemplo se detalla el estudio del nuevo aliviadero de la presa de La Raviège, necesario tras la actualización del estudio hidrológico y la evaluación de la capacidad de laminación y los resguardos.
- Rusia (R12). Incluye la descripción detallada de la necesidad de un nuevo aliviadero para la presa de Boguchany y sus características de diseño.
- Japón (R32). Constata que en los últimos años ha habido un cambio en los datos hidrológicos, las lluvias son más concentradas, lo que obliga a revisar los usos y estrategias de laminación de las presas.

Cuando se lleva a cabo una actualización de las avenidas es conveniente analizar los resultados obtenidos y comprobar que son lógicos. Para ello es útil la realización de estudios de sensibilidad de los parámetros y el contraste de distintas metodologías. El aumento de la magnitud de las avenidas puede suponer la modificación de los órganos de desagüe, de la presa en sí o de sus usos y normas de explotación, con el consiguiente coste. Esta comprobación

es necesaria para que las medidas correctoras a establecer sean adecuadas y evitar sobredimensionar los elementos del sistema.

3.2. Metodologías de cálculo y estimación de avenidas

En las ponencias recibidas se comprueba que los métodos probabilísticos y determinísticos (PMF) siguen siendo de amplia aplicación (R11, R20). Si bien se observa que se están desarrollando y se emplean cada vez más los modelos de simulación lluvia-escurrimiento, que se complementan con la realización de análisis estocásticos y permiten obtener un set de avenidas, distintas en punta y volumen pero asociadas a una misma probabilidad, con el que se puede caracterizar mejor el riesgo hidrológico y dimensionar los órganos de desagüe de la presa (R21, R34).

Se señala también la importancia de que los métodos empleados consideren las características particulares de cada caso. Aparte de los procesos convencionales (precipitación, infiltración y transporte), en los estudios de avenidas se deben tener en cuenta otros factores como el efecto del cambio climático o las situaciones específicas de zonas concretas (deshielo, ocurrencia de eventos convectivos, etc.); que pueden suponer variaciones importantes en los resultados, con el consiguiente incremento del riesgo en la seguridad de la presa (R2).

Los estudios sobre el impacto del cambio climático son importantes para tener una visión a largo plazo de la evolución del comportamiento hidrológico, tanto desde el punto de vista de las aportaciones como de las avenidas. A día de hoy se conoce el fenómeno y se tiene una idea de qué causas puede provocar, pero existen todavía incertidumbres importantes, por lo que el análisis de sus resultados debe efectuarse con cautela. Conforme avancen los modelos y se disponga de una mayor cantidad de datos, se irán obteniendo resultados más fiables y se entenderá mejor el fenómeno.

En el informe R23 se exponen los criterios que se emplean en Francia para el cálculo de avenidas y el dimensionamiento de aliviaderos. En lo referente a metodología cabe destacar la tendencia al desarrollo y utilización de modelos hidrológicos de simulación del proceso lluvia-escurrimiento y en cuanto a criterios de diseño la recomendación de analizar el comportamiento del embalse cuando se presentan diversas



Fig. 1. Recrecimiento de la presa de Yesa. Vista general de las obras.

avenidas seguidas, lo cual puede tener un efecto equivalente o incluso más desfavorable que la ocurrencia de otras de mayor periodo de retorno.

Un tipo particular de avenida entrante, que se genera de manera totalmente distinta a las producidas por la precipitación, son las ondas de rotura de presas situadas aguas arriba (R19). Las ondas de rotura no se determinan mediante modelos hidrológicos, sino mediante modelos en los que se simula la rotura de la presa y el posterior tránsito del flujo hacia aguas abajo. Es importante conocer los hidrogramas que puede recibir la presa como consecuencia del fallo de otras situadas aguas arriba. En general, estos hidrogramas de entrada no se emplean de forma específica para diseño de presa y sus órganos de desagüe, pero sí para establecer los ries-

gos que se afrontan y los planes de emergencia que deriven de ello.

3.3. Mejora de funcionalidad y seguridad a partir de un recrecimiento

El recrecimiento de una presa es una magnífica opción para la mejora global de los aspectos relativos a su funcionalidad y seguridad. Supone un incremento del vaso del embalse, tanto en volumen almacenado como en superficie inundada. Por lo que todas las funciones en las que tienen influencia estos parámetros se ven beneficiadas. La ventaja de este tipo de intervención es que no solo permite atender la finalidad principal sino que además tiene beneficios adicionales en las otras facetas.

Un buen ejemplo de recrecimiento y de las mejoras adicionales que ofrece es el de la presa de Yesa (R27). La presa sirve para el abastecimiento de la ciudad de Zaragoza y los riegos del canal de las Bardenas. Se trata de un recrecimiento de 30 m de altura, cuya finalidad principal es completar la regulación del río Aragón. El río Aragón tiene una aportación media anual de 1.322 hm³. La presa existente tiene una capacidad de 447 hm³ y va a pasar a 1.079 hm³.

La necesidad de recrecimiento para aumentar la capacidad de regulación se aprovecha también para mejorar su seguridad y la gestión de avenidas. Para ello, además del propio recrecimiento de la estructura, se han considerado las siguientes cuestiones a la hora de diseñar el nuevo aliviadero y fijar los resguardos:

- Adaptación a la nueva normativa de seguridad, en la cual se establecen criterios más restrictivos a los existentes en el momento de construcción de la presa.
- Actualización del estudio hidrológico y de avenidas, con series de datos más largas y de mayor calidad.
- Actualización del estudio de laminación. Es importante reseñar que una vez recrecida la presa se dispone de una mayor superficie inundable, lo que redundará en una mejor laminación de las avenidas, ya que las aportaciones de la riada se pueden almacenar transitoriamente en el embalse con una sobreelevación menor.
- Condicionantes aguas arriba de la presa. La sobreelevación en avenidas no debe afectar a las poblaciones existentes en la cola del embalse (Sigües).
- Condicionantes de laminación y protección de las poblaciones situadas aguas abajo. En concreto Sangüesa, situada en la confluencia de los ríos Irati y Aragón. Realización de un estudio de laminación conjunta de las presas de Itoiz y Yesa. Debido a que la presa de Itoiz tiene un aliviadero de labio fijo, se decide que dos de los cuatro pozos que conforman el aliviadero de Yesa estén regulados con compuertas, de tal forma que se cuente con un control de los vertidos y se puedan minimizar los riesgos aguas abajo.

El nuevo aliviadero se dispondrá recreciendo los cuatro pozos con que cuenta el aliviadero actual,

que han tenido un comportamiento satisfactorio en sus 50 años de servicio. En su momento el diseño se ayudó de un modelo reducido que se realizó *in situ*. Para el recrecimiento se ha realizado un modelo de uno de los pozos en las instalaciones del CEDEX (Madrid, España)

4. Tendencias actuales en el diseño y adaptación de aliviaderos

En este subtema se agrupan ejemplos prácticos sobre intervenciones realizadas en aliviaderos y trabajos de investigación en laboratorio para la caracterización de nuevas tipologías. El estudio de nuevas variantes es de interés de cara al diseño de nuevos aliviaderos y muy especialmente para la adaptación de los existentes.

Existen dos restricciones básicas que condicionan los diseños y las alternativas a plantear en los proyectos de adaptación de aliviaderos: la ubicación y configuración del nuevo aliviadero y la restitución al cauce de los nuevos caudales.

En cada proyecto se debe realizar un estudio de alternativas ajustado a sus características particulares (R1). Para la selección de la alternativa más efectiva es habitual tener en cuenta la evaluación económica y el análisis de riesgos, a los cuales según el caso se pueden añadir otros criterios: medioambientales, tecnológicos, complementariedad con otros usos, plazo de ejecución, etc.

4.1. Aliviadero auxiliar

La construcción de un aliviadero adicional es una opción muy empleada para incrementar la capacidad de vertido de una presa. En varios de los casos presentados se adopta esta solución.

En general se mantiene el aliviadero existente como aliviadero principal. Es decir, que el aliviadero existente es el que se emplea de forma habitual en explotación ordinaria (por ejemplo, hasta la avenida de proyecto) y el aliviadero adicional se diseña como un aliviadero de emergencia que entra en funcionamiento para evacuar las crecidas extraordinarias. Al aliviadero principal se le exige un buen comportamiento en todos sus elementos: embocadura, canal de descarga y estructura de disipación de energía y restitución al cauce. Mientras que al aliviadero de emergencia solo se le exige

seguridad, tal que en eventos extremos se le puede permitir el agotamiento puntual de los resguardos, pequeñas erosiones locales, etc.

Un ejemplo de aliviaderos adicionales diseñados con este criterio, es la alternativa que se se ha empleado en algunas presas de gravedad de Australia (R4) disponiendo este aliviadero adicional en los bloques de los estribos. Son aliviaderos con mucha longitud de vertedero y caudal específico muy bajo, en los que la restitución es básicamente una losa de protección del pie de presa.

En otros casos este tipo de aliviaderos de emergencia se disponen independientes del cuerpo de presa y se regulan mediante compuertas fusibles (R25).

4.2. Aliviaderos escalonados

Los aliviaderos con paramento escalonado han tenido un gran desarrollo en paralelo al de las presas de hormigón compactado. Su estudio se ha realizado con profusión en distintos centros de investigación y universidades con objeto de poder aprovechar mejor sus ventajas y limitar sus problemas. Su principal ventaja es que el flujo pierde velocidad en la caída, por rozamiento con los remolinos que se forman en los escalones, disipándose una parte importante de energía, de forma que se pueden realizar cuencos amortiguadores más pequeños. Su desventaja más representativa son los problemas de durabilidad, debido a que se puede producir cavitación y desgaste de los escalones.

La ventaja que supone una mayor disipación de energía en el canal de descarga se ha tenido en cuenta en el diseño del nuevo aliviadero de superficie de la presa de Boguchany, en Rusia (R12). La disposición de un aliviadero escalonado ha permitido encajar un cuenco más pequeño y con un diseño no convencional, con la solera inclinada que se adapta a la excavación existente.

En el R15 se hace una revisión del estado del arte sobre aliviaderos escalonados, resumiéndose sus características básicas de funcionamiento y los criterios generales de diseño: tipos de flujo, aireación, diseño del escalonado inicial y disipación de energía, y se detallan las últimas investigaciones llevadas a cabo en el laboratorio del ETH (Zúrich, Suiza) centradas en la disposición y diseño de aireadores para prevenir la cavitación.

En España, el Instituto FLUMEN de la UPC (Barcelona) continúa los estudios para la caracterización de este tipo de aliviaderos. En el R28, presenta los primeros resultados de análisis realizados sobre aliviaderos escalonados sin cajeros laterales. La ausencia de cajeros puede suponer una reducción de costes en la construcción. Su funcionamiento se caracteriza por el que flujo al no tener constricciones laterales se expande, produciéndose una disminución del caudal específico a lo largo del canal de descarga y una mayor pérdida de energía al pie de presa. La estructura de restitución al cauce puede ser más económica que la de un aliviadero con cajeros. Se ha efectuado una campaña de ensayos en el modelo ALIVESCA, estudiándose distintos anchos de vertedero (7,5 m, 15 m y 22,5 m) y registrándose la distribución de caudales, las velocidades, los caudales y la concentración de aire a lo largo y ancho del canal de descarga. En los resultados obtenidos se comprueba que se produce una reducción del caudal específico en el pie de presa de entre un 50% y un 70%. Se pretende continuar con los trabajos de esta nueva línea de investigación (regiones con riesgo de cavitación, campo de presiones en los escalones, campo de velocidades y de flujo en la entrada a la obra de restitución, introducción de cajeros convergentes en la parte inferior del aliviadero, etc.) para poder definir mejor las características hidráulicas de funcionamiento en ausencia de cajeros y posibilitar su aplicación efectiva.

Prescindir del escalonado en el canal de descarga de una presa de hormigón compactado puede ser necesario bajo determinadas condiciones, una de ellas es por razones ambientales, para facilitar el paso de los peces (R4). En otros casos, en los que no sea posible eliminar el escalonado y se considere importante el paso de peces, se establecen normas de explotación tratando que los vertidos sean en régimen *skimming* el mayor tiempo posible; ya que en régimen *nappe* se registran mayores tasas de muerte debido al golpeteo de los peces contra los escalones del aliviadero.

4.3. Aliviaderos tipo tecla de piano (PKW)

Otro tema de desarrollo reciente que está siendo investigado y que ha sido empleado en algunas presas en Francia (Goulours, Saint-Marc, L'Étroit y Gloriettes) son los aliviaderos con vertedero de tipo

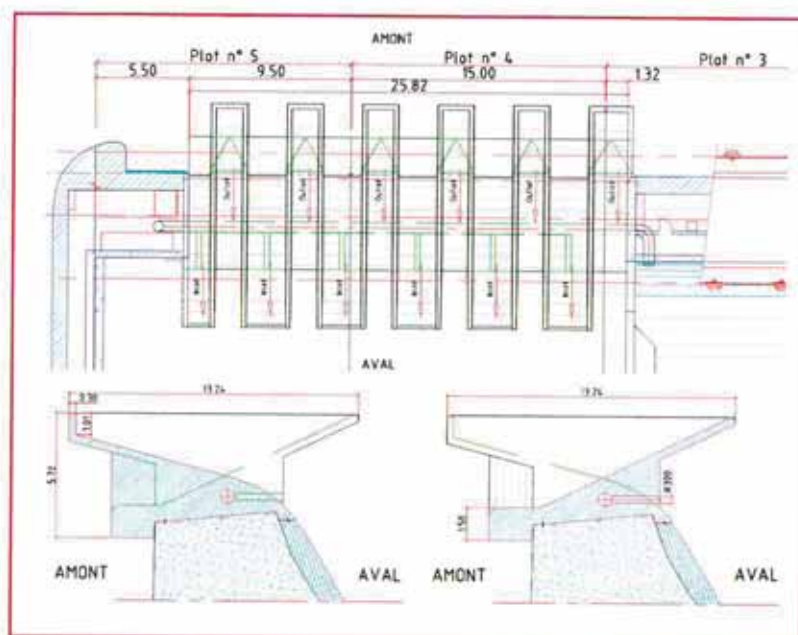


Fig. 2. Presa de La Raviège. Planta y secciones del aliviadero auxiliar tipo PKW.

tecla de piano (PKW - Piano Key Weir). Este tipo de vertedero es una variante de los aliviaderos en laberinto, con planta recta, más compacta, y que ocupa una superficie menor, de manera que pueden acoplarse bien en el ancho de coronación de una presa de gravedad (R22).

Al igual que los aliviaderos en laberinto se caracterizan por contar con un labio de gran desarrollo y tener por tanto mayor capacidad que un vertedero convencional. Es un tipo de aliviadero útil en cerradas estrechas o sitios de espacio limitado y puede serlo en la adaptación de presas existentes en las que sea necesario contar con una mayor capacidad de vertido.

Al ser una tipología de aliviadero relativamente reciente, existe un gran campo en la caracterización hidráulica de su funcionamiento y en la optimización de su diseño mediante ensayos sistemáticos en laboratorio (ULg - Lieja, Bélgica y EPFL - Lausana, Suiza). Los estudios hidráulicos se centran en el análisis del espesor de los muros, la geometría de los módulos, las embocaduras de inlets y outlets, los módulos o teclas laterales y en la formulación de modelos teóricos de funcionamiento (R9, R13).

Un caso práctico de aplicación es el nuevo aliviadero de la presa de La Raviège, en Francia (R9), que precisaba un aumento de su capacidad de vertido consecuencia de la actualización del estudio hidrológico. Este aumento se conseguirá mediante la construcción de un nuevo aliviadero com-

plementario, que se instalará sobre el cuerpo de presa anexo al existente. Debido al reducido espacio con el que se contaba para su ubicación se optó por un aliviadero tipo PKW, que se ha estudiado en detalle en modelo reducido. Los resultados muestran la mayor de capacidad de este tipo de vertedero (hasta tres veces en comparación a un vertedero convencional de igual longitud) y su buen comportamiento, resaltando la buena aireación en su incorporación al canal de descarga.

Además de la caracterización hidráulica es importante conocer también su comportamiento estructural para asegurar una buena durabilidad, ya que son estructuras relativamente esbeltas, mucho menos robustas que las que conforman los aliviaderos convencionales.

4.4. Uso de compuertas fusibles

Las compuertas fusibles son otra posibilidad que se puede emplear en la adaptación y mejora de aliviaderos, especialmente para afrontar condiciones extremas. Este tipo de compuertas son piezas prefabricadas que conforman el vertedero, que pueden tener forma plana o en laberinto y que en unas condiciones determinadas de nivel de embalse se desestabilizan (habitualmente de manera secuencial), de forma que se abren vanos con mayor calado vertiente y mayor capacidad de vertido.

Una aplicación concreta de su uso a la que se hace referencia en los artículos presentados es para regular los aliviaderos secundarios o de emergencia. En el R25 se presentan dos casos significativos en lo relativo a evolución de este tipo de compuertas (tanto en dimensiones como en materiales). El primero es el aliviadero auxiliar de la presa de Canto, en Estados Unidos en el que se han instalado compuertas fusibles de hormigón de 9,75 m de altura; y el segundo es la presa de Little Para en Australia, en cuyo aliviadero auxiliar se han empleado compuertas de 4,95 m fabricadas con acero inoxidable del tipo duplex LDX 2101.

4.5. Aliviaderos en presión

Otra de las alternativas que se presentan para mejorar la capacidad de descarga de una presa existente es mediante la construcción de un aliviadero en presión. Se trata de una alternativa muy útil

en lugares de orografía abrupta y cerradas estrechas en las que no es posible disponer aliviaderos más grandes. En su configuración, se puede optar por la ejecución de conductos de gran diámetro en el propio cuerpo de presa o bien por la construcción de un túnel en uno de los estribos de la presa. Ejemplos de estas soluciones son los trabajos realizados en las presas de Tsuruda y Kanogawa en Japón.

En la presa de Tsuruda (R31) se van a construir 5 nuevos conductos de 5 m de diámetro, 3 para su uso como desagües de fondo y 2 como toma hidroeléctrica. En el informe presentado se describen los problemas principales que se afrontan durante la construcción: vibraciones que se producen al horadar el cuerpo de presa, tensiones que se pueden generar en los bloques (de 15 m de anchura) e instalación de un escudo frontal y una estructura de rejas y ataguía.

En la presa de Kanogawa (R33) se ha construido un túnel en la margen derecha de 11,5 m de diámetro. La comunicación describe los condicionantes y la solución adoptada haciendo hincapié en los problemas específicos de diseño que pueden tener este tipo de soluciones: trazado, altas velocidades de circulación, durabilidad del revestimiento, entrada de sedimentos y restitución al cauce.

4.6. Aliviaderos en sifón

Los aliviaderos en sifón son otra opción aplicable cuando se precisa mejorar la capacidad de desagüe de una presa (R29). El diseño de este tipo de aliviaderos y la posibilidad de regularlos y hacer un uso avanzado de los mismos para la gestión de avenidas es una de las líneas de investigación que se vienen desarrollando durante los últimos años en el Laboratorio de Hidráulica del CEDEX.

Una de las ventajas que ofrecen los aliviaderos en sifón regulables es la posibilidad de realizar vertidos cuando el embalse se encuentra por debajo del labio del aliviadero, de manera que en una fase temprana de la avenida se puede realizar un vaciado preventivo y conseguir una mejor laminación. Para poder realizar estas operaciones el sifón debe ser regulable, para ello se utilizan diseños con dos cámaras separadas por un deflector y un sistema de bombeo que permite inyectar agua del embalse para su cebado y accionamiento.

Estas maniobras preventivas de vertido, al igual que las que se pueden efectuar con las compuertas de un aliviadero o de un desagüe de fondo, podrían ocasionar problemas aguas abajo, por lo que deben estar claramente definidas en las normas de explotación. Para reducir el riesgo de mal funcionamiento de estos sifones regulables se recomienda:

- Que el cebado de los distintos sifones que compongan el aliviadero se realice de manera secuencial.
- Que esta opción de uso avanzado (preventivo) sea empleada únicamente en situaciones extraordinarias. Para lo cual se activará de forma manual, mientras que en las situaciones ordinarias el aliviadero tendrá un funcionamiento automático.
- Que la estrategia se apoye en un modelo de decisión bajo la supervisión de una autoridad con conocimiento de la situación hidrológica en la cuenca, tanto aguas arriba (previsión de avenidas) como aguas abajo (caudales circulantes y previsión de daños).

4.7. Uso de modelos CFD

En los últimos años ha habido un avance muy importante en el uso de los modelos numéricos de simulación de flujo (CFD - Computational Fluid Dynamics) y su aplicación al sistema hidráulico de las presas: desvío del río, aliviadero, desagües de fondo, tomas, escalas de peces, etc. El uso creciente de estos modelos se debe fundamentalmente a dos razones: por un lado al desarrollo de herramientas mejores y más potentes, que son accesibles y comprensibles para un público mayor; y por otro, a que permiten realizar experimentos de forma rápida, económica y productiva.

Las ventajas de los modelos CFD es que son rápidos y económicos. Se pueden desarrollar y adaptar en poco tiempo y se pueden emplear en todas las fases del diseño. En las fases preliminares (predimensionamiento y comparación de soluciones) se emplean modelos más básicos, calibrados a partir de la experiencia previa o mediante fórmulas; y para las fases de proyecto, construcción y explotación se utilizan modelos más finos y detallados. En estas fases de detalle es recomendable complementar los modelos CFD con modelos reducidos de laboratorio.



En el informe R5 se hace un análisis sobre el uso de los modelos CFD y su comparación con los modelos físicos, resultando muy interesantes las conclusiones obtenidas, que son:

- Los modelos CFD producen muy buenos resultados en zonas de velocidad baja.
- Con mallas gruesas se obtienen resultados aceptables, útiles para los diseños preliminares y los estudios de comparación de soluciones.
- La experimentación con modelos CFD es fácil y rápida. Se puede aplicar al estudio de soluciones innovadoras sin necesidad de realizar inversiones significativas.
- Los modelos CFD tienen que progresar en lo relativo a determinación de presiones, flujo turbulento, aireación vibraciones y resalto hidráulico.
- En la práctica es recomendable el uso conjunto y complementario de los modelos CFD. De forma que se puedan calibrar los parámetros, comparar los resultados y refinar los diseños finales.

5. Riesgos específicos en la evacuación de avenidas: maniobra de compuertas y evacuación de elementos flotantes

En los informes presentados se incluyen experiencias y recomendaciones relativas a los riesgos que pueden producirse en la gestión y evacuación de avenidas en relación a fases de vida o emplazamientos particulares de las presas.

5.1. Riesgos por erosión en relación a la maniobra de compuertas

La presa Victoria en Sri Lanka (R14), es una presa bóveda, que cuenta con un aliviadero regulado con compuertas de 8 vanos. Al tratarse de un aliviadero ancho en relación al cauce los vertidos de los vanos laterales inciden sobre las laderas produciendo erosión, con el consiguiente riesgo para la seguridad de la presa. Para evitar que siga avanzando esta erosión se han modificado las compuertas, que han pasado de funcionamiento automático a manual; y se ha modificado la secuencia de apertura de las mismas, antes de margen derecha a margen izquierda y actualmente del centro hacia los lados. Complementariamente se han revisado las normas

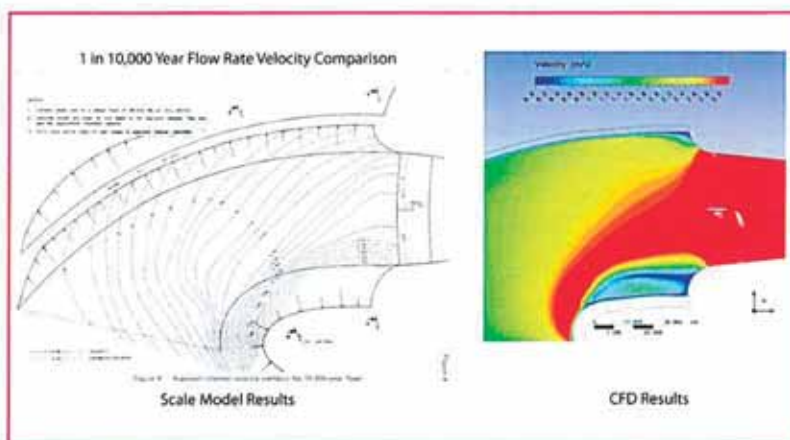


Fig. 3. Presa de Blue Rock. Comparación de resultados. Modelos físico y CFD.

de explotación para disponer de una metodología de laminación que tenga en cuenta el riesgo de erosión en las laderas, intentando evitar el uso de las compuertas laterales.

Se trata también en este artículo sobre los aspectos tecnológicos en países en vías de desarrollo; incluyendo en que se deben emplear elementos que sean baratos, robustos y fáciles de utilizar, dejando en un segundo plano posibilidades más complejas y avanzadas.

El aliviadero de la presa de Wirgane (Marruecos) presentaba un problema similar (R6). Se trata de una presa de gravedad, con un aliviadero de 4 vanos, que restituye las aguas al cauce mediante un trampolín. Se había detectado que en la salida del trampolín una parte del chorro se expandía lateralmente e impactaba sobre las laderas y no en el cauce. Para su corrección se efectuó un estudio apoyado en un modelo reducido a partir de cuyos resultados se optó por disponer cajeros laterales en cada uno de los vanos y así reconducir mejor el flujo hasta la salida, con un reparto más homogéneo. También se establecieron normas de operación de las compuertas para la evacuación de avenidas estableciendo un orden de apertura del centro hacia los extremos.

5.2. Riesgos durante la construcción y adaptación de presas

Las fases de construcción o de adaptación de las presas son momentos singulares en los que se afrontan riesgos específicos que han de ser tenidos en consideración. En el informe R4 se juntan una serie de recomendaciones al respecto:

- Seleccionar alternativas que minimicen estos riesgos.
- Prestar atención al plan de obra, evitar la época de mayor riesgo.
- Rebajar el nivel de embalse si es posible y disponer de un sistema de control y alerta que permitan una reacción rápida.
- Disponer un plan de emergencia específico.

5.3. Riesgos en presas situadas en zonas extremadamente frías

En la comunicación R12, referente a la presa de Boguchany (Rusia), se exponen los riesgos que se pueden generar debido a las condiciones de frío extremo y cómo se han tenido en cuenta en el diseño del nuevo aliviadero. Para impedir la congelación de los mecanismos se dispone un conjunto ataguías por delante de las compuertas de forma que estas se encuentren en un recinto seco durante el periodo invernal. Este recinto cuenta con un sistema para el drenaje de las fugas de la ataguía y otro de calefacción para evitar la formación de hielo. Las compuertas son del tipo vagón y se maniobran mediante un pórtico grúa. La huella de los escalones del aliviadero tiene una pendiente del 4% para evitar que se acumule agua en su superficie. Adicionalmente, se instalan barreras aguas arriba de las ataguías para evitar el vertido de grandes placas de hielo por el aliviadero.

5.4. Riesgos en presas de laminación en zonas extremadamente áridas

Existen regiones extremadamente áridas en las que los cauces pueden estar varios años con una aportación mínima o completamente secos y de repente sobrevenir fuertes avenidas que producen grandes daños en cultivos y poblaciones. Esta situación se produce en el Sureste de España. Son zonas con pluviometría media muy baja pero concentrada en eventos convectivos extremos, denominados localmente Gota Fría. Para la protección ante avenidas de estas zonas se han ejecutado planes como el del Segura (1987-1997). Entre las infraestructuras de protección destacan las presas de laminación de avenidas, que afrontan una serie de riesgos específicos derivados de su función y de las características climáticas de la zona (R30):

- Las tormentas de gran intensidad producen un flujo muy erosivo, que puede taponar y dejar fuera de servicio los desagües de fondo de la presa.
- No se puede realizar un primer llenado lento y controlado, debido a que la aportación es mínima o nula.
- La presa está inactiva durante largos periodos de tiempo y puede llenarse en horas durante una avenida.

En el informe se incluye una serie de recomendaciones para el diseño y explotación de este tipo de presas. Estas recomendaciones se asientan sobre dos ideas principales: que los equipos y estrategia deben sencillos y efectivos y que se debe intentar aprovechar los recursos hídricos, muy valiosos en estas zonas.

- La tipología de presa y su equipamiento deben ser lo más robustos posibles y estar preparados para largos periodos de inactividad.
- Se aconseja el diseño de aliviaderos de labio fijo y la instalación de compuertas en los desagües de fondo.
- Se indica la estrategia de laminación con los desagües de fondo cerrados, porque es simple, minimiza el riesgo de taponamiento y posibilita el uso posterior del agua.
- La estrategia de vaciado del embalse se debe evaluar teniendo en cuenta la previsión de avenidas y el estado global del resto de presas y cauces en la cuenca.

5.5. Riesgos específicos en zonas sísmicas

Se presenta un estudio sobre la respuesta al sismo de determinados elementos de la presa realizado en Japón (R35). Se analizan las compuertas del aliviadero, los conductos alojados en el cuerpo de presa y las chimeneas de equilibrio de las centrales hidroeléctricas, determinándose las cargas hidrodinámicas que soportan durante un terremoto. Se trata de un estudio teórico en el que se comparan los resultados obtenidos en un modelo numérico con un modelo físico, con el objeto de conocer mejor el comportamiento de estos elementos ante el sismo y establecer una guía sobre la prevención de fallos en componentes sensibles de las presas.



Fig. 4. Presa de Los Rodeos. Avenida del 30 de septiembre de 2009.

6. Elementos de disipación de energía: cuencos amortiguadores y erosión aguas abajo

La disipación de energía y la restitución de los caudales al cauce es otro tema que suscita amplio interés, tanto por su relación con la seguridad como por su incidencia sobre el medio ambiente; y en cuyo contexto se han presentado diversas comunicaciones en las que se relacionan experiencias concretas en explotación normal y extraordinaria y trabajos de investigación.

6.1. Cuenco amortiguador y trampolín de lanzamiento

La presa de Koudiat-Acerdoune en Algeria (R16) se diseñó con un aliviadero rematado con un tram-

polín de lanzamiento de dintel liso. En comprobaciones posteriores de la geología del punto de impacto se observó que el impacto podría socavar al pie de la ladera izquierda y producir un deslizamiento importante. Para solucionar el problema, se ha diseñado un nuevo trampolín en el que cual se ha dividido el flujo prolongando los cajeros de cada vano hasta el trampolín y a su vez se ha modificado el diseño del dintel para cada uno de los vanos, con el propósito de que se voltee la lámina y se distribuya mejor longitudinalmente; de forma que la restitución se reparta sobre una superficie mayor y el caudal específico de impacto y el riesgo de socavación sean menores.

En el informe R18 se presentan los trabajos de ensayo en modelo reducido para el diseño del aliviadero de la presa de Metolong (Sudáfrica). Se trata



www.CooperativaCaminos.com

Almagro 42 - Plta. Baja - 28010 Madrid - T. 91 702 17 50 - M. 608 59 53 67 - informacion@cooperativacaminos.com

DESCUBRA NUESTRO CATÁLOGO DE NAVIDAD

catálogo navidad 2012

**VINOS
CAVAS
CHAMPAGNE
JAMONES
ACEITE
TURRÓN
CESTAS
LOTES NAVIDEÑOS.**



Le invitamos a visitar nuestra página web, donde descubrirá una amplia oferta de productos de alta calidad con la que podrá transmitir la imagen que desea de su Empresa. Con la posibilidad de realizar las entregas a las direcciones indicadas por usted.

www.cooperativacaminos.com



de una presa de HCR de planta recta. El problema principal en el proyecto del aliviadero es el encaje del cuenco amortiguador en un cauce estrecho y el diseño de los cajeros, que deben ser convergentes ya que el vertedero tiene una longitud mayor. Se analizan varias soluciones en modelo reducido y se aprovechan los trabajos para comparar los resultados obtenidos en el modelo físico con modelos CFD y con los modelos teóricos resultantes de las investigaciones del ETH y la UPC.

6.2. Erosión aguas abajo

Entre las ponencias recibidas se distinguen dos procesos básicos de erosión en la restitución de los caudales al río:

- El primero es debido al impacto de los chorros en el terreno y a su acción combinada con un flujo altamente turbulento. Se produce en los trampolines de lanzamiento y en los vertidos libres desde las presas bóveda. Un ejemplo muy conocido es el caso de la presa de Kariba (Zambia/Zimbabue), una presa bóveda de 128 m de altura en la que existe un socavón de unos 80 m de profundidad a pie de presa.
- El segundo es un proceso más lento, menos espectacular, que se produce en una gran parte de las presas en explotación debido a las turbulencias que se forman a la salida de los cuencos amortiguadores y los trampolines sumergidos.

A los procesos del primer tipo (impacto) se les suele prestar mayor atención, tanto en la etapa de diseño como en la de explotación. Se efectúan estimaciones y se realizan cálculos basados en resultados empíricos, se reproducen modelos físicos y se comparan con las observaciones obtenidas. Mientras que los segundos (erosión progresiva) solo son objeto de vigilancia cuando empiezan a producir problemas durante la explotación. Están menos estudiados en el campo de las presas, aunque se trata un problema analizado en otras disciplinas como la hidráulica fluvial (encauzamientos blandos, cimentación de estructuras, etc.).

Respecto a la erosión derivada del impacto directo de los vertidos se generan dos cuestiones importantes: cómo se produce y hasta dónde puede desarrollarse. Se trata de un proceso complejo que

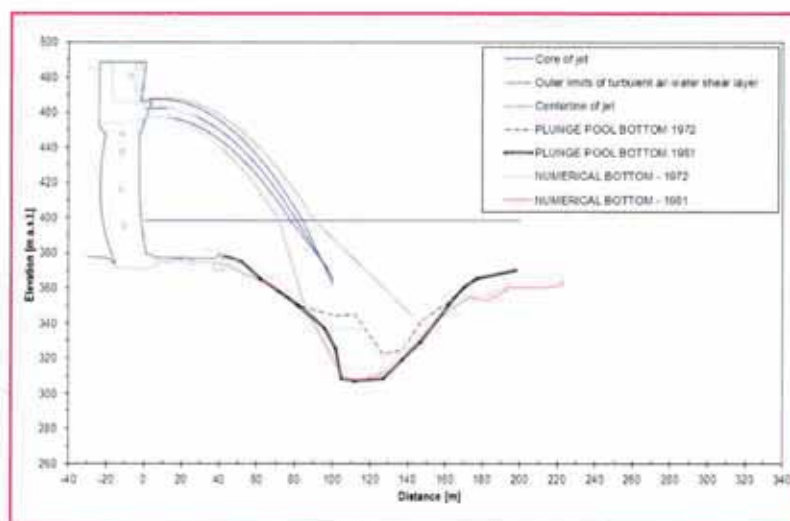


Fig. 5. Presa de Kariba. Sección por el aliviadero. Resultados del modelo (EPFL).

debe ser particularizado para la geología concreta de cada caso.

En el laboratorio de hidráulica de la EPFL se lleva tiempo analizando el fenómeno de la erosión y se ha desarrollado un modelo que se ha aplicado a la presa de Kariba (R17). Como se ha indicado, es un caso muy conocido, dada la importancia de la presa y sobre todo de su embalse, de 180 km³ de capacidad. Se trata de un modelo híbrido (físico-teórico-numérico) que se desarrolla en cuatro fases: estudio de la geometría actual, desarrollo futuro del cuenco de erosión, verificación de los resultados obtenidos y ajuste al comportamiento histórico y establecimiento de medidas correctoras.

En la comunicación R24 se efectúa también un análisis teórico sobre los mecanismos de erosión y deslizamiento en aliviaderos sin revestir. Combina un modelo CFD para simular el flujo y obtener el campo de presiones con otro geomecánico que reproduce el desprendimiento de bloques de roca. Como casos de estudio se han seleccionado el socavón de la presa de Kariba y el aliviadero de la presa de Canyon Lake (EEUU). Este segundo es un caso de erosión regresiva, similar al ocurrido en la presa de Ricobayo (España).

El proceso de erosión progresiva, se trata también en varios de los informes presentados, en los que se resalta que habitualmente es infravalorada y que se manifiestan cuando se evacúan las primeras avenidas de cierta magnitud, entre el 30% y el 50% de la avenida de proyecto.

En Suecia se ha realizado una investigación con modelos reducidos de 4 presas para caracterizar es-

tos procesos erosivos (R8). En dicho estudio se ha comprobado que la descarga caudales de avenida superiores a los que circulan habitualmente por el río produce una serie de remolinos y oleaje que puede provocar la erosión progresiva de las orillas, justo aguas abajo del cuenco amortiguador. Una vez comienza este tipo de erosión, la geometría varía pudiendo formarse un remolino que potencie y amplifique el efecto erosivo rápidamente. Concluye que es importante dimensionar bien los muros que delimitan el cuenco amortiguador y su salida, en previsión de que en esos puntos se produzcan erosiones locales, que los desestabilicen y puedan dar lugar a averías más graves.

Un caso representativo de este tipo de proceso es el acaecido en la presa de Mohamed Ben Abdelkrim El Khattabi en Marruecos (R7). La primera vez que se vertió una avenida relevante (caudal punta del 34% del de diseño) se produjo una socavación muy importante a la salida del cuenco amortiguador, mayor que lo previsto en los modelos hidráulicos empleados para su proyecto. Para su corrección se ha diseñado un canal revestido que aleja el punto de restitución a unos 180 m del pie de presa.

Otro caso es el expuesto en el artículo R26, en el que se pone de manifiesto la importancia de la restitución al cauce de los caudales evacuados por el aliviadero. Se trata de la presa de Drtjiscica en Eslovenia. Es una presa de materiales sueltos para laminación de avenidas, cuyo aliviadero principal es una galería en presión con salida inmediatamente a pie de presa. En un episodio de avenida se produjo una socavación del pie de presa. Tras el estudio posterior se determinó que el cuenco amortiguador no estaba ni bien dimensionado, ya que no se habían calculado correctamente los calados del río aguas abajo y el resalto no estaba confinado; ni bien ubicado, ya que estaba justo a pie de presa, agravándose el efecto de la erosión.

Otro enfoque de la erosión aguas abajo es cuando se analiza un tramo de gran longitud, no solo de la zona contigua a la presa. Para ello se emplean herramientas de hidráulica fluvial. En el informe R10 se presenta un estudio de este tipo, para la presa de Wloclawek, en Polonia, en el río Vístula. El análisis de los procesos se hace a otra escala, e interesa tanto la erosión como la sedimentación. El objetivo es determinar la influencia global que la presa tiene aguas abajo (variación del nivel del río, disminución

de producción hidroeléctrica, aportes sólidos a otras presas o tomas de agua, etc.) y establecer las medidas correctoras necesarias.

7. Conclusiones

La gestión de avenidas ha adquirido en los últimos años una importancia creciente, debido a su relación directa con la seguridad y explotación de la presa.

Se realizan actualizaciones periódicas de los estudios de avenidas atendiendo a las causas siguientes: ajuste a las nuevas normativas que se van estableciendo en los distintos países, empleo de nuevas metodologías y uso de series de datos más largas y de mejor calidad, y análisis de nuevas acciones como el impacto del cambio climático u otras particulares, características de determinadas zonas del planeta cuyos procesos físicos se conocen y modelizan mejor.

Como resultado de estas revisiones es habitual la obtención de avenidas de mayor magnitud a las empleadas para el diseño de la presa, lo que obliga a revisar su capacidad de laminación, niveles extraordinarios y resguardos de seguridad. Como consecuencia de ello muchas presas se tienen que adaptar. Las formas básicas para llevar a cabo esta adaptación son: modificación del aliviadero de la presa para que tenga mayor capacidad (mayor vertedero, mayor calado o aliviadero auxiliar); modificación de las normas de explotación, estableciendo un volumen destinado a laminación; recrecimiento de la presa y aumento del volumen de embalse; o una combinación de varias de las medidas anteriores. Las soluciones de recrecimiento son muy potentes y aunque pueden representar un coste superior permiten la intervención y mejora de todas las facetas básicas de la presa: capacidad de regulación, capacidad de laminación, seguridad estructural y resguardos. Para la selección de las alternativas de adaptación se emplean fundamentalmente los criterios económicos y el análisis de riesgos, si bien se consideran también otros factores como los medioambientales, la adaptabilidad de la solución, etc.

En lo relativo a metodologías para el estudio de avenidas se debe resaltar el empleo creciente de los modelos lluvia-escorrentía, que combinados con técnicas de simulación estocástica permiten la ob-

tención de un abanico de avenidas distintas en punta y aportación, pero asociadas a un mismo periodo de retorno, con las que se puede realizar una estimación más precisa del riesgo hidrológico y un mejor dimensionamiento de la presa y sus órganos de desagüe.

En la adaptación de aliviaderos se presentan una serie de condicionantes de cara al estudio de alternativas. Los más importantes son la implantación en cerradas estrechas y la restitución al río de caudales más altos. Por ello las tendencias actuales de diseño y las líneas de investigación se centran en tipologías que tienen ventajas en estos sentidos. Las principales son: el empleo de aliviaderos escalonados para aprovechar la disipación de energía que se produce en el canal de descarga, lo que posibilita la construcción de estructuras de restitución más reducidas; el desarrollo de aliviaderos tipo PKW, con la misma idea que los aliviaderos en laberinto pero más compactos, de manera que pueden ubicarse sobre la coronación de presas de gravedad; el uso de compuertas fusibles para la regulación de aliviaderos auxiliares; la construcción de aliviaderos en presión, en túnel o en el propio cuerpo de presa para poder disponer de mayor capacidad de desagüe en valles angostos; y el uso de aliviaderos en sifón, con las posibilidades de explotación avanzada que ofrecen de cara a la evacuación preventiva de avenidas.

Se observa el auge que ha experimentado el uso de los modelos numéricos CFD en el estudio de los elementos del sistema hidráulico de las presas y en concreto en el diseño de nuevos aliviaderos y en la intervención en los existentes. Este auge es debido a que se trata de una herramienta rápida, económica y que proporciona buenos resultados. Se pueden preparar modelos básicos para la fase de estudio de alternativas y más finos y complejos para las de diseño y construcción, en las que se recomienda su uso conjunto con los modelos físicos.

Los riesgos que se producen en la evacuación de avenidas en relación a fases de vida y emplazamientos particulares de las presas se deben de tener en cuenta en el diseño y establecimiento de las normas de explotación. La estrategia de laminación se debe analizar con cuidado de cara a mitigar posibles problemas de erosión en el cauce aguas abajo. En climas extremadamente fríos se han de tomar medidas para evitar la congelación de los mecanismos de accionamiento de las compuertas y el vertido de grandes placas de hielo por el aliviadero. En zonas extremadamente áridas en las que se pueden producir lluvias de gran intensidad y corta duración se recomienda la adopción de tipologías de presa muy robustas, el uso de aliviaderos de labio fijo, la disposición de válvulas en los desagües de fondo y el establecimiento de normas de explotación muy sencillas, que permitan laminar eficazmente las riadas y aprovechar los recursos hídricos que aportan.

Las estructuras de restitución de caudales y disipación de energía son elementos muy importantes en relación a la seguridad de la presa, por lo que es conveniente conocer lo mejor posible los procesos de erosión que pueden desarrollarse en las mismas. En general estos procesos se pueden clasificar en dos tipos: la erosión que se produce por impacto directo del chorro, característica en trampolines de lanzamiento y en vertidos de presas bóveda; y la erosión progresiva que se produce a la salida de cuencos amortiguadores y trampolines sumergidos. Tradicionalmente ha preocupado más y se ha prestado más atención al primer tipo, mientras que el segundo solo era objeto de análisis una vez mostraba sus efectos después de alguna avenida significativa. Hoy en día se están desarrollando muy buenas herramientas que permiten conocer mejor los mecanismos de desarrollo de ambos procesos y establecer medidas preventivas y correctoras de los mismos. ♦

Referencias:

- (1) Q 94. Flood discharge. Proceedings 24th ICOLD Congress, Kyoto, 2012.
- (2) GUO J., General report Q 94. Flood discharge. Proceedings 24th ICOLD Congress, Kyoto, 2012.

Q94. Flood discharge

Question 94 of the 24th ICOLD Congress has dealt with flood discharge. This article describes the submitted reports, in which present experiences and trends are shown: new methodologies and design standards, specific risks that arise during flood routing, impact of new flood computations on existing dams and upgrading actions.

Flood discharge is a subject of increasing importance because of its direct relationship with safety and dam operation.

Flood computations are revised periodically due to the existence of new standards and regulations, new methodologies, new data series and new processes (as the impact of the climate change) that were previously ignored or misunderstood.

As a result of these updates it's common to obtain larger floods than the ones that were used for the original design. Thus, a general revision of the flood routing, spillway capacity and safety freeboards is necessary. As consequence of this revision several dams need to be adapted. The basic adaptation alternatives are: upgrading the spillway (making it larger or deeper or installing an auxiliary one), changing the operation rules setting a flood routing pool, heightening the dam to have a larger reservoir or a combination of the previous. The heightening alternative is powerful; although it may be the most expensive it permits the upgrading of all basic features of the dam: conservation, flood routing and structural safety. The selection between the different alternatives is usually done with economic and risk analysis criteria, while in particular cases other factors as the impact on the environment or the adaptability of the alternative are also considered.

Rain-runoff models are spreading as a very useful tool for determining design floods. The combined use of these models with stochastic simulation makes possible to obtain a set of floods (different in peak and volume but same in frequency) that could be used for a more accurate estimation of the hydrologic risk and a better design of the dam and its hydraulic system.

The main constraints that arise in spillway upgrading to new requirements are: the location and the general arrangement of the new spillway and the energy dissipation of higher flows. Thus, the trends and research topics in spillway design are focused on typologies that have advantages in those subjects. The main ones are: the use of stepped spillways for dissipating energy through the channel, making possible the construction of smaller stilling basins; the development of PKW spillways,

based on the same idea of the labyrinth ones, but more compact so they could be placed on smaller places as a gravity dam crest; the use of fusegates for controlling emergency spillways; the construction of tunnel spillways or large outlets in the dam body, to improve the discharge capacity in dams located on narrow valleys; and the use of adjustable siphons, that offer the possibility of an advance operation to make preventive discharges for flood routing.

It's remarkable the growing use of CFD models for the study of the hydraulic system of dams and specifically of the spillways. This raise is due to their efficiency, being a fast and economic tools. Basic models could be useful during the preliminary design phases for comparing alternatives, while more detailed models are used for the final design and construction phases, in which it's recommended its combined use with the physical laboratory models.

Submitted reports stress also on the specific risks that may face flood discharge in particular regions of the planet or during particular phases of the dam life. Those specific risks should be taken into account in design and operation. Specific operation rules and emergency plans should be established during construction or upgrading phases. Flood routing strategies of controlled spillways should analyze in detail possible erosion problems downstream. In extremely cold regions actions for avoiding the freezing of the mechanisms and the discharge of large ice plates should be implemented. In extremely arid regions where flash floods may occur, it's recommended the design of flood control dams of the more robust types, the use of uncontrolled spillways and the installation of control valves in the outlets. It's also recommended to route floods with the outlets closed, because it's an easy and effective strategy, it minimizes the risk of clogging and it enables the use of water resources.

The energy dissipation structures and the erosion downstream have been also topics of wide interest. It's convenient to improve knowledge on the erosion processes due to its relationship with the dam safety. Erosion processes could be classified into two main types: the first is the produced by direct impact of flow, it may arise in sky jumps and arch dams; and the second one is the observed just downstream stilling basins and submerged bucket dissipators. Traditionally the first has received much more attention and the second has been underestimated. In the present, new models have been developed. These models could help for the better understanding of both types, so they could be better predicted and remedial actions better design. ♦



Envejecimiento y mejora

Ageing and upgrading

Revista de Obras Públicas
nº 3.536. Año 159
Octubre 2012
ISSN: 0034-8619
ISSN electrónico: 1695-4408

Francisco J. Sánchez Caro, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Vocal del Comité Nacional Español de Grandes Presas.

Geotecnia de Proyectos y Obras (GEOprob), Madrid (España). fsc@geoprob.com

Irene Domingo Comeche, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Jefe de Servicio, Confederación Hidrográfica del Ebro, Zaragoza (España). idomingo@chebro.es

Manuel G. de Membrillera Ortuño, Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos

Vocal Colaborador del Comité Español de Grandes Presas. Miembro de AUSGETI

Director de Operaciones, OFITECO, Madrid (España). megomezdemembrillera@ofiteco.com

Resumen: En este artículo se sintetiza y comenta las principales contribuciones orales y escritas presentadas en la cuestión "Q95. Envejecimiento y mejora", desarrollada durante el pasado XXIV Congreso Internacional de Grandes Presas celebrado en Kyoto.

Palabras Clave: Presas; Envejecimiento; Mejora; Riesgos; Comportamiento a largo plazo; Puesta fuera de servicio; Seguridad sísmica; Hormigón y mampostería; Materiales sueltos y Presas de escollera con pantalla de hormigón

Abstract: This paper summarizes and comments on the main oral and written contributions submitted to "Question 95. Ageing and upgrading", which took place during the XXIV International Congress on Large Dams, held in Kyoto.

Keywords: Dams; Ageing; Upgrading; Risks; Long-term Behavior; Decommissioning; Seismic Safety; Concrete and Masonry; Embankment and CFRD

1. Introducción

La cuestión Q95, dedicada al envejecimiento y mejora de presas y embalses, ha sido uno de los cuatro temas que fueron seleccionados para abordarse en el XXIV Congreso Internacional de Grandes Presas, celebrado durante el mes de junio de 2012 en Kyoto.

Teniendo en cuenta que la edad media del inventario mundial de presas aumenta de forma irremediable, y que muchas infraestructuras han superado la centena de años en explotación, el ICOLD ha tratado de propiciar el avance tecnológico en esta cuestión.

De hecho, prolongar la vida útil de las presas, optimizar económicamente su operación y mantenimiento, conocer las condiciones de seguridad en que se encuentran las presas, así como mantenerlas en niveles adecuados de seguridad y servicio constituyen aspectos fundamentales de la explotación de presas.

El envejecimiento y la mejora de seguridad de las presas frente al paso del tiempo han sido analiza-

dos con profusión desde diferentes perspectivas, al tiempo que se encuentran ligados con la seguridad de presas, en sí misma, además de la propia explotación. A lo largo de la historia de los congresos del ICOLD, puede encontrarse, directa o indirectamente, como tema analizado en las siguientes cuestiones:

- Q1a: Deterioro por envejecimiento del hormigón en presas de gravedad (año 1933, Congreso de Estocolmo)
- Q20: Recrecimiento de presas existentes, incluyendo la construcción de nuevas presas por fases (año 1958, Congreso de Nueva York)
- Q29: Resultados e interpretación de medidas realizadas en grandes presas, incluyendo observaciones sísmicas (año 1969, Congreso de Edimburgo)
- Q32: La seguridad de las presas desde el punto de vista de la cimentación y la seguridad de las laderas del vaso (año 1967, Congreso de Estambul)

Se admiten comentarios a este artículo, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de diciembre de 2012. Recibido: septiembre/2012; Aprobado: septiembre/2012



- Q34: El comportamiento y deterioro de las presas (año 1967, Congreso de Estambul)
- Q38: Supervisión de presas y embalses en explotación (año 1970, Congreso de Montreal)
- Q49: Deterioro o rotura de presas (año 1979, Congreso de Nueva Delhi)
- Q52: Seguridad de presas en explotación (año 1982, Congreso de Río de Janeiro)
- Q59: Rehabilitación de presas para asegurar su seguridad (año 1985, Congreso de Lausana)
- Q65: Envejecimiento de presas y medidas paliativas (año 1991, Congreso de Viena)
- Q68: Evaluación de la seguridad y mejora de presas existentes (año 1994, Congreso de Durban)
- Q70: Construcción por fases, recrecimiento o modificación de presas (año 1994, Congreso de Durban)
- Q75: Incidentes y roturas de presas (año 1997, Congreso de Florencia)
- Q76: El uso del análisis de riesgos para apoyar decisiones en materia de seguridad (año 2000, Congreso de Beijing)
- Q78: Auscultación de presas y sus cimientos (año 2000, Congreso de Beijing)
- Q82: Envejecimiento y rehabilitación de presas de hormigón y mampostería, incluyendo obras auxiliares (año 2003, Congreso de Montreal)
- Q90: Mejora de presas existentes (año 2009, Congreso de Brasilia)

En este Congreso de Kyoto se ha presentado un total de 41 artículos o respuestas a esta cuestión 95, relatándose experiencias de 18 países distintos. Estos artículos dan una idea general del estado del arte en la cuestión.

2. Estructura de la cuestión

Esta cuestión se desarrolló íntegramente el día 8 de junio, en el salón principal del Palacio de Convenciones de Kyoto, y tuvo como ponente general interino al propio moderador de la sesión, el Sr. Robin Charlwood, de origen británico pero que representa a Estados Unidos en el ICOLD y es responsable del Comité Técnico en presas de hormigón. En principio, para esta cuestión Q95 se pidió respuestas a los siguientes temas:

- Q.95.1: Riesgos asociados con el comportamiento a largo plazo de los cimientos

- Q.95.2: Comportamiento a largo plazo de las presas y sus materiales
- Q.95.3: ¿Mejora o puesta fuera de servicio?
- Q.95.4: Mejora de la seguridad sísmica

Sin embargo, el moderador de la cuestión estimó que los artículos recibidos no se ajustaban adecuadamente a los temas iniciales y, por tanto, redistribuyó los temas y las respuestas con el objetivo de facilitar la exposición y análisis durante la sesión. Los temas que finalmente se trataron son los siguientes:

- Q.95.1: Riesgos asociados con el comportamiento a largo plazo de los cimientos
- Q.95.2: Comportamiento a largo plazo en materiales y presas de hormigón y mampostería
- Q.95.3: Comportamiento a largo plazo en materiales y presas de materiales sueltos y escollera con pantalla de hormigón
- Q.95.4: Mejora de la seguridad estática, hidrológica y sísmica, incluyendo la posible puesta fuera de servicio

Por su parte, en la Tabla 1 se muestra las diferentes respuestas ordenadas por país y tema.

Tabla 1.

País	Número de artículos	Nº Q
Canadá	3	4,5,6
E.E.U.U.	1	30
Eslovaquia	1	2
Eslovenia	1	13
ESPAÑA	5	23,24,25,26,27
Francia	8	11,15,17,19,20,21,22,29
Irán	1	3
Islandia	2	14,16
Italia	1	31
Japón	5	36,37,38,39,40
Noruega	1	35
Polonia	1	7
Rep.Checa	1	1
Rumanía	1	10
Rusia	1	8
Sudáfrica	3	32,33,34
Suecia	4	9,12,18,28
Suiza	1	41
TOTAL: 18	41	





Fig. 1. Vista de la presa de Biciuresti desde aguas abajo, tras el accidente sufrido. Analizado por Stematlu et al. en la R10.

3. Ponencia del relator general

En su informe, el relator general de la cuestión lleva a cabo un repaso general de todas las respuestas recibidas. Se presenta a continuación una síntesis de las mismas, dejando aparte las comunicaciones españolas, que serán resumidas en un apartado específico.

3.1. Riesgos asociados con el comportamiento a largo plazo de los cimientos

En relación con este subtema, se han recibido 9 artículos que tratan un interesante abanico de cuestiones geotécnicas en el comportamiento de los cimientos a largo plazo; constituyen aspectos que pueden ser tenidos en cuenta en la gestión de seguridad de presas en fase de explotación.

Richtr et al. (R1), de la República Checa, consideran el problema de sellar el cimiento en presas checas de mampostería, relacionado con filtraciones a través del mismo, mostrando algunos ejemplos de presas con más de 100 años en explotación.

Por su parte, Bednárová (R2) de Eslovaquia, presenta el análisis del comportamiento de la presa de Vicia Dolina, de gravedad, considerando las condiciones de su pantalla de impermeabilización en el cimiento, las filtraciones y el sistema de auscultación.

Morency y Carrier (R4), de Canadá, presentan las principales conclusiones derivadas del comportamiento de las pantallas continuas de impermeabilización utilizadas en el cimiento de las estructuras

de tierra existentes en el proyecto Peribonka (Québec), tras 5 años de explotación.

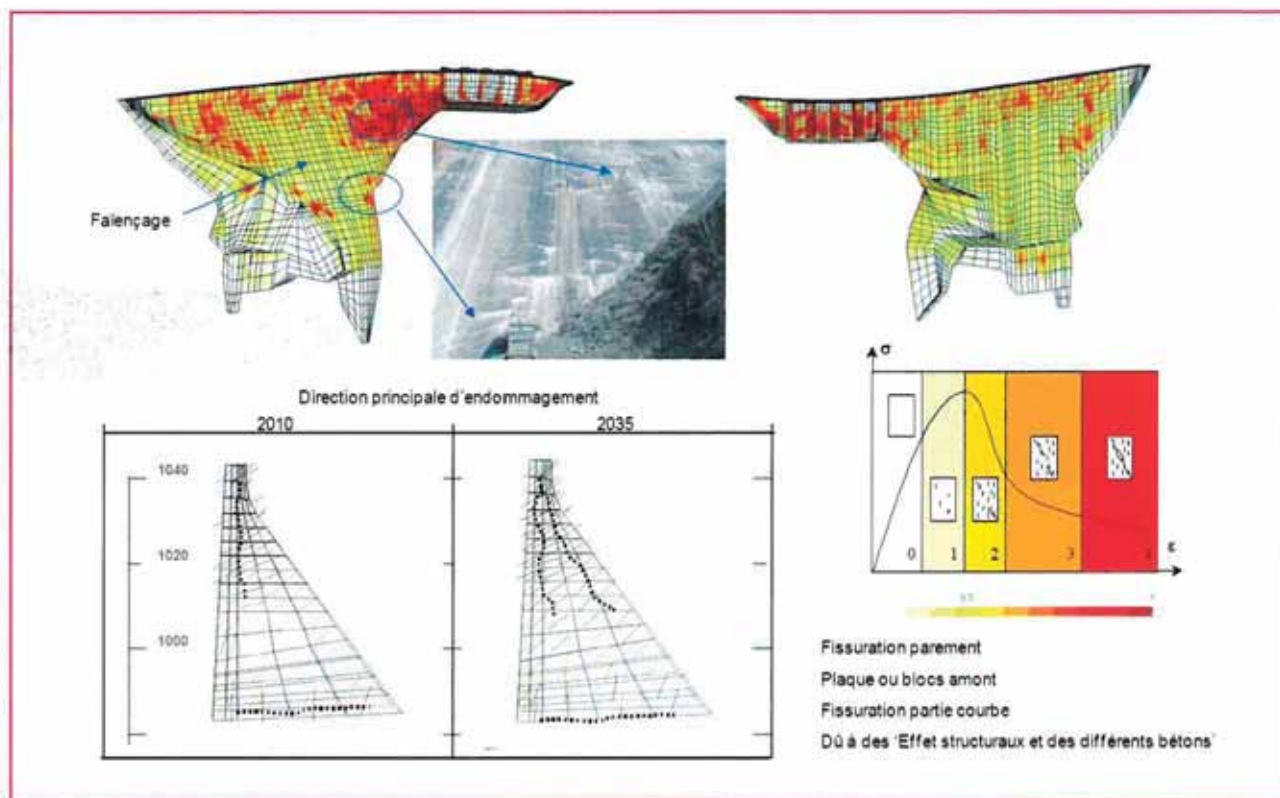
En la respuesta R9, Hassanzadeh et al., de Suecia, analizan las deformaciones y familias de fisuras producidas en el cimiento de las estructuras que albergan los generadores hidroeléctricos en un complejo que incluye, además de la casa de máquinas, una presa de contrafuertes. Muestran la utilización de modelos no lineales de elementos finitos para dilucidar las causas de las fisuras aparecidas, incidiendo en los efectos térmicos y los derivados de las condiciones de humedad.

Stematlu et al. (R10), de Rumanía, presentan en su artículo los efectos que el envejecimiento de las infraestructuras tienen sobre el cimiento de varias presas rumanas, considerando la integridad del macizo rocoso, los fenómenos de disolución, la influencia del estado de los cuencos de amortiguación sobre el cimiento de la presa y las consecuencias de disminuir la cota del lecho del río aguas abajo.

Bourdarot y Hoonakker (R11), de Francia, analizan el comportamiento de dos presas bóveda cimentadas en valles anchos. Consideran la información proporcionada por los piezómetros y el sistema de drenaje de las presas a fin de obtener la distribución de presiones intersticiales en la interfaz presa-cimiento para distintos escenarios de sollicitación.

Finalmente, Fabre et al. (R21), también desde Francia, abordan a la luz de la nueva reglamentación francesa diversos ejemplos de problemas en cimientos derivados del envejecimiento de las infraestructuras.

Fig. 2.
Comparación
entre los daños
estimados
mediante un
modelo
determinista y el
patrón de
fisuración
observado en la
presa de
Chambon.
Analizado por
Chulliat et al. en
la R15.



3.2. Comportamiento a largo plazo en materiales y presas de hormigón y mampostería

En este subtema de la cuestión Q.95 se trataron cuestiones relacionadas con la gestión de seguridad en presas de hormigón y mampostería a largo plazo. En concreto, entre los 12 artículos recibidos se prestó especial atención a los casos de expansividad en hormigones.

En primer lugar, Saint-Pierre y Philiber (R5), desde Canadá, presentan un control de calidad de hormigones basado en la utilización de la velocidad de ultrasonidos a través del hormigón, que se compara con la velocidad medida sobre una muestra intacta. Determinan así un índice CQD ("Concrete Quality Designation") similar al empleado para caracterizar macizos rocosos.

Rivard et al. (R6), también canadienses, muestran su ingente experiencia en la evaluación y análisis de estructuras hidráulicas afectadas por reacciones álcali-árido.

Sudakov et al. (R8), desde Rusia analizan el comportamiento de presas de hormigón situadas en áreas con clima extremo, teniendo en consideración las recomendaciones técnicas existentes junto con soluciones constructivas aplicadas. En concreto, mues-

tran el caso del aliviadero de la presa de Sayano-Shushenskaya.

Desde Suecia, Ekström y Persson (R12), muestran los problemas de estabilidad y envejecimiento que sufre una presa de gravedad construida en 1920. Analizan con detalle una estructura lateral que precede a la cámara de carga de la central alledaña.

Zvanut (R13), de Eslovenia, también se centra en el comportamiento a largo plazo de una serie de presas de gravedad, incidiendo especialmente en los sistemas de auscultación de las mismas y las nuevas automatizaciones incorporadas.

La respuesta R15, elaborada por Chulliat et al. desde Francia, presenta los últimos avances existentes en el estudio de patologías de expansividad en presas, centrándose en el caso de la presa de Chambon.

Igualmente desde Francia, Noret et al. muestran en la respuesta R19 las diferentes investigaciones de campo y los modelos numéricos elaborados con el objetivo de predecir y explicar el patrón de fisuras existente en la presa bóveda de Bimont, que tras 60 años de explotación sufre fenómenos expansivos en su hormigón.

Degoutte et al., también desde Francia, analizan en la respuesta R29 los problemas de envejecimiento

que sufren varias presas de mampostería construidas hace más de un siglo, incluyendo problemas de subpresiones, inestabilidad en escenarios de avenida, disolución de materiales. En concreto, se muestra los ejemplos de las presas de Cennes-Monestiés, Mesce y Dardennes.

En la respuesta R31, Berra et al., desde Italia, presentan sus recientes investigaciones en fenómenos de expansividad en hormigones debido a reacciones álcali-árido. Han llevado a cabo ensayos de laboratorio donde estudian la cantidad de álcali liberado por el hormigón en diferentes condiciones de temperatura, inmerso en una solución acuosa de hidróxido cálcico o hidróxido potásico. Con todo ello, valoran para tres tipos de áridos la contribución potencial que tiene su álcali para el contenido total de álcali en el hormigón y, por tanto, las implicaciones que ello tiene a largo plazo en las patologías expansivas.

Por último, los surafricanos Hattingh y Oosthuizen evalúan en la respuesta R33 el comportamiento patológico de la presa bóveda de Kouga, concluida en el año 1969, y que sufre fenómenos de expansividad debido a las areniscas cuarcíticas utilizadas como áridos y un cemento con alto contenido de álcalis.

3.3. Comportamiento a largo plazo en materiales y presas de materiales sueltos y escollera con pantalla de hormigón

En este subtema de la cuestión Q.95 se considera el comportamiento a largo plazo de los materiales y las presas de materiales sueltos en 6 artículos, junto con 2 respuestas adicionales sobre presas de escollera con pantalla de hormigón.

Los polacos Radzicki y Bonelli, en la respuesta R7 presentan su experiencia en la auscultación de filtraciones en presas de materiales sueltos mediante el control indirecto de temperaturas a través de fibra óptica, utilizando el modelo IRFTA ("Impulse Response Function Thermal Analysis").

Desde Francia, Beck et al. comparten en la respuesta R17 su experiencia en la rehabilitación del canal de Curbans mediante el uso de materiales bituminosos, junto con sus recomendaciones de mantenimiento preventivo.

En la respuesta R18, los suecos Johansson et al. exponen la mejora del sistema de auscultación lle-

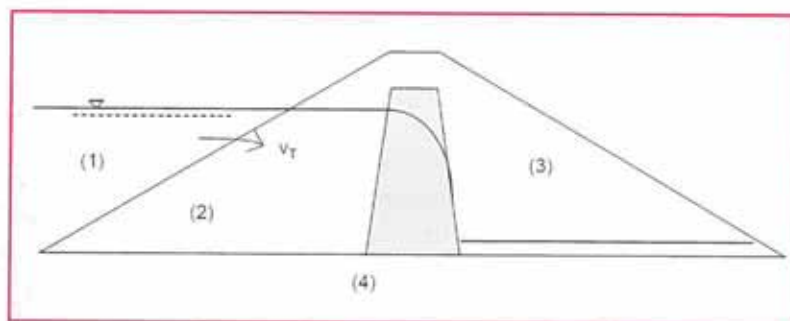


Fig. 3. Principales procesos térmicos que se producen en una presa de materiales sueltos. Analizado por Sjödaahl et al. en la R28. (1) Variación estacional de temperatura; (2) Transporte por advección y conducción; (3) Intercambio de calor con la atmósfera; (4) Flujo geotérmico en el cimiento.

vado a cabo en la presa de Seitevare, que tras 30 años de explotación ha sufrido varias rehabilitaciones de importancia.

Fabre et al., desde Francia, presentan en la respuesta R22 sus avances en la identificación y cuantificación del envejecimiento en diques y presas de materiales sueltos, utilizando información proveniente de 39 estructuras. Repasan una serie de potenciales patologías en el cuerpo de presa y los cimientos, según el tipo de estructura, y aportan criterios objetivos de evaluación basados en la evolución de asentos, las presiones intersticiales en el cuerpo de presas y el nivel de filtraciones.

En la respuesta R28, Sjödaahl et al. muestran su experiencia en dos presas suecas de materiales sueltos, equipadas con un sistema distribuido de auscultación de filtraciones basado en la medición indirecta de temperaturas mediante fibra óptica.

Desde Suráfrica, Badenhorst et al. analizan en la respuesta R32 el caso de la presa de Rietvlei, de 32 m de altura sobre cimientos, donde han empleado un novedoso sistema de refuerzo en la torre de toma.

Finalmente, desde Islandia, Johannesson et al. analizan en las respuestas R14 y R16 cuestiones asociadas a presas de escollera con pantalla de hormigón. En la primera, exponen sus reflexiones sobre las condiciones de diseño en la presa de Kárahnjúkar, de 198 m de altura sobre cimientos y ya con 5 años de explotación, incluyendo aspectos como los diques de cola, la fisuración de las losas de hormigón o los asentos del cuerpo de presa. Por su parte, en la respuesta R16 Johannesson comparte sus recomendaciones para mejorar el comportamiento de las presas de escollera con pantalla de hormigón a largo plazo.

3.4. Mejora de la seguridad estática, hidrológica y sísmica, incluyendo la posible puesta fuera de servicio

En este último subtema de la cuestión Q.95 puede encontrarse, además de 3 artículos relacionados con la rehabilitación de presas, 1 respuesta sobre sistemas de auscultación y 8 comunicaciones sobre el comportamiento de presas en escenarios sísmicos y su análisis.

Desde Irán, Sohrabi et al. muestran en la respuesta R3 un interesante ejemplo de cómo influye en los cálculos dinámicos de una presa bóveda el introducir como solicitación sísmica múltiples deformaciones impuestas en el cimiento, no una única para todo el contacto. Utilizan como caso de estudio la presa de Pacoima.

Anil K. Chopra, de EEUU, en su respuesta R30 refleja sus investigaciones sobre los modelos dinámicos utilizados para evaluar y mejorar la seguridad de presas bóveda construidas. Identifica los factores determinantes en el análisis tridimensional, como la modelación del efecto del embalse, el dominio del cimiento, la interacción presa-agua, la absorción de energía en el contorno del embalse, la compresibilidad del agua, la interacción presa-cimiento y las variaciones espaciales de la solicitación sísmica.

Mellal et al., desde Suiza, muestran en la respuesta R41 el comportamiento dinámico de una presa arco-gravedad construida a principios de los años 30 y que presenta una fisura evolutiva aparecida tras 20 años de explotación. La fisura está perfectamente auscultada y la presa no plantea problemas de seguridad en escenario ordinario de explotación. Sus estudios han analizado de forma conservadora el comportamiento de la presa en escenario sísmico, determinando que no precisa refuerzo alguno.

Los otros cinco artículos dedicados a la seguridad sísmica, del R36 al R40, provienen de autores japoneses, empezando por Tsuchida et al., que analizan los criterios necesarios para evaluar la seguridad de azudes en una región donde existe un riesgo de licuefacción extremo en los materiales donde apoyan.

Akira y Mitsuzumi presentan en la respuesta R37 el comportamiento a largo plazo y el análisis del comportamiento dinámico en la presa de Kurobe.

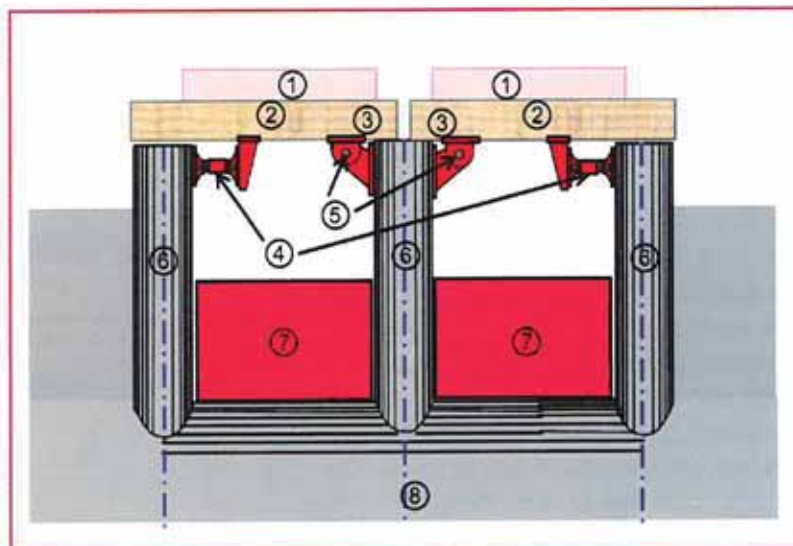


Fig. 4. Propuesta de refuerzo estructural del aliviadero para la presa de Sasamagawa. Analizada por Kumazaki y Sawai en la R38. Cabestrante; (2) Puente; (3) Punto fijo; (4) Amortiguador; (5) Bulón; (6) Pila del aliviadero; (7) Compuerta de aliviadero; (8) Cuerpo de presa.

Esta estructura es una presa bóveda construida en 1963, con una altura sobre cimientos de 186 m, una longitud de coronación igual a 492 m y un volumen aproximado de 1.600.000 m³. A lo largo de 40 años de explotación se ha recopilado datos de auscultación en escenarios estáticos y sísmicos (incluyendo grandes terremotos), desde el primer llenado, por lo que la información aportada por los autores constituye una referencia de enorme interés.

En la respuesta R38, Kumazaki y Sawai muestran un interesante caso de mejora de seguridad de un aliviadero en escenarios sísmicos, con el objetivo de mantener la funcionalidad de las compuertas. En concreto, ejemplifican con la presa de Sasamagawa, de gravedad y planta recta, que cuenta en su aliviadero de superficie con dos compuertas radiales de 11,8 m de altura y 9,0 m de ancho.

En la respuesta R39, Soda et al. muestran la respuesta dinámica de la presa de Aratozawa, de escollera con núcleo arcilloso y 74,4 m de altura, bajo condiciones sísmicas severas. De hecho, aprovechando los registros reales disponibles en los sismógrafos de la cerrada, evalúan las propiedades tensión-deformacionales de los materiales de la presa.

Terminando con los artículos dedicados a la seguridad sísmica, Hayashida et al. comparten en la respuesta R40 su investigación numérica relativa al comportamiento dinámico de diversas tipologías de presas de materiales sueltos. Los autores realizan un análisis retrospectivo para numerosos embalses de

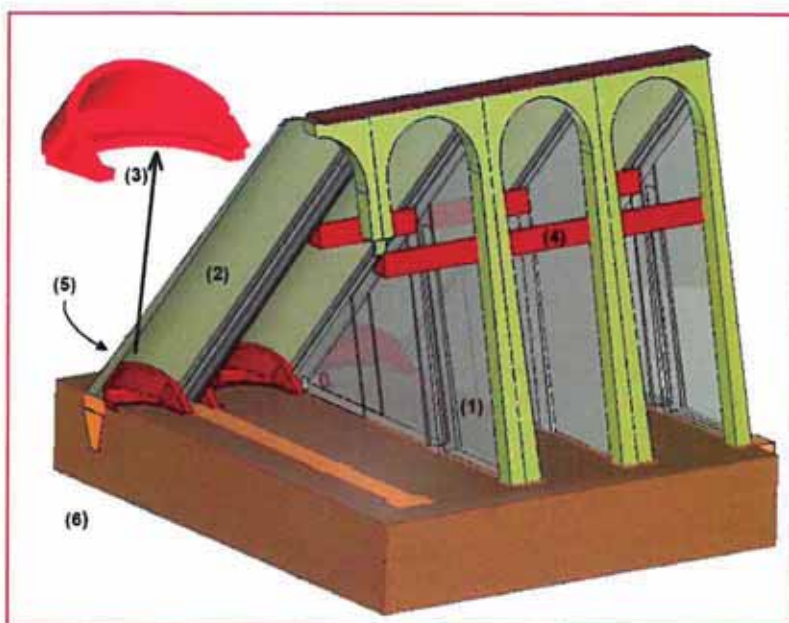


Fig. 5. Proyecto de refuerzo de la presa de Pannecière. Analizado por Carrère et al. en la R20. Contrafuerte (semi-transparente); (2) inyección de fisuras en arcos; (3) Refuerzo a base de hormigón armado; (4) Vigas de refuerzo entre contrafuerte; (5) Geomembrana impermeable aguas arriba; (6) Pantallas de impermeabilización y drenaje.

riego construidos en Japón antes de los años 60. Muchas de estas presas se construyeron con unas directrices que, hoy en día, se encuentran fuera del estado del arte. De hecho, la investigación está motivada por el colapso, debido a fenómenos de licuefacción, de varias de estas viejas estructuras durante episodios sísmicos.

Respecto a los artículos relacionados con la rehabilitación de presas, Carrère et al. desde Francia muestran los detalles asociados al refuerzo de la presa de Pannecière, una estructura de múltiples arcos aquejada de varias patologías.

Johnson et al., desde Suráfrica, detallan en la respuesta R34 todos los aspectos tenidos en cuenta en la futura rehabilitación de la presa de Hammarsdale, que requiere medidas urgentes. Entre ellas, una detallada prospección geotécnica, una revisión de la hidrología y una evaluación de la calidad de las aguas.

Finalmente, Konow y Helle, autores noruegos de la respuesta R35, presentan la rehabilitación de la presa de Vierkvæv con anclajes pretensados. Se trata de una presa diseñada inicialmente de gravedad pero, debido a la escasez de material cementicio durante la Segunda Guerra Mundial, tuvo que rediseñarse como de mampostería dotada de una losa de hormigón aguas arriba.

4. Ponencias españolas

De manera especial, se incluye a continuación un resumen detallado de las 5 respuestas españolas presentadas en esta cuestión Q.95.

4.1. R23: seguridad de una presa bóveda y deformaciones a largo plazo

Este artículo, elaborado por Francisco J. Sánchez Caro, revisa el proceso del análisis y la observación de deformaciones de una presa (en este caso bóveda, aunque se trata de un proceso general, aplicable a cualquier tipología de presa) estableciendo procedimientos, criterios y limitaciones, con objeto de detectar y prevenir un potencial comportamiento problemático, básicamente en la fase de explotación de la presa. Desde este punto de vista, este trabajo asigna la gran importancia al análisis de la evolución de deformaciones de carácter no elástico, como una herramienta clave para valorar la seguridad de la presa.

El principio teórico en el que se basa el criterio de seguridad es la relación existente entre el factor de seguridad y la velocidad de deformación anelástica. Es bien conocido que todos los materiales modifican sus propiedades con el tiempo. Estas modificaciones son evidentes en los efectos que tienen cargas sobre ellos. Entre ellos, quizá el fenómeno más conocido sea el de fluencia (creep), asociado a lentas deformaciones que tienen lugar bajo tensión constante.

Las etapas típicas de fluencia son:

- Fluencia primaria o inicial, donde la velocidad de deformación es relativamente alta, pero disminuye a medida que pasa el tiempo.
- Fluencia secundaria o de estado estacionario, donde la velocidad de deformación con el tiempo llega a un mínimo y se convierte casi en constante.
- Fluencia terciaria, donde la velocidad de deformación aumenta exponencialmente con el tiempo hasta la eventual rotura. Esta etapa no siempre ocurre y, dependiendo el material y el nivel de estrés, nunca se puede llegar (por lo tanto, nunca se alcanzaría el fallo, al menos en una escala temporal razonable).

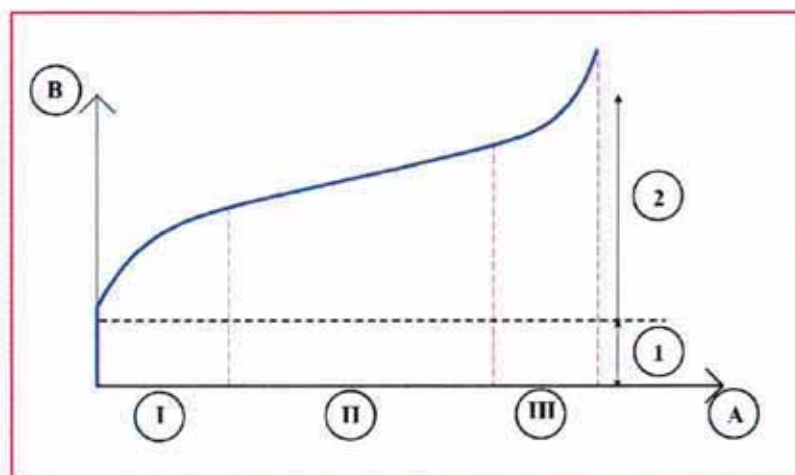


Fig. 6. Fases de la deformación en el proceso de fluencia, analizado por Sánchez Caro en la R23. Escala temporal (años): (B) Deformaciones: (1) Deformación elástica; (2) Deformación inelástica; (I) Fase inicial de fluencia; (II) Fase secundaria de fluencia; (III) Fase terciaria de fluencia.

La fatiga es un proceso similar a la fluencia pero en el que intervienen una tensión o acción cíclica de amplitud constante alternante (carga y/o temperatura). Respecto a las deformaciones estructurales fatiga, se puede decir que éstas son comparables a las que produciría una cierta "fluencia equivalente o efectiva". Se supone, entonces, que existe una "equivalencia o asimilación" entre estos procesos de "fluencia y la fatiga" en un proceso más general que se podría llamar "fluencia global".

Este enfoque permite la realización de un doble análisis (cualitativo y cuantitativo), tal como se detalla en el artículo. El análisis cuantitativo tiene, además, la indudable ventaja de su absoluta objetividad (reproducible por cualquier técnico).

El objetivo del artículo es obtener conclusiones prácticas basadas exclusivamente sobre el análisis e investigación de casos reales; para ello, se ha elegido la Presa de El Atazar (canal de Isabel II).

La sencilla aplicación del procedimiento de análisis de errores de los movimientos radiales medidos en los péndulos, con respecto a los modelizados, permiten evaluar la velocidad de deformación anelástica, en cada punto de la presa, con una precisión excelente.

Es la primera vez que se detecta con claridad la existencia de velocidades significativas de las deformaciones plásticas en el ámbito de la cimentación de la margen izquierda de esta presa. Las preguntas a realizarse son evidentes:

- ¿Es este un proceso reciente?

- ¿Tiene este proceso tiene algo que ver con el incidente de 1978?

Lógicamente, es posible aplicar este procedimiento no sólo al momento actual, sino "con carácter retroactivo" en toda la historia de los movimientos radiales de la presa, desde el inicio de su explotación. El análisis de esta información dio como resultado algunas consecuencias claras:

- La grieta aparece y se desarrolla en gran medida durante el primer llenado, antes de 1973 (otra cosa es que el incidente no se producirá hasta 1978, cuando la grieta intersecta con la galería).
- El grado de precisión en la medida de las velocidades de deformación anelásticas puede ser descrito como excelente. Así, se confirma que el proceso de fluencia del cemento en su margen izquierda es único y está, aún hoy, en plena actividad.
- La presa de El Atazar seguirá siendo suficientemente segura mientras se verifique que el ritmo de sus deformaciones plásticas siga siendo decreciente.

4.2. R24: construcción de grandes presas en las islas Canarias

En la respuesta R24, Jaime González lleva a cabo un emocionante y emocionado repaso a la historia de la construcción de grandes presas en las Islas Canarias. De hecho, entre los años 1900 y 1980 se materializaron más de 100 grandes presas en las Islas, siendo destacable la bóveda de Soria, con 132 m de altura.

Entre las viejas presas canarias, se puede encontrar en primer lugar estructuras de mampostería con mortero de cal, como es el caso de la presa de Pinto, donde la impermeabilidad en el paramento de aguas arriba se lograba mediante una capa de mortero de cal y cemento. La mayor parte de estas presas tienen planta curva y una sección triangular con paramento de aguas arriba vertical, y muchas carecen de aliviadero, sistema de drenaje o galerías de inspección.

A pesar de los métodos constructivos y el diseño escogido, muchas de estas primeras presas canarias se beneficiaron por apoyar en cimientos constituidos por basaltos, traquitas y otras formaciones de gran capacidad de soporte. Otra ventaja que favoreció

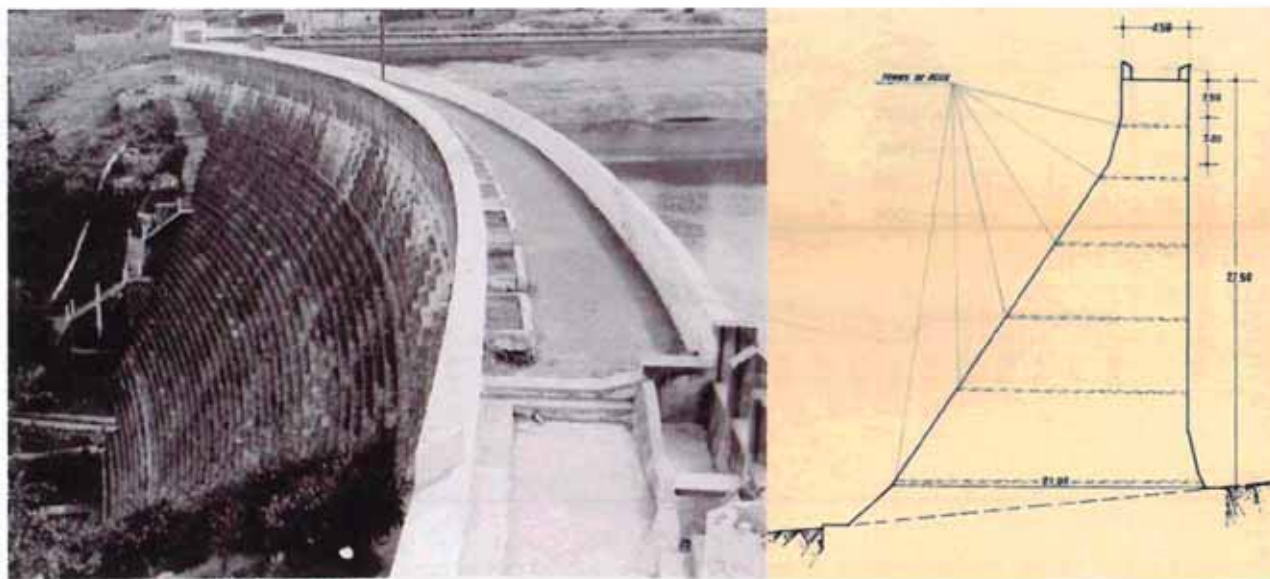


Fig. 7. Vista y sección tipo de la presa de Pinto, incluida por González en la R24.

la estabilidad de estas estructuras es que, por la limitación de medios, se construyeron a un ritmo lento y ello permitió el endurecimiento de los morteros. Finalmente, la capa impermeabilizante de aguas arriba, a base de mortero de cal y cemento, se mostró muy adecuada para su función. En cualquier caso, el autor también relata varios ejemplos de roturas catastróficas, que sirvieron como lecciones para el futuro.

En una segunda fase, se puede encontrar otro numeroso grupo de presas de mampostería donde el mortero utilizado en el cuerpo de presa incluye, además de la cal, cemento. De esta manera, entre 1902 y 1961, se construyeron en las Islas Canarias un total de 41 grandes presas en mampostería, fundamentalmente para asegurar el regadío a los plataneros, además del abastecimiento a Las Palmas y el Puerto de la Luz.

El autor menciona cómo el ingeniero Fernando Sáenz Ridruejo indicaba que, a raíz de las notas técnicas emitidas por Manuel Alonso Franco en 1964, una mayor racionalidad se impuso en el diseño y construcción de las presas canarias. En aquellas fechas, Seguridad de Presas indicó que el Estado debería hacerse cargo de materializar la seguridad de las viejas presas de mampostería mediante la suficiente auscultación y refuerzo.

El autor continúa repasando las vicisitudes y anécdotas de varias presas más modernas, entre ellas, la presa bóveda de Soria, que terminó de construirse en 1972, la presa de Siberio, que sufrió un

incidente en su plinto durante el primer llenado, o las presas de La Encantadora, Ariñez, Amalahuigue, Mulagua y Tirajana.

Finalmente, el artículo concluye destacando el importante patrimonio histórico e hidráulico que suponen las presas canarias, haciendo un llamamiento a la necesidad de conocer el nivel real de seguridad que presentan las presas más antiguas.

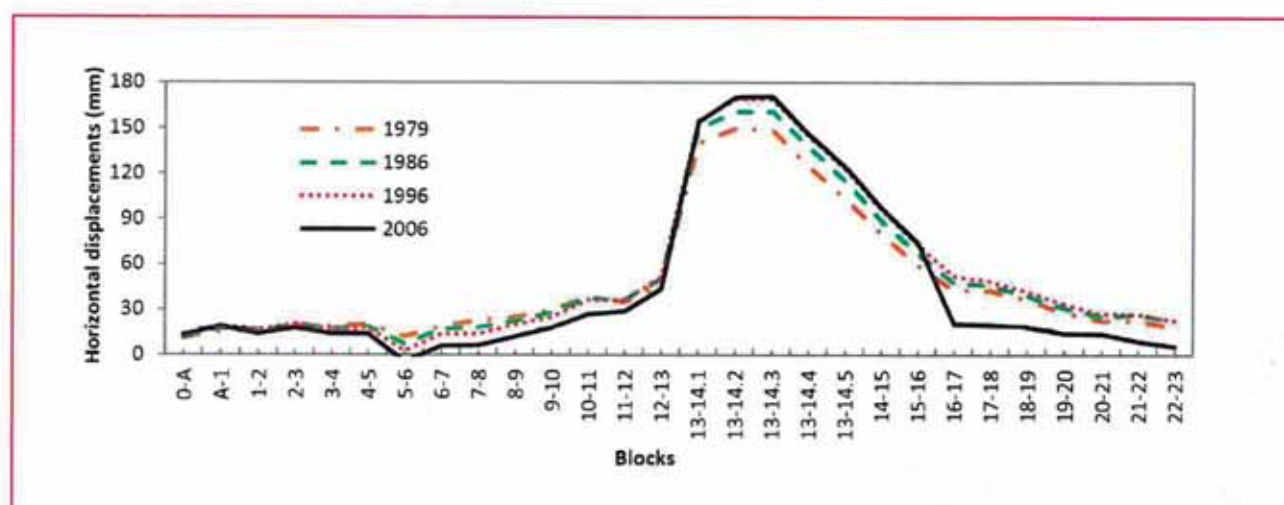
4.3. R25: análisis numérico de la presa de Mequinenza

En la respuesta R25, J.M. Bull, F. Río, A. Campos, C. López y A. Aguado llevan a cabo una detallada exposición de los últimos modelos numéricos elaborados para analizar el comportamiento de la presa de Mequinenza, incluyendo en los mismos el patrón de fisuras que la presa presenta.

La presa de Mequinenza forma parte de la explotación hidroeléctrica de un tramo del río Ebro, actualmente explotada por ENDESA y, en su día, por ENHER. Se trata de una presa de gravedad, con planta recta, que tiene una altura máxima de 79 m y una longitud de coronación igual a 461 m. Cuenta con un bloque de grandes dimensiones, de 70 m de ancho, donde se sitúan las tuberías forzadas de la central (entre las juntas 13 y 14).

El primer llenado del embalse se culminó en diciembre de 1965, y entre los años 1968 y 1971 varias campañas de inyección se llevaron a cabo, esencialmente sobre el bloque 13-14, con el objetivo de sellar unas fisuras horizontales y comprobar el alcance de una filtración

Fig. 8.
Desplazamientos
horizontales
registrados en la
coronación de
Mequinenza.
Incluida por Bull,
Río, Campos.
López y Aguado
en la R24.



que surgía aguas abajo. Posteriormente, entre 1972 y 1974, se completó una pantalla de drenaje desde la coronación de la presa hacia las galerías inferiores.

Ya durante el primer llenado de la presa pudo observarse con claridad la aparición de desplazamientos horizontales hacia aguas abajo, más evidentes en ese bloque 13-14, y con cierto seguimiento en los adyacentes. A partir de los registros históricos, puede apreciarse que la mayor parte de esas deformaciones acaeció antes del año 1979, aunque no puede afirmarse que el proceso haya concluido en la actualidad.

En un primer momento, el titular de la presa llevó a cabo una serie de estudios experimentales y numéricos con el objetivo de determinar las causas de los desplazamientos anormales que la presa mostraba. La hipótesis que se adoptó para explicar las excesivas deformaciones del bloque 13-14 frente al resto, se basaba en una expansión del hormigón inducida por el efecto del agua del embalse, descartando reacciones químicas de cualquier tipo. En cualquier caso, esta hipótesis no lograba representar fidedignamente las diferencias de desplazamiento entre el bloque 13-14 y el resto.

Más recientemente, el titular de la presa ha llevado a cabo nuevos estudios sobre la cuestión, reformulando la hipótesis que explicaría el fenómeno existente en la presa de Mequinenza, donde el bloque 13-14 muestra un comportamiento claramente diferenciado del resto. La nueva hipótesis incluye dos efectos acoplados: uno que tiene lugar de forma global en todos los bloques de la presa, y otro específico del bloque 13-14, que se refleja ligeramente en los adyacentes al mismo.

El fenómeno que afecta a todos los bloques, efectivamente, se trataría de una expansión del hormigón in-

ducida por el agua del embalse, dando lugar a unas deformaciones más reducidas que las del bloque 13-14, y uniformes. Por su parte, el fenómeno localizado en el bloque 13-14 estaría causado por la apertura de fisuras aparecidas en el paramento de aguas arriba, a favor de antiguas juntas de construcción, durante los primeros años de explotación de la presa. Las singulares características de este bloque 13-14 habrían facilitado el debilitamiento de esas juntas de construcción, debido a efectos térmicos y de retracción.

De esta manera, los autores continúan su comunicación explicando las características y detalles del modelo numérico bidimensional confeccionado para representar el comportamiento de la presa en el bloque 13-14. En concreto, se trata de un modelo de elementos finitos que permite modelar las discontinuidades del hormigón y el fenómeno de la fisuración, mediante elementos de espesor nulo. El modelo constitutivo se basa en la teoría de la elastoplasticidad e incorpora conceptos de la mecánica de fractura.

En primer lugar, los autores emplean un modelo elástico lineal, con un módulo de elasticidad igual a 20 GPa para el hormigón y 45 GPa en el cimiento, junto con un coeficiente de Poisson de 0,2. Para representar adecuadamente el fenómeno generalizado de la expansión, adoptan un espesor de 6,1 m de hormigón, desde el paramento de aguas arriba, imponiendo en esa banda unas deformaciones de 0,35 mm/m en el hormigón. Todo ello se traduce en coronación como un desplazamiento horizontal de 5,96 cm y vertical de 2,18 cm. Posteriormente, emplean un modelo no lineal en los elementos que representan las zonas fisuradas en la realidad (en las juntas constructivas) e incluyen el efecto de

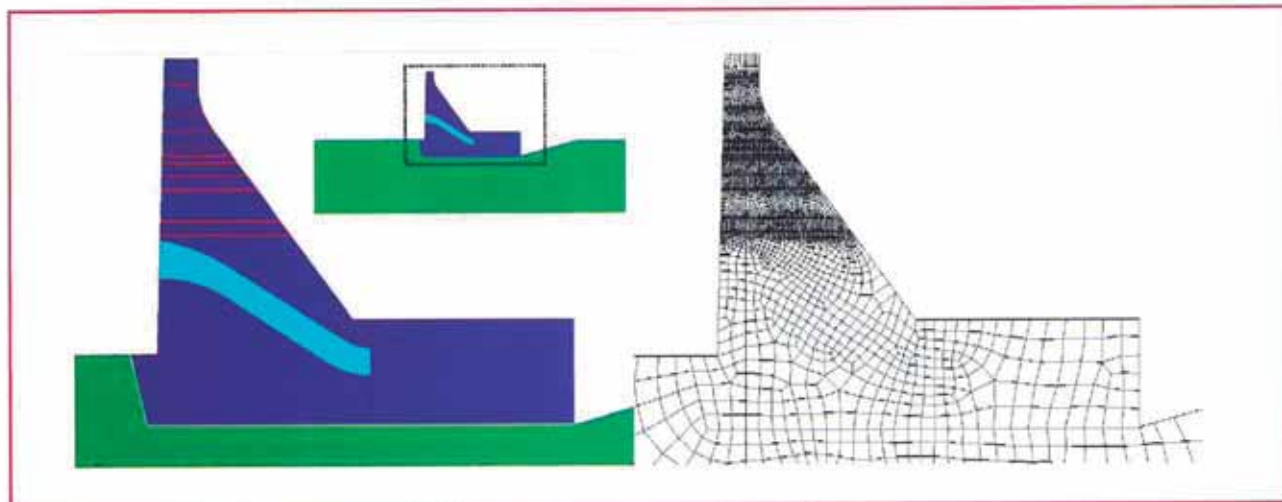


Fig. 9. Geometría y detalle de la malla de elementos finitos utilizada para representar el bloque 13-14 de la presa de Mequinenza, incluida por Bull, Río, Campos, López y Aguado en la R24.

la subpresión en las fisuras horizontales para, de esta manera, simular el fenómeno particular del bloque 13-14.

Imponiendo valores de expansión debida al agua del embalse entre 0,35 y 0,45 mm/m, junto con la modelización de la fisuración en las juntas constructivas, los autores obtienen con el modelo resultados que siguen muy fielmente la realidad. En añadidura, incluyen a posteriori un modelo simplificado de infiltración, basado en la ecuación de Richards, para simular la evolución de los desplazamientos a lo largo del tiempo (pues las deformaciones aumentan conforme el agua penetra en las fisuras). Los resultados obtenidos con la simulación combinada del agua penetrando desde el paramento de aguas arriba, más el modelo mecánico que incluye las juntas horizontales de construcción, permiten confirmar satisfactoriamente la nueva hipótesis formulada por los autores. También revelan la importancia de los trabajos de drenaje llevado a cabo en la presa hace 40 años, que permitieron suavizar y estabilizar las deformaciones de la presa.

4.4. R26: una propuesta para optimizar el mantenimiento de los sistemas de vigilancia y auscultación en presas

En la respuesta R26, A. Gil, L.A. Arguedas y M. G. Membrillera presentan una propuesta para optimizar el mantenimiento de los sistemas de auscultación en presas. La vigilancia y auscultación constituyen una herramienta esencial en la gestión de seguridad de presas y, a su vez, el correcto funcionamiento de un sistema de auscultación requiere un mantenimiento continuo de todos sus elementos; incluyéndose la ins-

trumentación junto con los sistemas de automatización y comunicación.

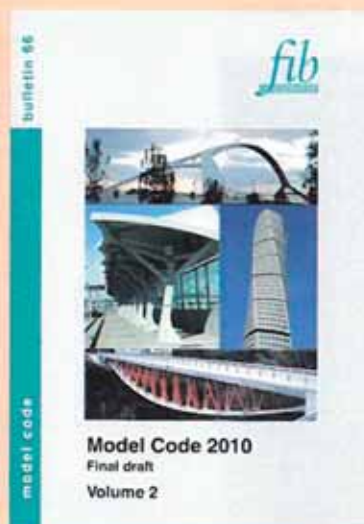
Especialmente en presas, donde se realiza un control a largo plazo, es importante garantizar el funcionamiento permanente durante varias décadas. Los titulares muchas veces no disponen de los recursos humanos o económicos suficientes para hacer frente a las necesidades de mantenimiento. Se requiere un elevado grado de compromiso para realizar las tareas encamina-



Fig. 10. Caida de agua a través de un péndulo directo, incluida por Gil, Arguedas y G. Membrillera, en la R26.



**GRUPO
PUENTES**
www.grupopuentes.com



Model Code 2010 - Final draft. 2 vols.
FIB Bulletins n° 65 and 66.
The International Federation for Structural
Concrete / Federation Internationale du Beton (FIB).
21x 30 cm. 350 + 370 p.
[Bajo pedido] También disponibles por separado.

ICE Manual of Geotechnical Engineering.
Obra completa.
Vol. I: Geotechnical Engineering Principles, Problematic
Soils and Site Investigation + vol. II: Geotechnical Design,
Construction and Verification
J. Burland, T. Chapman, H. Skinner and M. Brown.
2012. ICE Publishing. 23x28 cm. 1570 p.
[Bajo pedido] También disponibles por separado.



Highway Capacity Manual 2010. U.S.
Customary version only
(3 volúmenes en papel + 1 volumen
electrónico on line).
Varios autores. 2011.
TRB, Transportation Research Board of the
National Academies. 1.650 p.

**A LA VENTA EN LA LIBRERÍA DEL CICCOP. www.ciccp.es (Servicios/ Librería)
TELÉFONO: 91 308 19 88 (EXT. 272-298); FAX: 91 319 95 56. libreria@ciccp.es**

**NOTA: cualquier otra publicación disponible en catálogo de las editoriales aquí anunciadas
puede adquirirse igualmente bajo pedido en la Librería del CICCOP**

das a mantener en un estado adecuado los sistemas de auscultación; incluyendo personal cualificado y con experiencia, así como los medios materiales necesarios.

Los sistemas de auscultación existentes en las presas, constan de multitud de elementos, mecánicos, electrónicos, manuales o automáticos. La mayoría de ellos, instalados en el interior de la presa, se ven sujetos a exposiciones prolongadas al principal causante de todos los daños, el agua. Esta se manifiesta en forma de filtraciones, condensaciones o incluso inundaciones. En el caso de los elementos exteriores hay que añadir además las inclemencias del tiempo y la naturaleza.

Por otra parte, los sistemas de auscultación instalados en las presas son muy variados y difieren de forma notable de unos modelos a otros según el fabricante de la instrumentación, empresa instaladora, ingeniería contratada e incluso de los requisitos particulares del cliente. En cualquier caso, lo que verdaderamente importa, es el principio de funcionamiento de cada uno de los sensores que se encuentren instalados. Así mismo, cuando se habla de mantenimiento hay que diferenciar entre equipamiento manual y automático. Como regla de oro, no hay que olvidar la importancia de mantener en buen estado la instrumentación manual, dado que será la que se utilice como referencia para detectar fallos de funcionamiento o desajustes en el sistema automático.

Los autores continúan con una descripción de los principales tipos de controles que conforman los sistemas de auscultación en las presas, detallando los puntos de supervisión más destacados con el fin de, mediante una optimización de los recursos de mantenimiento disponibles, obtener un funcionamiento adecuado que satisfaga las necesidades de obtención de datos que, posteriormente, se procesan para ser convertidos en información útil sobre el nivel de seguridad de la presa.

Una vez repasados los elementos que conforman los diferentes sistemas de control, los autores describen los principales problemas que pueden afectar al funcionamiento de los sensores de auscultación y las tareas de medición, al tiempo que aportan las soluciones más adecuadas según la problemática. En concreto, analizan los principales inconvenientes encontrados en la práctica:

- Problemas causados por el agua: filtraciones y salpicaduras
- Problemas de condensación en equipos



Fig. 11. Ejemplo de problemas de condensación en equipos de medida. Incluiría por Gil, Arguedas y G. Membrillera, en la R26.

- Falta de limpieza en sensores y útiles de medición
- Deficiencias de iluminación

Comprendidos los problemas que puede ocasionar en el análisis de una estructura el disponer de datos de auscultación que sean erróneos o imprecisos, o simplemente no disponer de ellos, resulta evidente la necesidad de mantener en un estado de funcionamiento adecuado todos los elementos que componen estos sistemas.

Los autores indican que el proceso completo de mantenimiento comprende, en primer lugar, un análisis visual previo, en el que se puede orientar de forma aproximada la dirección que deberán tomar las tareas a realizar sobre el sistema de auscultación. Seguidamente, tras un análisis completo de funcionalidad (verificación, toma de medidas, calibración, y limpieza), se evalúa detenidamente cualquier posible foco que esté generando algún tipo de deterioro sobre el sistema. Es entonces cuando se plantea la posibilidad de establecer posibles soluciones que eliminen o minimicen el impacto que pueda tener dicho foco sobre el funcionamiento global del sistema. Finalmente, solo queda la implantación de dichas soluciones.



Fig. 12. Proceso de mantenimiento de sistemas de auscultación en presas. Incluiría por Gil, Arguedas y G. Membrillera, en la R26.

Fig. 13. Sección tipo de la presa de Terroba. Incluida por Lafuente et al. en la R27.

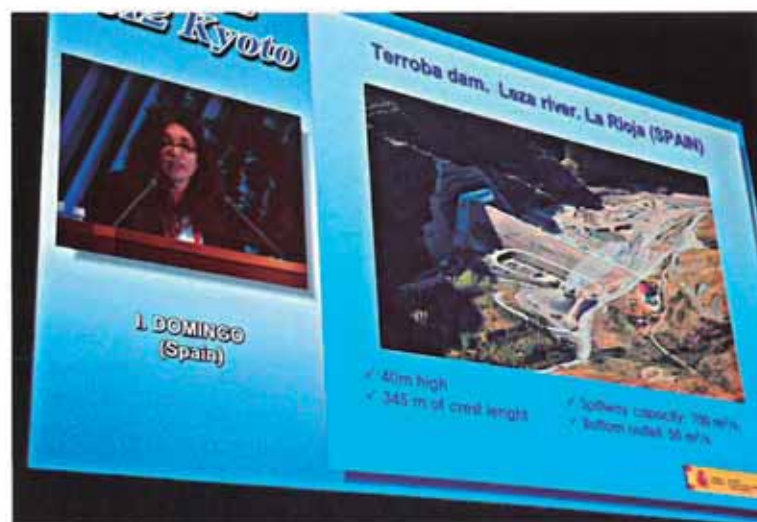


4.5. R27: diseño de una pantalla de inyecciones con el fin de minimizar las filtraciones a largo plazo. Presa de Terroba

La última de las respuestas presentadas por autores españoles es la R27, elaborada por R. Lafuente, I. Domingo, C. Gutiérrez, F. Royo, N. Nájera, J. Molina y B. Domínguez, que relatan el proceso de diseño seguido para definir una pantalla de inyecciones duradera que minimice el riesgo de filtraciones a largo plazo en la presa de Terroba.

La presa de Terroba está siendo construida por la Confederación Hidrográfica del Ebro en el Norte de España, concretamente en el valle del río Leza en la región de La Rioja. Esta presa se sitúa en un valle en U, con elevada amplitud que hace que la zona inferior de apoyo de la presa sea sensiblemente horizontal. La tipología de presa es de materiales sueltos con pantalla asfáltica y planta recta, con una altura máxima de 40 m sobre cimiento. El cuerpo de presa es de material todo uno (caliza, marga y acarreo), siendo los taludes de la

Fig. 14. Presentación de la ponencia en el congreso.



presa adoptados para ambos paramentos de 1.8H:1.0V.

Por su parte, la cimentación del cuerpo de presa se hace directamente sobre el aluvial y la cimentación del plinto se hace sobre roca, siendo necesario excavar el aluvial del cauce. El sustrato rocoso en laderas y fondo de valle está constituido por calizas, limolitas calcáreas, y lutitas-argilitas, pertenecientes al Cretácico Inferior, y que se presentan en facies Purbeck.

Al inicio de las obras, los autores identificaron los principales riesgos a largo plazo de la cimentación de la presa, en concreto:

- Falta de impermeabilidad en el entorno del plinto, pues el contacto de la pantalla asfáltica con el plinto, y los primeros metros de potencia del sustrato rocoso bajo el plinto, presentan un elevado riesgo de fugas de agua si no se consigue su total sellado y estanqueidad.
- Durabilidad de la pantalla de impermeabilización, pues la mayor parte del plinto quedará sumergido en embalse muerto, debido a la cota del desagüe de fondo.

Más adelante, se llevó a cabo una campaña de campo para disminuir las incertidumbres planteadas, consistente en la realización de sondeos adicionales a los de proyecto, la ejecución de ensayos Lugeon en toda la traza del plinto hasta grandes profundidades, y una serie de taladros de prueba e inyección en la pantalla de consolidación.

La campaña se complementó con estudios de gabinete, donde se completó la definición de la planta geológica de la cerrada, la evaluación de las discontinuidades del macizo rocoso y, finalmente, una validación del apoyo del plinto, para asegurar material con grado II según ISMR.

En paralelo con las anteriores tareas, se ha estudiado y realizado pruebas de laboratorio y campo para poder definir las lechadas óptimas y sus parámetros asociados, tanto de características como de puesta en obra. El procedimiento de inyección se ha ajustado al método GIN (Número de Inyección de Lechada) definido por G. Lombardi. De hecho, se ha conjugado la curva GIN, las presiones máximas de inyección, el tipo de cemento, la cohesión de la lechada, los aditivos más convenientes, las relaciones agua/cemento y la inclinación de los taladros.

Posteriormente, los autores reflejan cómo se ha redactado en obra un detallado y amplio protocolo de trabajo para la consolidación e impermeabilización, recogiendo, a modo de resumen, los siguientes aspectos relevantes:

- Separación entre taladros
- Profundidad de los taladros
- Presiones de inyección y límites de la curva GIN
- Densidad de anclajes
- Longitud de módulos de plinto
- Aditivos
- Relación agua/cemento
- Otros aspectos constructivos, como las geometrías para permitir una transición suave entre el apoyo rígido que supone el plinto sobre roca y el apoyo flexible del cuerpo de presa, o el estudio pormenorizado de todos aquellos puntos de debilidad frente al paso del agua en obras de hormigón o contactos hormigón-roca.

Los autores destacan cómo mediante un adecuado estudio de las condiciones del macizo rocoso, las posibilidades de las lechadas y las geometrías posibles de plinto se ha podido conseguir una fórmula de trabajo que optimiza la relación coste/calidad y coste/objetivos que se perseguía. Tras un proceso de estudios y pruebas, en la presa de Terroba se ha materializado una pantalla de impermeabilización con un sellado completo gracias a una relación optimizada de la lechada de inyección, con una presión de inyección que ha rellenado el máxi-



Fig. 15. Construcción del plinto en la presa de Terroba. Incluiría por Lafuente et al. en la R27.

mo de fisuras posibles de la roca, con un radio aceptable de influencia y penetrando en las fisuras de menor apertura.

5. Conclusiones

En el presente artículo se ha analizado las respuestas a la Cuestión 95 (Envejecimiento y mejora) del pasado XXIV Congreso Internacional de Grandes Presas, organizado por el ICOLD en Kyoto.

Teniendo en cuenta la edad media del inventario mundial de presas, que crece inexorablemente, junto con la limitación de recursos existente, resulta primordial extender la vida útil de las presas alcanzando los niveles de seguridad que la sociedad demanda.

La inversión en el conocimiento del estado real de las infraestructuras y su mantenimiento se torna esencial, por un lado, para mantener el valor patrimonial de estas infraestructuras y, por otro, para garantizar que el servicio que prestan se desarrolla en condiciones adecuadas de seguridad, funcionalidad y eficacia.

Estas conclusiones generales pueden trasladarse directamente al contexto español, donde se están produciendo intensos ajustes presupuestarios y, precisamente, resulta más evidente la responsabilidad por invertir en el mantenimiento y conservación a fin de evitar onerosos costes futuros a la sociedad. ♦

Referencias:

- [1] Several Authors. "Question 95. Ageing and upgrading". *Transactions XXIV International Congress on Large Dams*, pp. 1 to 669. Kyoto, ICOLD, Paris 2012

Q95. Ageing and upgrading

This paper summarizes and comments on the main oral and written contributions submitted to "Question 95. Ageing and upgrading", which took place during the XXIV International Congress on Large Dams, held in Kyoto during June 2012.

As the worldwide inventory of dams ages, and quite a few structures have been in operation for over 100 years, ICOLD has eagerly fostered research and development on this subject.

Question 95, on Ageing and Upgrading dams, received forty one responses from 18 countries on the following topics:

1. Risks associated with long-term behavior of dam foundations
2. Long-term behavior of concrete and masonry dam materials and structures
3. Long-term behavior of embankment and CFRD dam materials and structures
4. Upgrading for static, flood and seismic safety, including considering decommissioning

Under the first theme, on risks associated to long-term behavior, a range of interesting foundation issues were identified. The discussions at the Congress were focused on identifying the risk issues that should be considered in effective risk informed dam safety and operations management.

Under the second theme, a range of issues on the long term management of concrete and masonry dams were addressed. Particular attention is paid to cases of chemical expansion of concrete.

Under the third theme, issues in the monitoring of embankment dams, canals and dikes were discussed as well as two papers on current issues with CFRD.

Finally, under the fourth theme, in addition to papers on general rehabilitation, there were several papers on seismic behavior of concrete and embankment dams, including recent developments in analysis procedures.

Concerning Spanish papers, 5 responses were submitted to Q95.

Response 23 examines the process of analyzing and monitoring arch dam deformations, establishing procedures, criteria and limitations, in order to detect and prevent unwanted behavior. The aim of this paper is to reach practical conclusions based on real events (El Atazar dam).

In Response 24, construction of large dams in the Canary Island is tackled. In fact, over 100 hundred large dams were constructed there between 1900 and 1980. Most of these dams were built using cyclopean masonry, but a few rockfill dams and a single arch dam were also constructed. The historical and cultural value of these great structures must be acknowledged, and their safety condition must be urgently inspected.

Response 25 addresses numerical analysis of Mequinenza dam and discusses the issue of water-induced concrete expansion in relation to the magnitude of the displacements measured. Thanks to the results obtained, it was possible to adequately simulate the process of formation and propagation of horizontal cracks in block 13-14, which to a great degree are responsible for the much more pronounced displacements in this block, compared with the rest of the blocks in the dam.

Dam surveillance aims to detect, by visual observation and monitoring, any phenomenon that can compromise the structural and operating integrity of a structure or its related operating equipment. It plays a crucial role in the realm of dam safety management. In addition to visual inspections, the goal of monitoring systems is to measure certain physical parameters of dams so as to follow their evolution. In Response 26, the authors, based on their experience, offer practical solutions and provide maintenance guidelines to enhance the general state of these systems.

Lastly, Response 27 addresses designing a durable grout curtain in order to minimize long-term seepage at Terroba dam. This is an earthfill embankment dam with an asphaltic concrete facing and grout curtain. Following a process of studies and tests, the design of the grout curtain has resulted in a watertight seal thanks to an optimized slurry with an injection pressure that has sealed the maximum possible joints in the rock, being also able to fill the smallest cracks.

Concluding remarks to Q95 point out the importance of investing in extending the operational life of our dams as far as possible, optimizing operation and maintenance, assessing their safety levels, and keeping them in a safe and effective condition.

These conclusions are fully applicable to the Spanish context, where severe austerity measures have been pushed through, and the responsibility of investing in monitoring and maintenance so as to avoid future social expenditure turns out to be self-evident. ♦



Simposio Internacional de Presas en un mundo en evolución (Kioto, 5 junio 2012)

International Symposium on Dams for a changing world
(Kyoto, 5 June 2012)

Revista de Obras Públicas
nº 3.536. Año 159
Octubre 2012
ISSN: 0034-8619
ISSN electrónico: 1695-4408

Fernando Girón Caro, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Vocal del Comité Nacional Español de Grandes Presas, Granada (España), fgironcaro@telefonica.net

Elena Martínez Bravo, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Vocal del Comité Nacional Español de Grandes Presas, Madrid (España), elena.martinez@inclam.com

Resumen: Exposición del contenido del "Simposio Internacional de Presas en un mundo en Evolución, necesidad de la transferencia del conocimiento a través de las Generaciones y el Mundo", celebrado en Kioto durante la 80ª Reunión Anual y el 24º Congreso Internacional de Grandes Presas. Los principales temas tratados fueron: Los impactos del cambio climático sobre las presas y beneficios de las mismas, Las presas como medio para paliar el crecimiento de la demanda de agua en el mundo, Conocimiento y transferencia de la tecnología de presas, Tecnologías avanzadas en la construcción, Nuevas técnicas para impedir o paliar accidentes e incidentes, Presas y acciones sísmicas y Aspectos geotécnicos en la cimentación de presas.

Palabras Clave: Simposio; Kioto; Presas; Cambio climático; Sismicidad; Explotación; Demanda de agua; Construcción; Cimentaciones; Geotecnia

Abstract: Summary of the "International Symposium on DAMS FOR A CHANGING WORLD, Need for Knowledge Transfer across the Generation & the World", held in Kyoto during the 80th Annual Meeting and the 24th Congress. The main topics were: Impacts of Climate Change on Dams and the Benefits from Dams, Dams for Meeting Increasing Demand of Growing World Population, Knowledge & Technology Transfer in Dam Engineering, Advanced Technologies for Construction of Dams, New Techniques to Prevent and Manage Incidents & Accidents, Earthquakes and Geotechnical Aspects of Dam Foundations.

Keywords: Symposium; Kyoto; Dams; Climate Change; Seismicity; Management; Water demand; Construction; Foundations; Geotechnics

1. Introducción

El día de 5 junio, coincidiendo con la 80ª Reunión ejecutiva Anual de ICOLD y previo al 24º Congreso Internacional de Grandes Presas se celebró en la ciudad de Kioto un Simposio internacional con el título: *Presas en un mundo en evolución, necesidad de la transferencia del conocimiento a través de las Generaciones y el Mundo*.

Como curiosidad, el lugar de reunión donde se expusieron las ponencias seleccionadas por el comité científico fue el amplio recinto del palacio de congresos, escenario en 1997 del compromiso de adopción del Protocolo de Kioto sobre el Cambio Climático.

El Simposio se desarrolló a lo largo de una jornada completa, en 7 sesiones paralelas de mañana y tarde y una sala de exposición de posters.

En total se presentaron 251 comunicaciones, de las cuales 127 fueron expuestas oralmente y 124 en formato poster. La participación se extendió a los 5 continentes gracias a la aportación de 39 países.

2. Temática

El alcance, como puede apreciarse, fue de una gran amplitud y su desarrollo fue atendido por la destacable contribución de tantos países. El desglose y

Se admiten comentarios a este artículo, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de diciembre de 2012. Recibido: septiembre/2012. Aprobado: septiembre/2012

Fig. 1. Centro Internacional de Congresos de Kioto,



contenido general de los temas tratados se detalla a continuación:

1. Impactos del cambio climático sobre las presas y los beneficios de las mismas

- Papel de las presas en la adaptación al cambio climático
- Evaluación de los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos y las inundaciones
- Los impactos del cambio climático en las instalaciones de almacenamiento de agua y su mitigación
- El papel de la energía hidroeléctrica en una sociedad baja en carbono
- Orientación y políticas de planificación de la adaptación al cambio climático
- Las necesidades de investigación para un conocimiento más fiable sobre el cambio climático
- El impacto del cambio climático en la seguridad de las presas

2. Las presas para satisfacer el incremento de demanda debido al crecimiento de la población mundial

- Alimentos, energía y agua - las necesidades de presas en los países desarrollados y en desarrollo
- La convivencia de las presas con la sociedad y el medio ambiente

- Gestión de la sedimentación en los embalses
- Aspectos financieros, institucionales, de planificación y regulación
- Beneficios de las presas y las nuevas tecnologías en la prestación de abastecimiento de agua potable

3. Conocimiento y Transferencia de Tecnología en Ingeniería de la presa

- Transferencia de conocimiento y planificación de la sucesión. Los métodos de transferencia de información a la siguiente generación
- La transferencia de información en todo el mundo
Casos prácticos

4. Tecnologías Avanzadas para la Construcción de presas

- El desarrollo reciente en los embalses y presas RCC hardfill (CSG)
- El desarrollo reciente de las presas de tierra
- El desarrollo reciente de las estructuras anexas

5. Nuevas técnicas para prevenir y gestionar los incidentes y accidentes

- La información y la comunicación para la operación y el seguimiento



- Tecnologías para prevenir los accidentes e incidentes
- Tecnologías de rehabilitación
- Casos Prácticos

6. Los terremotos

- Los fuertes terremotos recientes y el comportamiento de las presas
- Lecciones de historias de casos de presas y estructuras anexas sujetas a terremotos
- Nuevas metodologías para predecir fallas causantes del terremoto y los movimientos de tierra
- Diseño y operación de obras hidráulicas para resistir terremotos
- Las medidas de emergencia adoptadas después de los terremotos
- Supervisión del rendimiento de los eventos sísmicos

7. Aspectos geotécnicos en Cimentaciones de presas

- Nuevas técnicas de exploración y evaluación
- Tratamiento de las tecnologías: la eficiencia y el rendimiento a largo plazo
- Tratamiento de condiciones geológicas difíciles
- Las tecnologías de diseño de las presas en cimientos poco resistentes

3. Participación y ponencias

Inicialmente fueron aceptadas 352 comunicaciones de 43 países, de las cuales se expusieron 251. El título y contenido de dichas ponencias puede consultarse en la web de ICOLD. (www.icold-cigb.net/).

Los temas con mayor número de comunicaciones, 25 exposiciones orales cada uno, fueron: Impactos del cambio climático sobre las presas y los beneficios de las mismas. Las presas para satisfacer el incremento de demanda debido al crecimiento de la población mundial y Nuevas técnicas para prevenir y gestionar los incidentes y accidentes

Las ponencias presentadas representaron una selección científica de las principales contribuciones realizadas desde los 5 continentes, por países de muy distinta condición económica, social y legal. Como era de esperar la participación japonesa fue muy numerosa, correspondiente al país anfitrión, aunque hay que destacar la de Irán, que tras pre-



Fig. 2. Sala A minutos antes del comienzo de la sesión: Impactos del cambio climático sobre las presas.

sentar 146 comunicaciones, expusieron 67, número elevadísimo para una jornada técnica de este alcance. Los países de mayor participación fueron los indicados en la tabla 1.

Analizando por continentes el 59% de las exposiciones orales estuvieron a cargo de representantes de países asiáticos y el 25 % de europeos. Cabe señalar que la participación de los técnicos del continente americano ascendió únicamente al 7%.

Atendiendo a los porcentajes generales (ponencias más poster) la fig. 3 muestra la distribución a nivel mundial y su desagregación en número por continente.

Tabla 1. Países con mayor participación en exposiciones del Simposio.

País	Nº de presentaciones
Japón	69
Irán	67
China	13
Corea	9
Indonesia	9
Federación Rusa	8
Francia	8
Suiza	7
Australia	6
Pakistán	5
Reino Unido	4

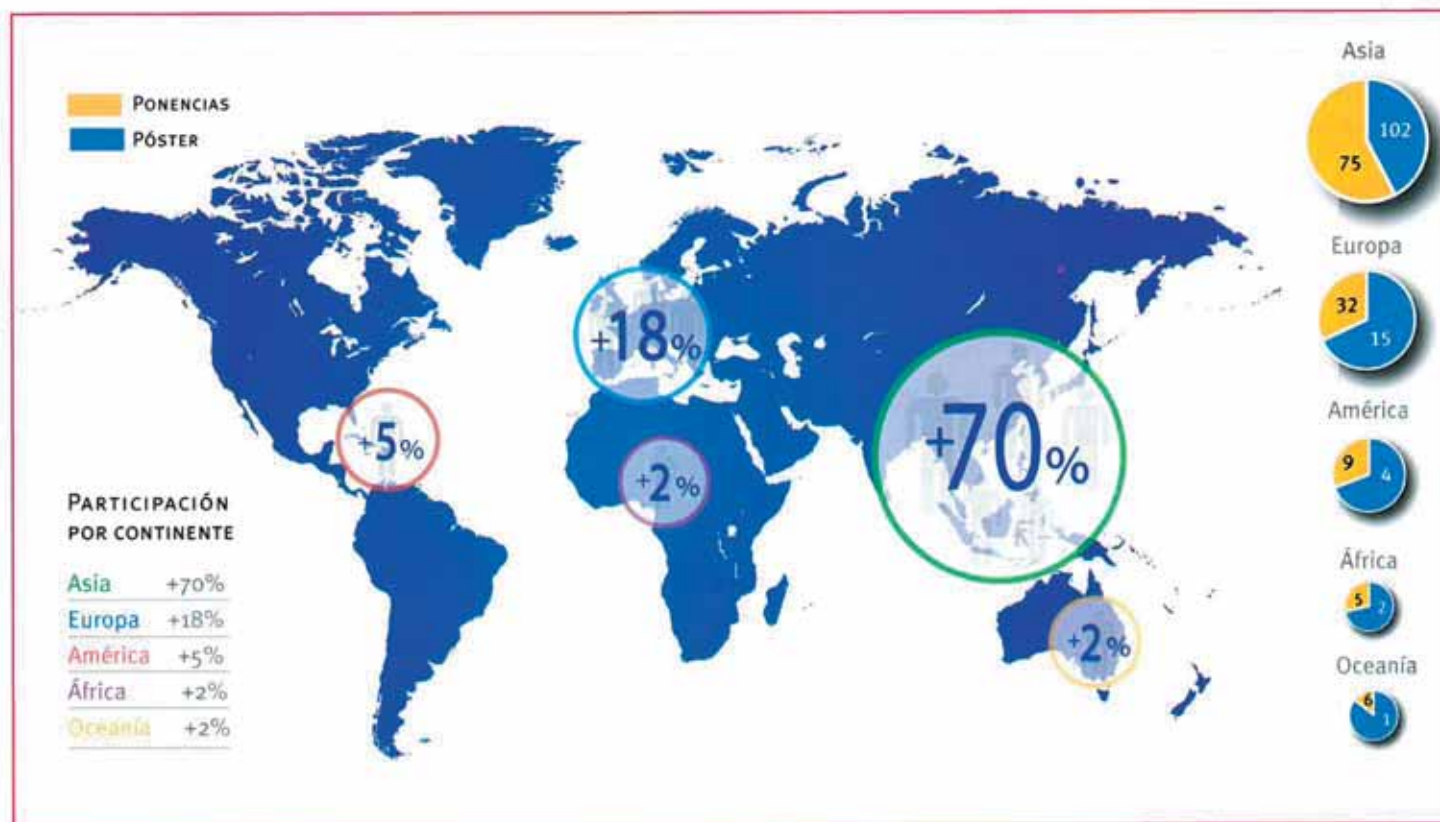
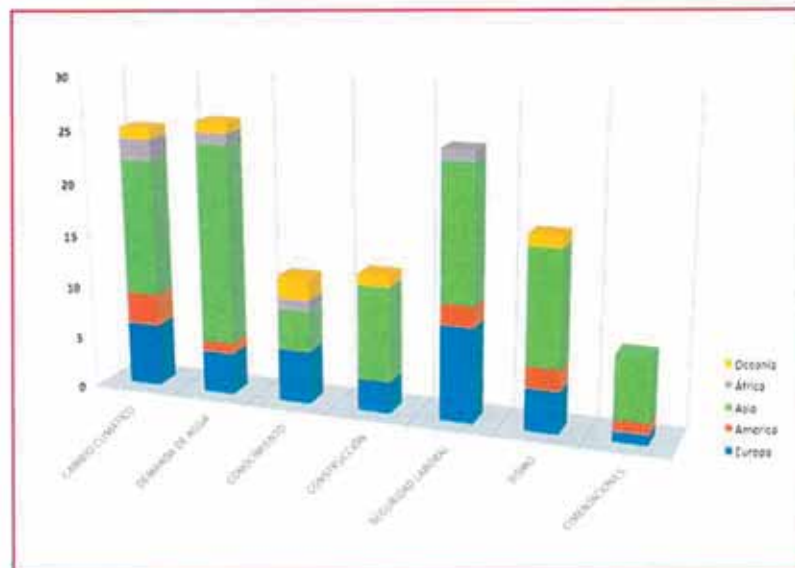


Fig. 3. Distribución de ponencias a escala mundial.

Para poder analizar donde se focalizan los intereses de los 7 temas propuestos por continente se ha elaborado la fig. 4, donde en ordenadas se cuenta el número de ponencias.

Es decir, que los intereses en los países asiáticos se centran en primer lugar en el tema: *Las presas*

Fig. 4. Distribución de temática a escala mundial.



para satisfacer la incremento de demanda debido al crecimiento de la población mundial, tema en el que además se destacaron frente al resto de continentes y en segundo lugar en: *Sismicidad, Cambio Climático y Seguridad Laboral*. Desde Europa se presentaron ponencias en todos los temas, destacando *Seguridad Laboral y Cambio Climático*, pero no liderando ninguno de ellos.

De todas las participaciones, el Comité Científico del Simposio eligió las tres mejores presentaciones junior de la jornada, premiando no solo su calidad técnica sino el nivel de su exposición. Los ganadores fueron:

- Sr. Tomoo Fukuda (Japan), Comunicación 142: "Study on Flushing Mechanism of Dam Reservoir Sedimentation and Recovery of Riffle-Pool in Downstream Reach by a Flushing Bypass Tunnel"
- Sr. Chinoros Thongthamchart (Thailand), Comunicación 309: "Monitoring of Leakage through Face Slab of Nam Ngum 2 CFRD"
- Sr. Yuguang Chen (France), Comunicación 389: "Numerical Analysis of High CFRD Using an Elastoplastic Constitutive Model".

4. Participación española

Ha de destacarse que las dos contribuciones presentadas por el Comité Español fueron seleccionadas por el comité científico para su exposición oral.

- La Primera de ellas fue presentada en el apartado nº 1, con título: *El Papel de las presas en la mitigación y adaptación de los efectos del cambio climático en países en vías de desarrollo*, figurando como autores D. Francisco Sánchez Caro, Dña. Elena Martínez y D. Alfonso Pérez Estébanez, aunque en su redacción participaron también D. Alfonso Andrés Pícazo, Dña. Patricia de las Heras Rodríguez, D. José María Aniceto Barranco, D. Jaime Martín Alfageme, Dña. Silvia García Wolfrum, D. José San Francisco y D. Alejandro de Juanes Seligman. La exposición oral estuvo a cargo de Dña. Elena Martínez Bravo, de la empresa Inclam.

Lo más interesante de esta ponencia fue transmitir que, tras la Convención de Cancún, existen una actividades denominadas NAMAs, (National Appropriate Mitigation Actions), que han sido identificadas como la actividad nacional más importante para reconocer y apoyar la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en los países en desarrollo.

Las NAMAs deben desarrollarse a nivel nacional. Pueden ser cualquier figura: una ley, un proyecto, un plan, un programa, una acción, etc. Como condición esencial debe promover el desarrollo sostenible del país, la erradicación de la pobreza y se valora la aportación de otros beneficios. Una NAMA no tiene técnicas limitaciones pero debe ser Medible, Reportable y Verificable (MRV), algo similar a los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) pero a nivel de país. Una NAMA, en principio, debería apoyarse económicamente directamente o indirectamente en los países desarrollados. Durban anunció otras formas de regulación.

Los fondos comprometidos a corto plazo alcanzan los 30 billones de dólares para el período 2010-2012. A largo largo plazo pueden llegar a 100 billones de dólares por año a partir de 2020. Quién, para qué, cómo se regulan, etc... estos fondos fue uno de los puntos a trabajar en la Conferencia de las Partes (COP 17), celebrada en Durban en noviembre de 2011.

Esta es una gran oportunidad para reconocer a las presas y embalses como mecanismos válidos en

la mitigación de los efectos del cambio climático en los países en desarrollo y ser incluidos en las listas nacionales de NAMAs, ya que además de su innegable contribución a la adaptación al cambio climático por la regulación del recurso hídrico de las cuencas y por el efecto paliativo cuando se producen fenómenos extremos, sequías e inundaciones, las presas pueden desempeñar un papel importante en la mitigación del cambio climático debido a:

- La producción de energía renovable mediante la generación de energía hidroeléctrica, sobre todo en centrales reversibles. Esta energía limpia reduce las emisiones de gases de efecto invernadero como alternativa a otras fuentes garantizando la capacidad de regulación eléctrica.
- El abastecimiento de agua almacenada en un embalse para consumo humano o regadío puede generar menos emisiones de gases de efecto invernadero que otras opciones como las plantas de desalinización de agua de mar.

Por último, nadie duda de su contribución al desarrollo sostenible, mejoran la estabilidad económica, la erradicación de la pobreza y la calidad de vida.

El objetivo de la presentación fue inicialmente apoyar la construcción de presas como NAMA pero en el momento de la presentación se comprobó que varios países ya las incluyen dentro de sus listados de acciones.

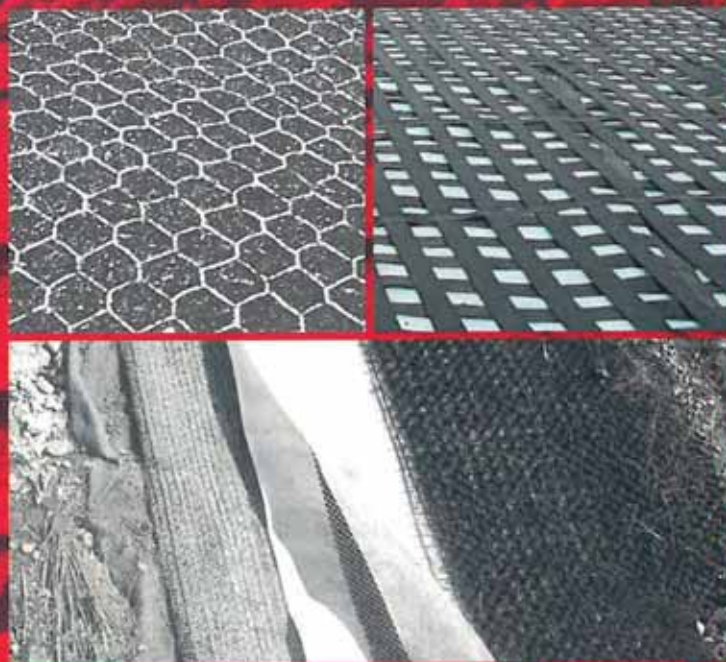
Las numerosas preguntas se centraron en los fondos monetarios y en la medida en que es competitiva una presa en la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero frente a otras opciones que garantizan los mismos servicios. La respuesta a la primera pregunta deben responderla las Oficinas de Cambio Climático de cada país. La respuesta a la segunda pregunta es que existen varios estudios realizados por el panel de expertos del IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) y de equipos estadounidenses que así lo afirman mediante estudios comparativos de varias tipologías de abastecimiento eléctrico y de agua.

- La Segunda contribución estaba relacionada con la inquietud, ampliamente expuesta en distintos foros y especialmente en este, en su apartado nº 3

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
- GEOTEXTILES



SOLUCIONES
EN GEOTECNIA Y
MEDIO AMBIENTE
WWW.ABIANCHINI.ES



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

tr *ma*
TECNICAS REUNIDAS
Infraestructuras y Medioambiente



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

sobre transferencia de tecnología y experiencia en el proyecto, construcción y especialmente en la explotación y mantenimiento de las estructuras de las presas.

La comunicación además de presentarse como contribución al Simposio que comentamos fue presentada en el foro del club Europeo de ICOLD. Su título fue *La movilidad de la ingeniería de presas hacia la sostenibilidad* y sus autores D. José Polimón y D. Fernando Girón.

El contenido, constaba de una exposición de motivos, en donde se pone de manifiesto como se hace imprescindible la transmisión del conocimiento relacionado con el mundo de las presas en todas sus facetas, tanto por las necesidades de explotación, como de nuevas construcciones, recrecimientos, adaptaciones, mantenimiento y mejora e incorporación de nuevas técnicas en la gestión, planificación y desarrollo de nuevas infraestructuras.

Una vez expuesta la motivación, se presentó la iniciativa española en este sentido mediante la cual se ha implementado un *Máster Internacional en Explotación y Seguridad de Presas y Balsas*, pionero en el mundo de las presas y cuyo contenido, realización, composición de profesorado y experiencia de funcionamiento de dos años fue detallada ampliamente.

Posteriormente, el presidente del Comité Español lanzó la iniciativa de montar a nivel europeo un Máster similar para transmitir e intercambiar experiencias en el campo europeo de las presas, iniciativa actualmente en marcha y que en las próximas reuniones del Club Europeo de ICOLD se seguirá perfilando con la programación de un Curso Piloto.

5. Comentarios tras el simposio

Independientemente de las contribuciones aportadas a las cuestiones principales del congreso cuyos apartados correspondientes se incluyen en esta publicación, el Simposio cumplió ampliamente su objetivo de formar un foro amplio y versátil sobre la problemática actual del mundo de las presas.

A través de él se han expuesto las inquietudes actuales que rodean este mundo y ha proporcionado una visión internacional de su problemática.

Su contenido tiene sugerencias, propuestas y recomendaciones para abordar los temas más actuales que inciden en el mundo de las presas como son: El cambio climático y su gestión, las necesidades de regulación para abastecer a un mundo en crecimiento y desarrollo, la necesidad y métodos para transferir conocimiento. Nueva tecnología en prevención, explotación y mantenimiento. Control de acciones sísmicas y recomendaciones para cimentaciones de mala calidad.

Como comentarios específicos del Simposio:

- El temario tan amplio y distribuido en 7 sesiones paralelas resultaron difíciles de seguir. Estaba pensado para especialistas y como oyente más general no era posible atender a más de 3 temas.
- Quedan patentes los distintos niveles de conocimiento por países así como los distintos niveles de desarrollo. Esto conduce a un punto esencial: la exposición de distintos problemas y más importante, distintos enfoques del mismo problema.
- Los temas en los que más se está trabajando y que más interesan a los países emergentes y asiáticos son: abastecimiento de agua en escenario de gran incremento de población, cambio climático, accidentes.
- En Japón y con el reciente tsunami de 2011, siempre resultan interesantes las aportaciones sobre sismicidad.
- Interesante el despegue internacional de los países emergentes
- Solo los europeos presentaron algo realmente relacionado con el cambio climático
- La aportación de los técnicos estadounidenses se redujo a dos exposiciones orales, una sobre Cambio Climático, incertidumbres y abastecimiento de agua y otra sobre el cálculo y comparación de los resultados numéricos de un modelo numérico para analizar la respuesta de varias presas de tipología de arco frente a una sollicitación de sismo. ♦

International Symposium on Dams for a changing world (Kyoto, June 2012)

The International Symposium on Dams for a changing world, Need for Knowledge Transfer across the Generation & the World was held in Kyoto during the 80th Annual Meeting and the 24th Congress. The main topics were: Impacts of Climate Change on Dams and the Benefits from Dams, Dams for Meeting Increasing Demand of Growing World Population, Knowledge & Technology Transfer in Dam Engineering, Advanced Technologies for Construction of Dams, New Techniques to Prevent and Manage Incidents & Accidents, Earthquakes and Geotechnical Aspects of Dam Foundations.

Finally there were 251 papers, 127 of them were orally exposed and 124 posters. The participation was extended to the five continents thanks to the contribution from 39 countries. The symposium was developed throughout a whole day in 7 parallel sessions of morning and afternoon, and in a posters showroom.

Topics with highest number of communications were: Climate Change Dams for Meeting Increasing Demand of Growing World Population and New Techniques to Prevent and Manage Incidents & Accidents. Asian countries interests were mainly focused on the topic: Dams for Meeting Increasing Demand of Growing World Population. It is worth mentioning that Asian (countries) Technicians presented far more oral papers than other countries. Another topic like Impacts of Climate Change on Dams. New Techniques to Prevent or Manage Incidents & Accidents and Earthquakes, also aroused Asian countries interest.

European countries gave a paper on every topic, highlighting Prevent and Manage Incidents and Climate Change, but regrettably not leading any of them.

Spanish participation in the symposium was submitted two papers both orally presented by the Spanish Committee.

The first one presented referred to topic 1, titled: Role of dams in the adaptation and mitigation of climate change in developing countries, written by Mr. Francisco Sánchez Caro, Mr. Alfonso Pérez Estebanez and Mrs. Elena Martínez.

The communication goals were:

- To report on existing actions, so-called NAMAs or "National Appropriate Mitigation Actions" identified as the single most important national activity to recognize and support the Greenhouse Gases (GHG) emission reduction in Developing Countries. Fast-start finance is in the amount of USD 30 billion for the period 2010-2012. Long-term funds are

committed annually to reach USD 100 billion per year as of 2020. These funds target mitigation and adaptation in Developing Countries. Who, for what, how these funds are going to be regulated, etc... were the main worklines on Durban Conference Of the Parties (COP 17), 2011.

- To support dams construction as NAMA development. At presentation time we found that several countries already include them in their actions checklists.

Second contribution was related to the concern about technology and experience transfer in a project, construction and especially in management and maintenance of dams.

Apart of submitting the paper as a contribution to the Symposium it was also discussed at the European Club Forum of ICOLD under the title Dam Engineering Moving towards Sustainability, being D. José Polimón and D. Fernando Girón the authors

The objective was to expose a statement of reasons, remarking how essential knowledge transfer is in all aspects of dam world: management needs, new dam constructions, enlargements, adaptations, maintenance and improvement and incorporation of new techniques in the management, planning and development of new infrastructures.

On that score the Spanish pioneering initiative of implementing the International Master in dams and reservoirs management and safety, was presented. Given the success of this International Master, D. José Polimón presented the initiative to promote an European Master, topic of discuss of the next European Club meeting.

Symposium fulfilled his goal widely turning into a reference Forum were nowadays problems were exposed. Present concerns surrounding these issues and their international overview were discussed.

Remarks after Symposium:

- Different knowledge levels and development standards became evident. That led to different approaches statement to the same problem.
- Interesting contribution about Earthquakes by Japanese technicians in view of recent tsunami in 2011.
- Remarkable launching of emerging countries. Only the European presented papers actually related to Climate Change issues. American technicians contribution came down to two oral presentations. ♦

La formación de profesionales en seguridad de presas.

Revista de Obras Públicas
nº 3.536. Año 159
Octubre 2012
ISSN: 0034-8619
ISSN electrónico: 1695-4408

- El Máster Internacional en Explotación y Seguridad de Presas y Balsas de Madrid
- El Curso Piloto del ICOLD European Club

Training of professionals in dam safety.

International Master on Dam safety and operation. ICOLD European Club Pilot Course

José Pollmón López. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Presidente del Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD)
Presidente del ICOLD European Club, Madrid (España), presidente@spancold.es

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

Ignacio Escuder Bueno. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Secretario General del ICOLD European Club, Universidad Politécnica de Valencia.
Valencia (España), iescuder@hma.upv.es

Resumen: La comunidad científica y técnica de Presas, a través de los Congresos Internacionales de ICOLD y de varios simposios viene mostrando su preocupación por la formación de profesionales. Esto se traduce en dos líneas complementarias: la formación de profesionales para diseñar y construir nuevas presas (especialmente en países en desarrollo), y la formación del personal técnico que debe ocuparse de explotar con seguridad las presas existentes.

Como ejemplo, se resumen las características del Curso Máster Internacional en Explotación y Seguridad de Presas y Balsas, que se imparte en Madrid y cuya tercera edición ha comenzado el pasado mes de Septiembre de 2012. El Club Europeo de Presas de ICOLD está analizando la posibilidad de implantar este tipo de Máster a nivel europeo, por lo que se ha decidido comenzar con un Curso Piloto, cuyo programa se presenta en este artículo.

Palabras Clave: Formación; Máster; Explotación; Seguridad; Presas; Balsas; SPANCOLD; Piloto; ICOLD

Abstract: The scientific and technical community of Dams, through the ICOLD International Congresses and symposia is showing the general concern for the training of professionals. This results in two complementary lines: the training of professionals to design and build new dams (especially in developing countries), and training of technical staff who must deal existing dam operation in a safe manner.

As an example, it is summarized the characteristics of the International Master Course on Operation and Safety of Dams and Ponds, which is taught in Madrid and whose third edition has started last September 2012. Beside this, European Club of ICOLD is exploring the possibility of implementing this type of Master at European level, so it has been decided to start with a Pilot Course. The program is presented in this article.

Keywords: Training; Master; Operation; Safety; Dams; Small Dams; SPANCOLD; Pilot, ICOLD

1. Introducción

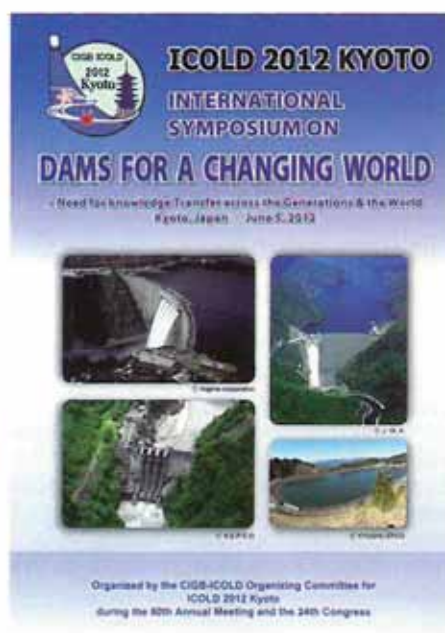
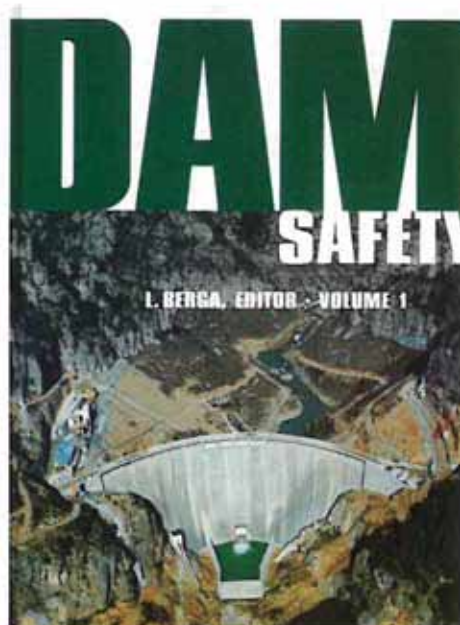
La Seguridad de las Presas es el tema central de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD) y por ello ha sido tratado en varios Congresos internacionales y especialmente en los dos últimos habiendo sido objeto de análisis y debate como una de las cuestiones principales en los Congresos de Brasilia (1) - 2009 (Q 91) y de Kyoto - 2012 (Q 93) (2).

Por su parte, la organización regional europea de ICOLD (European Club) ha dedicado a este tema los siguientes Simposios organizados por los correspondientes Comités Nacionales:

- New trends and guidelines on Dam Safety. SPANCOLD. Barcelona (España) 1998 (3).
- Dams in a European context. Operational safety of Dams. NNCOLD. Geiranger (Noruega) 2001 (4).

Se admiten comentarios a este artículo, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de diciembre de 2012. Recibido: septiembre/2012. Aprobado: septiembre/2012





- Long term benefits and performance of Dams. Risk assessment and reservoir management. BDS. Canterbury (Reino Unido) 2004 (5).
- Dams in Europe. Tasks and challenges. DTK. Freising (Alemania) 2007 (6).
- Dam Safety – Sustainability in a Changing environment. ATCOLD. Innsbruck (Austria) 2008 (7).
- Sharing experience for safe and sustainable water storage. ITCOLD. Venecia 2013 (8).

Además ha sido el tema principal en los recientes Simposios organizados con motivo de las Reuniones Anuales de ICOLD como:

- Dams and reservoirs under changing challenges. SCD. Lucerna (Suiza) 2011 (9).
- Dams for a changing world. Subtema 3 "Conocimiento y transferencia de tecnología en ingeniería de presas". ICOLD. Kyoto – 2012. (Su contenido se describe en otro artículo de este monográfico) (10).

Igualmente va a ser objeto de debate en la próxima Reunión Anual de ICOLD, que se celebrará en Seattle (Estados Unidos) en Agosto de 2013 (11). En esta ocasión se analizarán los diversos aspectos implicados en la evolución desde el Desarrollo de las Infraestructuras a su Gestión (Changing Times: Infrastructures development to Infrastructures Management). Aspecto

éste importante tanto para los países con un elevado número de presas construidas como para los países en desarrollo a medida que van poniendo en explotación sus nuevas presas.

Las actividades relacionadas con la Seguridad de las Presas requieren profesionales que dispongan de la formación adecuada para hacer frente tanto a las labores normales como a los eventos extraordinarios que se pueden producir en la explotación de Presas, Balsas y Embalses.

En este sentido, se presentan a continuación dos ejemplos de cursos de formación de profesionales de Presas. En primer lugar, el Máster internacional en explotación y seguridad de Presas y Balsas, seguido del Curso Piloto del ICOLD European Club que pretende ser un primer paso para establecer un Máster con participación de varios países europeos.

2. Máster Internacional en Explotación y Seguridad de Presas y Balsas

El Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD), ha organizado el Máster 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 de 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 actualmente también en otros países, como se ha indicado en las reuniones y simposios internacionales mencionados.

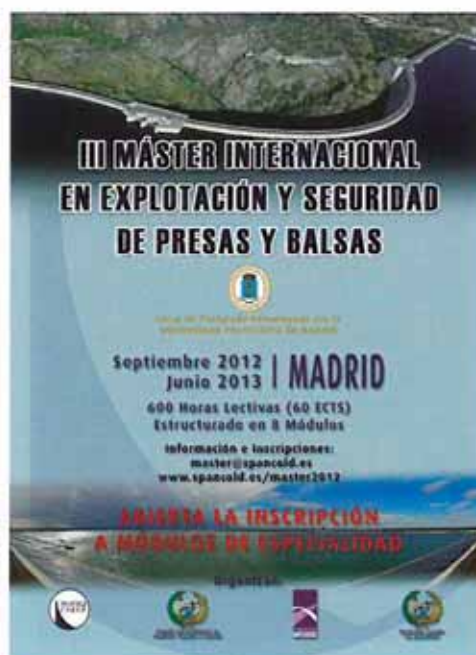
Por ello, el Máster responde a esa necesidad de formación de personal especializado en las actividades de Explotación y Seguridad de Presas y Balsas, tanto para España con unas 1.300 presas y más de 100.000 balsas, como para otros países, por lo que se plantea como Curso Internacional, que se desarrolla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

Este Curso está reconocido como Máster Propio de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). La tercera edición de este Máster ha comenzado en septiembre de 2012 y terminará en junio de 2013, con la presentación de los trabajos prácticos (tesinas) realizados por los alumnos en presas o balsas existentes.

El Máster suministra los conocimientos necesarios para el seguimiento de la seguridad, 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 la exposición, a cargo de expertos de reconocido prestigio, de casos reales (normales o extraordinarios) ocurridos durante la explotación de las Presas y de las Balsas.

El Curso está estructurado en siete módulos teórico-prácticos y un módulo de realización de tesina, a través de los cuales se da 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.

Existen tres modalidades de realización de este Máster:

- Realizar los ocho 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 ocho 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.

Las clases teóricas se imparten en el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en Madrid. Las clases prácticas se desarrollan en emplazamientos de presas o balsas y en centros de investigación o laboratorios de ensayos hidráulicos o mecánicos. La Tesina se hace en el lugar de residencia del alumno realizando las visitas necesarias al sitio asignado por los tutores para el desarrollo de la misma.

Tanto la información completa sobre las características de este Curso Máster como la inscripción en el mismo se encuentran en www.spancold.es/master2012

3. Curso Piloto del ICOLD European Club

La preocupación, a nivel internacional, por la formación de profesionales de Presas ha hecho que el ICOLD European Club esté analizando la posibilidad de implantar un Máster como el español pero de ámbito europeo.

Como ya se ha descrito en otro artículo anterior sobre las actividades del Club, en el Consejo celebrado en Kyoto se ha tratado de las posibilidades y de las dificultades que hay que estudiar para lograr este objetivo.

Por esta razón, SPANCOLD ha planteado, como primer paso, intentar establecer un Curso Piloto que servirá para ver, a escala reducida, la forma de resolver los problemas de distinto tipo que existen: organizativos, académicos, logísticos y financieros.

En la reunión mencionada se ha constituido un Grupo de Trabajo compuesto por los Comités nacionales de Austria, Francia, Italia, Portugal, Reino Unido y por el Comité español que coordina el Grupo.

El idioma del curso será el inglés y una gran parte de las clases se impartirán on line.

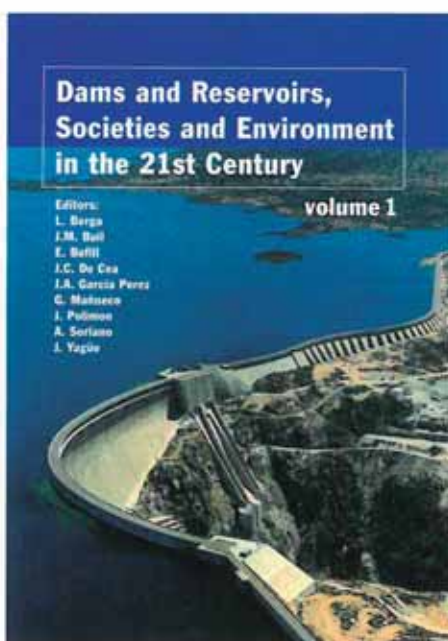
El Curso Piloto se compondrá de dos módulos con los siguientes contenidos:

1. Gestión de la Seguridad

- Control de la Seguridad
- Clasificación por el riesgo potencial. Análisis de Riesgos
- Normas de explotación
- Planes de emergencia
- Revisiones de seguridad
- Incidentes y Accidentes. Roturas de presas

2. Operación y Mantenimiento

- Vigilancia y control de presas y embalses
- Conservación. Mantenimiento y Explotación



- Envejecimiento. Recrecimientos
- Puesta fuera de servicio
- Aspectos ambientales

Los avances del Grupo de trabajo se debatirán en la próxima reunión del Club Europeo que se celebrará el próximo mes de abril de 2013 en Venecia, coincidiendo con el Simposio europeo organizado por el Comité italiano (ITCOLD) que se ha mencionado más arriba.

La fecha tentativa para revisar la viabilidad el Curso Piloto se ha establecido en junio de 2013, de forma que se puedan tomar las decisiones pertinentes en la reunión que se celebrará en Seattle, en agosto de 2013, coincidiendo con la próxima Reunión Anual de ICOLD.

4. Conclusión

Los beneficios que se pueden obtener de acciones de formación de profesionales como las descritas son:

- Formación de profesionales de presas y balsas.
- Transferencia de tecnología entre países.
- Formación del personal de explotación y seguridad de presas
- Implantar cursos internacionales de Formación.
- Aprovechar la Formación para que sea el núcleo básico de la colaboración entre los Comités Nacionales y las Organizaciones Regionales de ICOLD. ♦

Referencias:

- (1) 23 th International Congress on Large Dams. ICOLD, Brasilia, 2009
- (2) 24 th Congress on Large Dams. ICOLD, Kyoto, 2012
- (3) "Dam safety: proceedings" of the International Symposium on New Trends and Guidelines on Dam Safety, Spain, June 1998, Sponsored by ICOLD; edited by Balkema, Rotterdam, 1998
- (4) "Dams in a European Context: Proceedings" of the 5th ICOLD European Symposium 2001, Geiranger, Norway, June 2001, Edited by Balkema, Lisse, (Holland), 2001
- (5) "Long-Term Benefits and Performance of

- Dams", Proceedings of the 13th conference of The British Dam Society held at the University of Kent, Canterbury, UK, edited by Henry Hewlett, Thomas Telford, London, 2004
- (6) 7 th ICOLD European Club Meeting, Freising, Germany, September 2007
- (7) "Dam Safety: Sustainability in a changing environment". Proceedings of the 8th ICOLD European Symposium, September 2010 Innsbruck, Austria, edited by ATCOLD; Published by Verlag der Technischen Universität Graz, Graz University of Technology, Graz (Austria) 2010
- (8) "Sharing Experience for Safe and Sustainable Water Storage", 9 th International Symposium of ICOLD, Venice (Italy), April 2013
- (9) "Dams and reservoirs under changing

- Challenges". Proceedings of the International Symposium on Dams and Reservoirs under Changing Challenges, 79 th Annual Meeting of ICOLD, Swiss Committee on Dams, Lucerne, Switzerland June 2011; Edited by CRC Press/Balkema, Leiden (Holland), 2011
- (10) "Dams for a Changing World: Need for Knowledge Transfer across the Generation & the World", Kyoto, Japan, June 2012, Organized by the CIGB-ICOLD Organizing Committee for ICOLD 2012 Kyoto during the 80th Annual Meeting and the 24th Congress on Large Dams, Japan Commission on Large Dams, 2012.
- (11) 81th ICOLD Annual Meeting: Seattle (USA), August 2013



La presa de Campos del Paraíso. Cabecera de la red de abastecimiento de la llanura manchega

Campos del Paraíso Dam.

Origin of the Llanura Manchega water supply distribution system

Revista de Obras Públicas
nº 3.536, Año 159
Octubre 2012
ISSN: 0034-8619
ISSN electrónico: 1695-4408

Federico López Zafra. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Director de las Obras. Confederación Hidrográfica del Guadiana. Ciudad Real (España). flopez@chguadiana.es

Isabel Granados García. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Profesora Asociada. Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Madrid (España). igranados@inproes.net

Francisco J. Martín Carrasco. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Profesor Titular. Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Madrid (España). f.martin@upm.es

Alfredo Granados García. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Profesor Ayudante. Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Madrid (España). a.granados@upm.es

Resumen: La presa de Campos del Paraíso (Cuenca), recientemente construida, es el órgano de regulación y distribución de los recursos suministrados por el Acueducto Tajo-Segura para abastecimiento de la Llanura Manchega. De ella parte una importante red de conducciones de más de 1.000 km de longitud, con la que se abastecerá a más de 100 núcleos urbanos, con una población global de unos 800.000 habitantes. Tiene este embalse encomendadas dos misiones importantes, una cotidiana consistente en regular los volúmenes de agua que ha de servir a la Llanura Manchega y otra de seguridad como receptor en emergencia del vaciado del Acueducto Tajo-Segura. El emplazamiento tiene la singularidad geológica de la existencia, bajo la plana aluvial del vaso, de capas subhorizontales de brechas calcáreas cretácicas permeables, lo que ha precisado ajustar su diseño a este condicionante para evitar pérdidas de agua por infiltración.

En este artículo se describe el alcance de la actuación, el diseño estructural de esta presa de materiales sueltos, la solución dada a la impermeabilización del embalse, los detalles constructivos del sistema hidráulico (tomas, desagües y aliviadero) y la repercusión que esta obra tiene sobre la seguridad funcional del Acueducto Tajo-Segura.

Palabras Clave: Presa de tierra; Llanura Manchega; Permeabilidad del vaso; Tapizado con arcilla; Pérdidas por infiltración; Erosión del tapiz; Vaciado del canal; Acueducto Tajo-Segura

Abstract: The recently finished Campos del Paraíso Dam (Cuenca) is the structure in which water resources from the Tajo-Segura Aqueduct are stored. It's the origin of an important water distribution network, made up by more than 1.000 km of pipes, which supplies water to more than 100 populations of the Llanura Manchega area, with around 800.000 inhabitants. The reservoir has two main purposes: the first is a conservation pool and the second is an emergency pool for emptying the Tajo-Segura Aqueduct. The site has a geological singularity due to the existence of a horizontal Cretaceous calcareous limestone of high permeability under the alluvial plain. This determining factor has influenced the dam design, in order to prevent water leakage. This article describes the general scenario, the design of the earthfill dam, the actions that were taken to avoid water leakage, the details of the hydraulic system and the impact of this dam on the Tajo-Segura Aqueduct operational safety.

Keywords: Earthfill dam; Llanura Manchega; Reservoir site permeability; Clay waterproofing lining; Water leakage; Erosion; Aqueduct emptying; Tajo-Segura Aqueduct

1. Introducción

La presa de Campos del Paraíso se encuentra en la zona occidental de la provincia de Cuenca, sobre el cauce del río Valdejudíos. Éste es tributario del Ci-

güela, afluente del Guadiana por su margen derecha. Se trata de una estructura de materiales sueltos, de tierras con núcleo central impermeable, de 18 m de altura sobre cimientos y 517 m de longitud en coronación. El dique corona a la cota 866 (eje de la calza-

Se admiten comentarios a este artículo, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de diciembre de 2012. Recibido: septiembre/2012. Aprobado: septiembre/2012



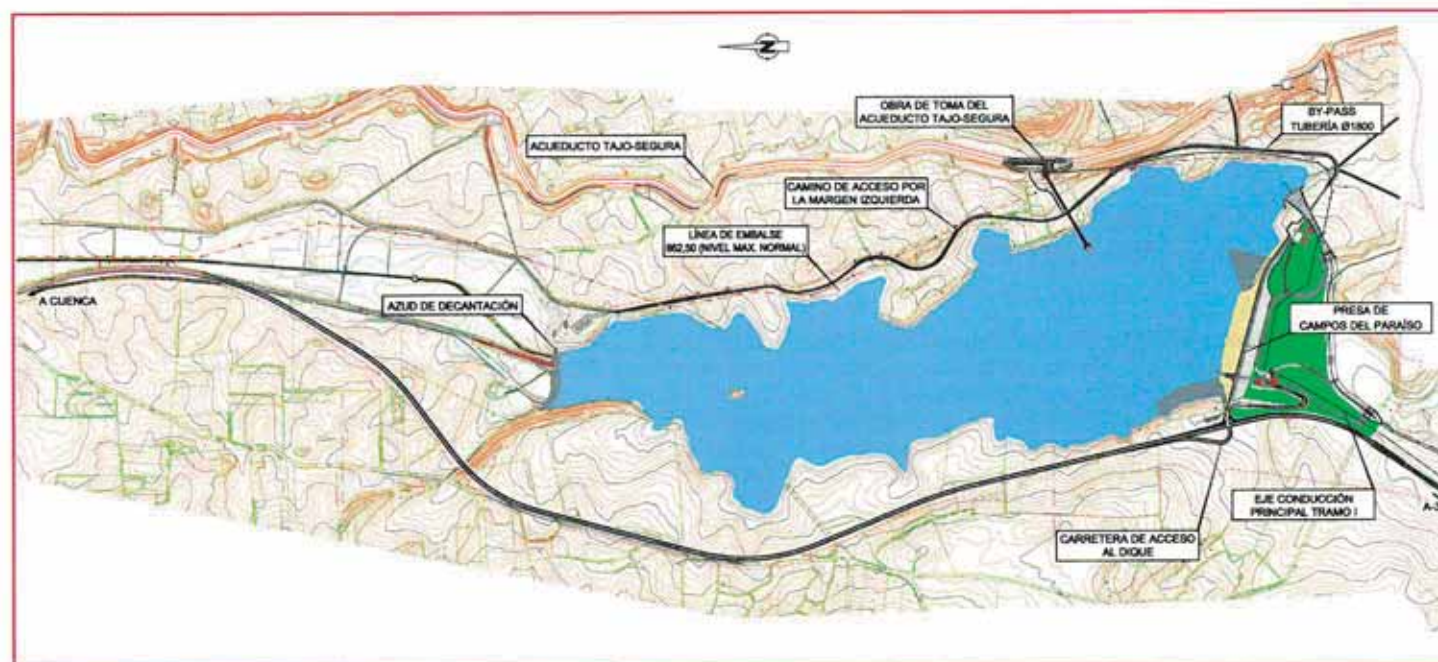


Fig. 1. Plano general del embalse.

da) con una anchura de 10 m. Su capacidad de almacenamiento es de 5,8 hm³. Ha sido construida por la empresa OHL bajo la dirección de Federico López Zafrá y Antonio Lanseros Arjona (Confederación Hidrográfica del Guadiana).

Si se considerasen solamente los datos de altura de presa y capacidad de embalse podría inferirse que se trata de una estructura poco relevante en el ámbito del campo de la ingeniería. Sin embargo se trata de una obra sumamente interesante, no sólo por su función estratégica como embalse regulador de los recursos del sistema de abastecimiento de la Llanura Manchega, sino como órgano de seguridad del Acueducto Tajo-Segura al asumir la función de receptor en emergencia del vaciado del canal; se suma a ello la dificultad geológica del emplazamiento y el alto valor añadido del agua que transita por este embalse, lo que ha obligado a adoptar medidas singulares de sellado del vaso y a disponer dispositivos de seguridad redundantes en el equipamiento hidráulico.

Por margen izquierda del vaso, y por encima del nivel de embalse, discurre el Canal de Trasvase Tajo-Segura del que deriva los caudales precisos para su llenado. Se erige por lo tanto en el depósito de cabecera de la infraestructura hidráulica del sistema de abastecimiento de las poblaciones de la extensa área de la Llanura Manchega, y de los núcleos urbanos inmediatos al trazado del ATS, con aguas pro-

cedentes de la cuenca del Tajo. En el mismo se regulan los caudales que se suministran de manera discontinua a través de este canal.

La Cuenca del Alto Guadiana, que ocupa la gran planicie de la Llanura Manchega, tiene unos recursos hidráulicos muy limitados dependientes en gran medida de los acuíferos subterráneos, especialmente de los denominados Mancha Occidental y Campo de Montiel, internamente relacionados entre sí y a los que se asocian enclaves ecológicos de alto interés medioambiental existentes en esta región: el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel, el Parque Natural de las Lagunas de Ruidera y otros complejos lagunares.

La sobreexplotación de estos acuíferos (fundamentalmente durante las décadas de 1970 y 1980) se ha traducido en un gran descenso de los niveles piezométricos y en la desconexión del agua del acuífero con los cursos superficiales, anulándose las surgencias naturales de los Ojos del Guadiana y disminuyendo notablemente la aportación superficial o subterránea, a la par que se ha producido el deterioro, contaminación y degradación de la calidad del agua.

La infraestructura hidráulica que actualmente se está construyendo consiste en una extensa red de conducciones con la que se abastecerá a más de un centenar de núcleos urbanos con una población global de unos 800.000 habitantes, cuyo punto de

cabecera es este embalse. Del mismo arranca la conducción de transporte hasta la ETAP de Saelices¹, en donde se potabiliza el agua para su distribución a las redes de abastecimiento².

Junto con este cometido principal la presa de Campos del Paraíso tendrá una segunda función, también muy importante en cuanto atañe a la seguridad del Acueducto Tajo-Segura. Este canal se construyó entre los años 1970 y 1978, comenzando su funcionamiento en pruebas en 1979, siendo su objeto transferir agua de la cuenca del Tajo, a partir del sistema Entrepeñas-Buendía y Bolarque, hacia la región levantina, fundamentalmente Murcia, Alicante y Almería.

El Acueducto Tajo-Segura enlaza el embalse de Bolarque sobre el río Tajo con el de Talave en el río Mundo mediante una conducción de 242 kilómetros de longitud (172 km en canal a cielo abierto, 58 km en túnel, 11 km en acueducto y 1 km en sifón). Consta de dos tramos: el tramo I, desde el embalse de Bolarque al de Alarcón y el tramo II, desde el embalse de Alarcón al de Talave.

Durante su construcción en los años setenta se adoptaron medidas de seguridad básicas frente a los riesgos de caída accidental al interior que inevitablemente conlleva un canal a cielo abierto de tanta longitud, con un camino de servicio que le acompaña en su recorrido. Sin embargo, este canal apenas si dispone de puntos de vaciado en emergencia, en los que se puedan verter los 33 m³/s sin que ocasione daños importantes por desbordamiento de los cauces, función que asumirá el embalse de Campos del Paraíso.

Otro aspecto importante considerado en el diseño de esta presa es la necesidad de reducir las pérdidas de agua, ya que los recursos hídricos que ha de regular son limitados y con un alto valor añadido (en el bombeo desde Bolarque a La Bujeda) frente a la incertidumbre planteada sobre el grado de permeabilidad del vaso por la complejidad geológica de los terrenos en que se encuadra, lo que ha obligado a realizar actuaciones de sellado, encaminadas a minimizar las posibles pérdidas de agua por infiltración al subálveo, mediante el tapizado global

con arcilla de toda la plana aluvial inundada por el embalse.

El proyecto se ha acometido recogiendo las tendencias innovadoras del diseño que mejoran la seguridad de las presas, referentes a la disposición de un sistema hidráulico robusto, elementos de control redundantes, resguardos holgados, y diseño cuidado de filtros y drenes.

2. Condicionantes del proyecto

2.1. El abastecimiento de agua a la Llanura Manchega

La escasa pendiente del terreno de la extensa comarca de la meseta manchega, junto a su alto potencial de infiltración con zonas endorreicas y lagunares, y la no muy alta pluviometría, propician que exista en la misma una red fluvial poco desarrollada, y que sus recursos hídricos sean escasos. La extracción de agua del subálveo ha dado lugar a la sobreexplotación de los acuíferos, secando primero los rebosaderos y los tradicionales pozos someros con sus norias, conllevando de forma drástica y paulatina al descenso profundo del nivel del agua subterránea. Esta reducción de los recursos hídricos ha afectado primero a las zonas lagunares y rebosaderos (lo que ha dado lugar a un incremento del control de las captaciones para consumo de agua de los regadíos locales) y ahora, en la situación actual, el problema se ha trasladado al abastecimiento a las poblaciones.

La utilización del agua del Acueducto Tajo-Segura para abastecimiento de la Llanura Manchega es obligada, ya que al no disponer de recursos hídricos en la zona éstos deben aportarse desde fuera y la mejor opción es aprovechar la infraestructura existente del ATS, el cual discurre a cota suficiente para realizar toda la distribución por gravedad y tiene garantizada la disponibilidad del agua.

El esquema hidráulico del proyecto es el siguiente: captación del Acueducto Tajo-Segura y regulación en cabecera de los volúmenes derivados (presa de Campos del Paraíso); potabilización del agua en el inicio de la red (ETAP de Saelices); eje principal de transporte del agua tratada (conducción de gran diámetro y 175 km de recorrido desde la captación del agua hasta el embalse de Gasset, cru-

(1) Tubería de fundición de diámetro Ø 1.800 mm prevista para transportar un caudal continuo de 2,5 m³/s.

(2) En total son más de 1.000 km de red de tuberías de fundición desde Ø 1.800 mm y q = 2,5 m³/s, que distribuyen el agua en las provincias de Albacete, Ciudad Real, Cuenca y Toledo.



Fig. 2. Vista aérea de la presa durante la construcción.

zando las provincias de Cuenca, Toledo y Ciudad Real); ramales de distribución del agua a todos los núcleos urbanos beneficiarios. A este macroproyecto, cuya ejecución se ha dividido en fases, se ha añadido el abastecimiento de agua a los núcleos de población del entorno del Acueducto Tajo-Segura, todos ellos situados en la provincia de Cuenca (33 núcleos urbanos en la 1ª Fase, ampliables a 24 más en una etapa posterior).

Se trata por lo tanto de una extensa red de conducciones, que globalmente tiene más de 1.000 km de tubería de fundición desde $\varnothing$ 1.800 mm, con presiones estáticas en parte del trazado superiores a 20 atm, dimensionada para suministrar en el horizonte de cálculo un caudal continuo de $\sim 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$. La protección frente a los daños potenciales derivados de una posible rotura de la tubería se ha realizado mediante válvulas de sobrevelocidad, colocadas en puntos estratégicos de la red. Estas válvulas se cie-

rran automáticamente cuando detectan que se inicia una avería en las conducciones, evitando la salida masiva de agua. La transmisión de la información concerniente a la explotación del sistema se realiza mediante una red de fibra óptica hasta el Centro de Control ubicado en la ETAP de Saelices.

La función del embalse de Campos del Paraíso, dentro del sistema de la Llanura Manchega, es exclusivamente la de regular los caudales aportados por el Acueducto Tajo-Segura (que llegarán de manera discontinua, mediante envíos prefijados de determinados volúmenes de agua), para cederlos a la ETAP de Saelices a caudal continuo en la cuantía en que los demande la red.

2.2. La seguridad del Acueducto Tajo-Segura

El canal está dimensionado para transportar un caudal de $33 \text{ m}^3/\text{s}$ desde el embalse de Bolarque

(río Tajo) hasta el de Talave (río Mundo) en la cuenca del Segura. Dispone de un importante bombeo en cabecera (reversible para ahorrar energía) desde Bolarque (NMN 642) a La Bujeda (NMN 905,5). Exceptuando este bombeo de cabecera, todo el transporte se realiza por gravedad pasando por el embalse de Alarcón (cuenca del Júcar).

Por el tramo I, desde La Bujeda hasta Alarcón, el agua realiza un recorrido de 93 km atravesando la cuenca alta del Guadiana. En ésta sólo hay dos cauces con alguna capacidad de transporte: el Riansares y el Cigüela, que se cruzan con sendos acueductos. La sección del canal es trapezoidal, variable por sufrir cambios en la rasante, pero su área media global es de unos 25 m² y su área útil, descontando el resguardo, es de unos 20,75 m². Cuando funciona a caudal de diseño el volumen de agua circulante que almacena este tramo I es de unos 2 hm³. En emergencia frente a una avería del canal es importante disponer de un dispositivo que desvíe el caudal circulante y evite el vertido masivo de agua por desbordamiento de la sección y la inundación consiguiente. El embalse de Campos del Paraíso, situado en la zona intermedia (en el PK 40,3 del tramo I del Acueducto Tajo-Segura) asume la función de este dispositivo de seguridad para almacenamiento en emergencia del agua circulante. El diseño de la obra de captación, como se describe posteriormente, se realiza con este objetivo.

2.3. La geología del emplazamiento

La presa de Campos del Paraíso está situada dentro de una extensa área miocénica del Vindoboniense y Burdigaliense, en la que predominan las arcillas limosas con yesos. En el interior del embalse, en ambas márgenes, afloran también los materiales subyacentes del Cretácico, constituidos por brechas calcáreas, yesos masivos, y arcillas margosas. El cauce discurre por un suave valle ocupado por rellenos cuaternarios aluviales, con potencia que puede alcanzar los 10 m en la plana del río.

Toda la parte llana inferior del vaso (las amplias áreas situadas a nivel del cauce, anteriormente dedicadas a labor de secano), están ocupadas, como se ha dicho, por materiales aluviales cuaternarios. Estos sedimentos aluviales están constituidos por arcillas, limos, arenas y cantos, con disposición errática y potencia importante. Las zonas arenosas for-

man paquetes subhorizontales, con disposiciones en abanico o en bolsas, y son permeables.

Bordeando la llanura inferior del vaso afloran los materiales cretácicos y miocénicos (brechas calcáreas, areniscas, arcillas rojas de la formación Huelves, y arcillas verdes margosas con yesos). Estos materiales están dispuestos en bandas subhorizontales interconexionadas con bolsadas, y distribución heterogénea. En los sondeos realizados el freático se ha encontrado a nivel del cauce, con síntomas claros de ser zonas semipermeables, tanto en una margen como en la otra.

Se trata por lo tanto de un terreno con una orografía muy suave, que se encuentra recubierto en su mayor parte por materiales limosos y arcillosos, apareciendo puntualmente en las laderas (en las zonas no recubiertas con coluviones) afloramientos de brechas calcáreas y arcillas margosas, y algunas calizas lacustres, conglomerados y areniscas. Los ensayos efectuados indican que las arcillas y limos superficiales tienen buenas condiciones de impermeabilidad, obteniéndose en laboratorio, valores del orden de 10⁻⁷ cm/s, mientras que las brechas calizas pueden tener mayor problema de permeabilidad, presentando valores de 10⁻³ cm/s a 10⁻⁴ cm/s, al igual que los conglomerados y las arenas cuaternarias que aparecen en retazos de la plana inferior del vaso.

La morfología de estas capas, y la disposición subhorizontal heterogénea en que se encuentran, indica que el agua que se filtra al subsuelo puede dirigirse en cualquier dirección, y no necesariamente hacia aguas abajo siguiendo el cauce del río, al no estar estas capas de mayor permeabilidad confinadas en el embalse.

La geología local del vaso (y por ende la de la propia cerrada) ha planteado, desde el inicio del proyecto, la incertidumbre sobre la permeabilidad del embalse. En los reconocimientos de campo que se han venido realizando se ha constatado que por los paquetes subhorizontales permeables se podría perder parte del agua almacenada (sondeos permeables en los que el freático desciende suavemente conforme se alejan del cauce hacia las laderas). El alto valor añadido del agua del Acueducto Tajo-Segura, que se almacenará en este embalse, ha motivado que se haya continuado ampliando la investigación geológica inicial y, como consecuencia del mayor conocimiento del problema, que se

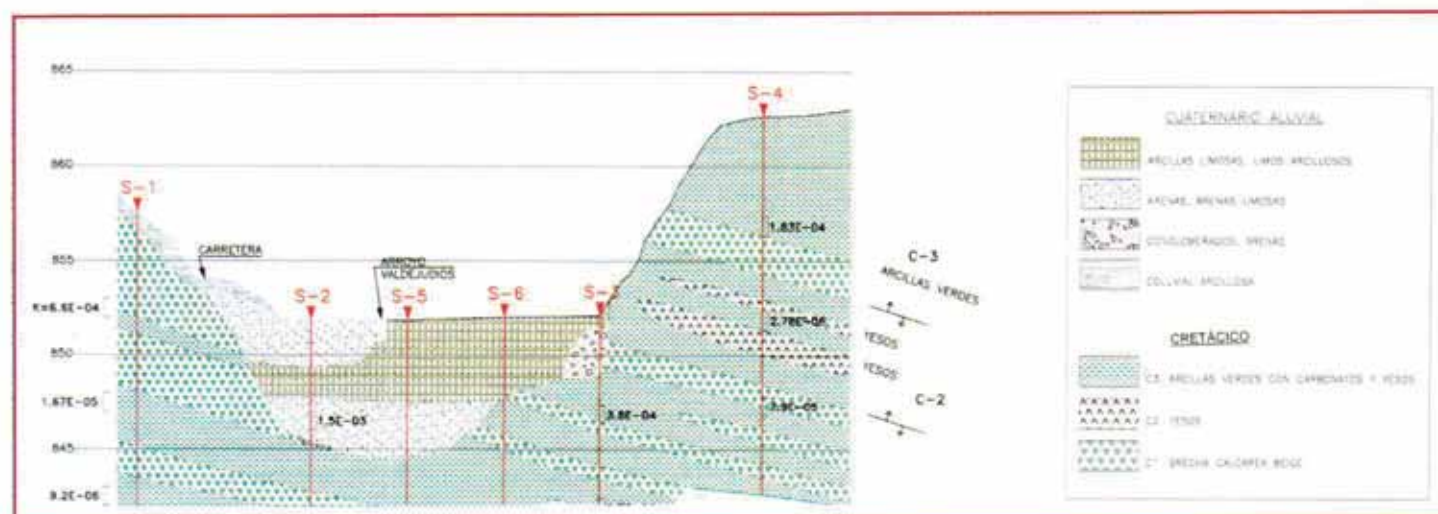


Fig. 3. Corte geológico de la cerrada.

haya modificado el plan inicial de sellado del dique, sustituyendo la pantalla de impermeabilización de la cerrada por un tratamiento global de calafateo de la totalidad del vaso.

En el Proyecto de Construcción (1) se hizo un estudio geológico en cuyas conclusiones, entre otros aspectos, se indicaba lo siguiente:

- Alta permeabilidad de las brechas cretácicas.
- Posibilidad de existencia de paleocanales permeables en el aluvial y necesidad de interceptar los mismos.

Estas conclusiones no fueron tranquilizadoras, ya que por un lado se decía que en el sustrato del vaso alternaban los paquetes de arcilla con los de los materiales cretácicos permeables y que el recubrimiento aluvial de la amplia planicie cultivable contigua al cauce podía tener paleocanales indefinidos y permeables por donde podía circular el agua (entendiendo que estos paleocanales pueden interconectar el vaso con las brechas cretácicas). Esta incertidumbre hizo que, durante la ejecución de la obra, se llevase a cabo una extensa campaña de investigación geológica en la que se abrieron 158 calicatas, se hicieron 6 sondeos adicionales de reconocimiento, se instalaron 7 piezómetros (en taladros de 30 m de profundidad entubados con PVC ranurado) para seguimiento del nivel freático, se levantaron 5 perfiles geológicos y se ensayaron en laboratorio muestras distintas de los materiales extraídos.

En el documento "Estudio geológico complementario del depósito de regulación", emitido en Marzo

de 2007, se recogen los resultados de la investigación de campo realizada. En el mismo se vuelve a señalar la incertidumbre que suscita la impermeabilidad del vaso, indicando lo siguiente:

- Las brechas calcáreas que subyacen en el vaso, y en la cerrada, tienen una permeabilidad comprendida entre 10^{-5} y 10^{-3} cm/s, con un promedio más próximo a 10^{-3} cm/s. En los sondeos los ensayos Lefranc conforman una permeabilidad media-alta en este material (entre $1,4 \times 10^{-3}$ y $6,6 \times 10^{-4}$ cm/s).
- La permeabilidad del aluvial varía según su composición, habiéndose detectado la existencia de lentejones y canalizaciones granulares de permeabilidad media-alta (promedio 10^{-4} cm/s).
- Se desaconseja el desmantelamiento del manto aluvial, al ser una cubierta protectora que impide las fugas de agua al sustrato cretácico.
- La fuga del agua puede producirse desde el vaso en cualquier dirección, por lo que la impermeabilidad del mismo debe ser global.

La información sobre los resultados de esta investigación de campo figura en el documento antedicho, del cual se ha tomado el corte geológico adjunto, dado por el eje de la presa. Este estudio vino a confirmar que la alternancia de paquetes de brechas calcáreas con otros de material arcilloso era un tanto heterogénea en su disposición y potencia, pero siempre son subhorizontales y con ligero buzamiento hacia margen izquierda. Asimismo se confirmaba que los lentejones y canalizaciones existentes de material are-

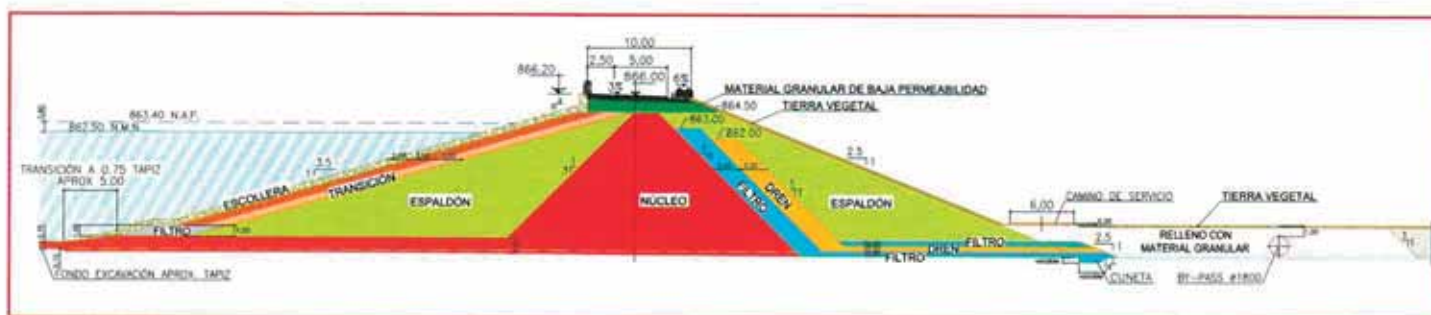


Fig. 4. Sección tipo de la presa.

noso permeable del aluvial pueden tocar en algún área las brechas calcáreas, aunque en general el aluvial de naturaleza eminentemente limo-arcilloso ejerce una función importante de sellado del vaso. En consecuencia, se decidió no utilizar el aluvial del vaso para construir el dique de la presa, sino acudir a canteras externas. Por otro lado el tratamiento individualizado de áreas permeables del aluvial era una misión imposible, ya que su irregularidad manifiesta impide realizar esta operación con acierto. Por ello, se decidió impermeabilizar con un tapiz de arcilla todo el fondo del vaso, al considerarla como alternativa preferente respecto a la de disponer una lámina de plástico en toda la superficie (2).

3. Sección tipo de la presa

Campos del Paraíso es una presa zonificada de tierras, con núcleo central grueso, de 18 m de altura sobre cimientos y 517 m de longitud de coronación. La coronación se encuentra situada a la cota 866 (eje de calzada), y tiene un ancho de 10 m (5 m de calzada, más 2,50 m de la acera frontal, más otros 2,50 m ferrizos por aguas abajo). La acera frontal está aproximadamente a la cota 866,10 (el afirmado es de hormigón impreso, con pendiente del 3% hacia aguas abajo en acera y calzada, hasta una cuneta longitudinal que discurre por el borde ferrizo). Por el borde de aguas arriba de la coronación discurre un pretil ornamental de mampostería.

La sección tipo de la presa tiene taludes 3,5/1 por aguas arriba y 2,5/1 por aguas abajo, y dispone de un núcleo central grueso de arcilla (con taludes 1/1 por ambas caras). Por el lado de aguas arriba el núcleo se prolonga, a nivel del cimiento, con una capa de base ejecutada con ese mismo material, de 1,50 m de espesor, que conecta con el tapiz del vaso y sobre la cual apoyan todos los materiales del espaldón.

El espaldón de aguas arriba está constituido por un material arcilloso extraído de una cantera contigua a la margen derecha del vaso (arcilla con cantos). Sobre éste apoyan dos capas de transición y sobre las mismas el rip-rap de protección frente al oleaje. Las capas de transición son la inferior una zahorra (calle de 2,50 m de ancho) y la superior un todo uno de la cantera de caliza de donde procede el rip-rap (también una calle de 2,50 m de ancho). La escollera del rip-rap son piedras calizas de gran tamaño, colocadas y paramentadas con retroexcavadora. En la base de apoyo de estas capas granulares se ha interpuesto una transición para evitar que carguen directamente sobre la capa inferior de arcilla que conecta el núcleo con el tapiz del vaso.

El espaldón de aguas abajo está constituido por el mismo material que el de aguas arriba (arcilla con cantos). El paramento de este espaldón está recubierto con una pequeña capa de tierra vegetal, para mejorar la integración paisajística del dique.

Entre el material del espaldón de aguas abajo y el núcleo de la presa hay un dren chimenea bicapa, en

Fig. 5. Coronación de la presa vista desde el estribo izquierdo.



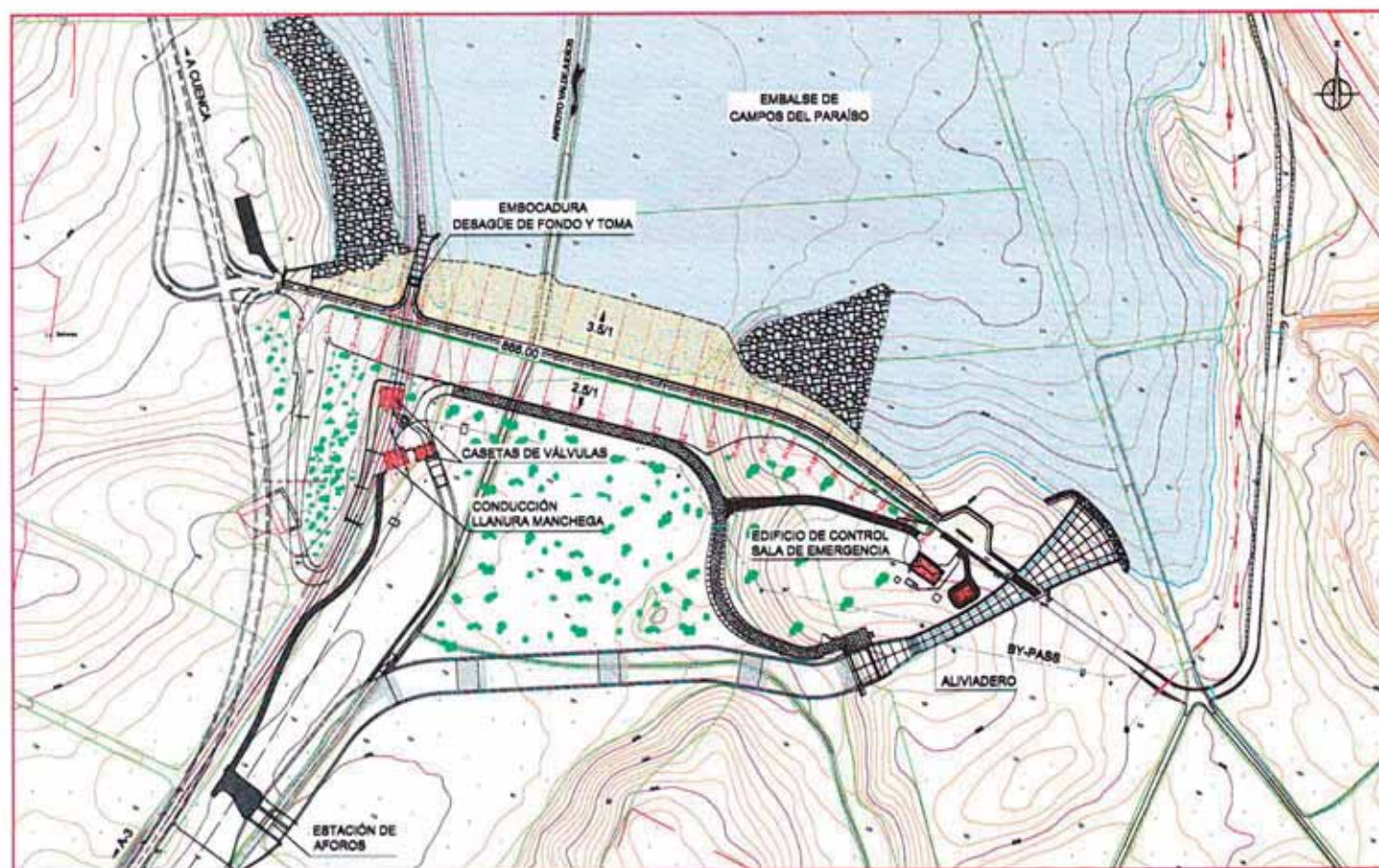


Fig. 6. Planta de la presa.

el que ambos paquetes cumplen la condición de filtro y cada uno tiene un ancho de calle de 2,50 m. La capa del lado de aguas arriba es una arena y la de aguas abajo es una gravilla, las dos procedentes de graveras del Tajo.

También en el cimientto del espaldón de aguas abajo se ha dispuesto un filtro-dren de base, conectado al dren chimenea, constituido por 3 capas de 0,50 m de espesor, formando un emparedado (arena-gravilla-arena). En los recintos del cimientto del núcleo en que afloran las brechas calcáreas se ha colocado un blindaje de hormigón, previamente a la colocación del material de la presa (3).

4. Órganos de desagüe

4.1. Aliviadero

El aliviadero está ubicado en la margen izquierda, es de labio fijo con entrada frontal, con canal de descarga de ancho variable prácticamente en todo su

recorrido, en suave transición de acoplamiento entre el vertedero y el canal terminal, y planta ligeramente curvada. La restitución al río se realiza mediante un cuenco amortiguador. Se ha construido en hormigón armado. Ha sido ensayado en modelo reducido en el laboratorio de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, de Ciudad Real.

El vertedero es un perfil Creager, con umbral del labio a la cota 862,50 y desarrollo de 50 m. Los muros de acompañamiento de los estribos se prolongan hacia el interior del embalse, con forma de aletas abocinadas, para favorecer la entrada del agua.

El canal de descarga se adapta a la topografía del terreno de la vaguada mediante varios tramos con rasante de pendiente creciente, enlazados mediante acuerdos. Bajo la solera se disponen dos drenes longitudinales, que recorren todo el canal de descarga hasta la entrada al cuenco.

El cuenco consiste en una cubeta de hormigón de 22,5 m de ancho y una altura máxima de cajeros de 7,25 m, con una línea de dientes en la solera. La salida está protegida con escollera. El reintegro al cauce se

realiza mediante un canal en tierra, que discurre aguas abajo de la amplia plataforma dispuesta a pie de presa. Este canal mantiene sensiblemente en la solera la anchura del cuenco, y su sección es trapecial con los taludes laterales protegidos con escollera.

4.2. Desagües de fondo

Los conductos de desagüe atraviesan la sección de la presa alojados en zanja rellena de hormigón. Discurren por el estribo de margen derecha, bajo el cimiento del núcleo de la presa. El desagüe derecho comparte el conducto con la toma de abastecimiento, mientras que el izquierdo es un tubo independiente.

La toma del embalse se realiza a través de un canal abierto, de sección rectangular, con paredes de hormigón armado de 1 m de espesor, 6,80 m de ancho interior libre y unos 30 m de longitud. Al término del canal está la cámara de carga. Consiste en una torre rectangular, con planta de 5 x 6,80 m interior, altura 11,56 m, solera y muros de sección variable, y cubierta de 1 m de espesor, todo construido en hormigón armado. El nivel del techo de la cubierta coincide con la coronación de la presa, desde la cual se puede acceder con maquinaria para las operaciones de mantenimiento.

En la entrada del agua a la cámara (cara frontal de la torre) hay un pequeño umbral sobre la solera, y sobre éste quedan las rejas que ocupan todo el ancho de la sección. En la cara opuesta se sitúa la salida de los conductos, con sus guideras correspondientes para colocación de un escudo de cierre que permita dejar en seco los tubos en caso necesario. Estas guideras llegan hasta la cubierta de la cámara.

El conducto derecho es el compartido por la toma de abastecimiento y el desagüe de fondo. Tiene 2,20 m de diámetro. El conducto izquierdo sólo tiene función de desagüe de fondo y es de 1,20 m de diámetro. Ambos son de chapa de acero inoxidable AISI 304, de 12 mm de espesor. Bajo la presa los conductos discurren en zanja hormigonada. Los tubos llevan incorporados anillos de rigidización cada 0,50 m (platabandas de acero AISI 304), que a su vez impiden la circulación del agua por la interface.

A la salida del pie de presa los conductos continúan alojados en zanja hormigonada hasta llegar a la primera de las tres casetas existentes aguas abajo, en la que se alojan las válvulas de seguridad, compartida por el desagüe de fondo y la toma. En el conducto iz-



Fig. 7. Caseta de desagüe.

quierdo (exclusivamente con función de desagüe de fondo) hay sólo una válvula Bureau de 1.000 x 1.200 mm, y en el derecho dos válvulas también Bureau, de dimensiones 1.750 x 2.200 mm, colocadas en serie, que cierran el conducto derecho (4).

A la salida de esta primera caseta el tubo Ø 1.200 mm se desvía a la izquierda, y del tubo derecho (Ø 2.200 mm) se deriva el otro conducto Ø 1.200 mm de desagüe de fondo, que discurre paralelo al primero hasta la caseta de desagüe. En ella se aloja una válvula Bureau de 1.000 x 1.200 mm en el conducto izquierdo, y otras dos en serie de las mismas dimensiones en el conducto derecho.

La entrega del agua al cauce se realiza a través de un dissipador de impacto, según modelo también ensayado en el laboratorio de la Escuela de Caminos de Ciudad Real. La salida del dissipador se ha protegido con escollera, y el cauce se ha regularizado hasta la zona en que entronca con el canal que llega desde el aliviadero de la presa.

4.3. Toma para abastecimiento

La obra de la toma de agua para abastecimiento es, como se ha indicado anteriormente, la misma que la de los desagües de fondo. Resumiendo, de la torre de toma, ubicada en el estribo de margen derecha de la presa, parten dos conductos, de los que el derecho (de Ø 2.200 mm) es el de la toma.

Aguas abajo de la derivación del desagüe de fondo entronca con el conducto de toma la tubería del

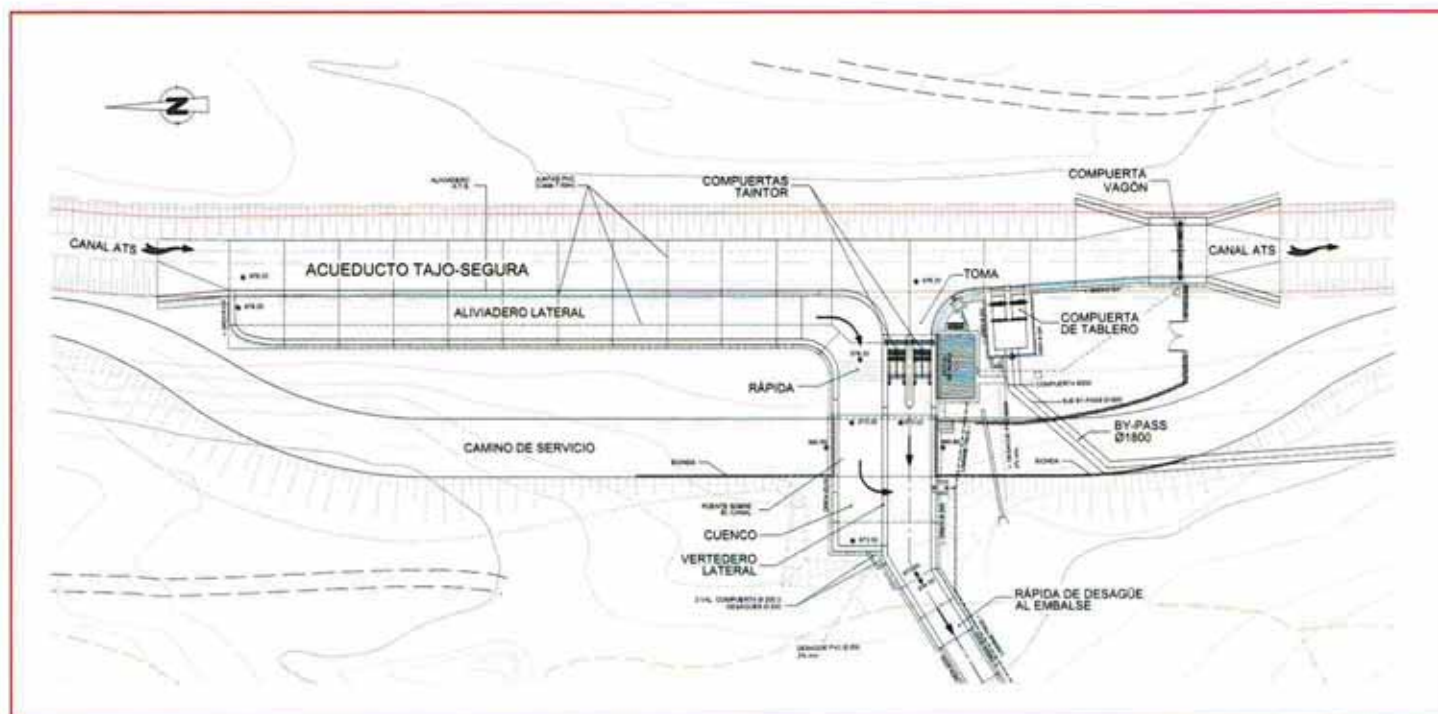


Fig. 8. Toma del Acueducto Tajo-Segura.

by-pass Ø 1.800 procedente directamente de la captación del ATS. La alimentación a la conducción que transporta el agua a la ETAP general de Saelices se puede hacer, por lo tanto, bien desde la presa de Campos del Paraíso o bien a través de este by-pass que deriva el agua directamente del Acueducto Tajo-Segura. Sin embargo, es probable que, en la explotación de las obras, la mayor parte del agua se derive de la almacenada previamente en el embalse, por intervenir en el proceso de la explotación del Acueducto Tajo-Segura varias administraciones (teniendo en cuenta que habrá un cupo de agua para cada destino). Aunque el uso del by-pass será pequeño, sin embargo permite evitar el paso por la presa, lo cual puede ser útil en algunas circunstancias durante la explotación. Aguas abajo de la conexión de entronque se encuentra la caseta de cabecera de la conducción de abastecimiento, en la que está la válvula de corte, con la que se aislaría la entrada de agua procedente de ambas fuentes (la presa y el by-pass).

5. Toma del Acueducto Tajo-Segura

La obra de captación está situada a la altura del P.K. 40+300 del canal. En esta zona el Acueducto Tajo-Segura discurre por la ladera de margen izquierda del embalse, aproximadamente a la cota 880, es decir

unos 14 m por encima de la coronación de la presa. Dispone de 3 vías de derivación del agua del canal:

- La primera es una acometida directa mediante un canal de derivación que se opera con 2 compuertas Taintor y que vierte las aguas al embalse a través de una rápida. El canal de derivación es de sección rectangular de 6 m de anchura, con embocadura abocinada en cuarto de círculo. Tras la embocadura la sección se divide en dos mediante una pila central de 1 m de espesor. En cada uno de los vanos hay una guidera con una ataguía y, tras ella, quedan las compuertas Taintor de 2,50 m de anchas. El caudal evacuado por ambas se vierte a un cuenco común, también de sección rectangular de 6 m de ancho y 18 m de desarrollo, y desde éste el flujo pasa al canal de la rápida con un pequeño quiebro, con escalón ascendente de 1,50 m y estrechamiento, con lo que se fija la sección de control. El canal de la rápida tiene también sección rectangular de hormigón armado, con altura de 2,25 m, ancho de 4 m, longitud de 181,50 m y pendiente variable, que desagua en un segundo cuenco amortiguador desde el cual se vierte el agua al embalse. La salida del cuenco al embalse está protegida con escollera. Adosada por el lado de aguas abajo de la sec-

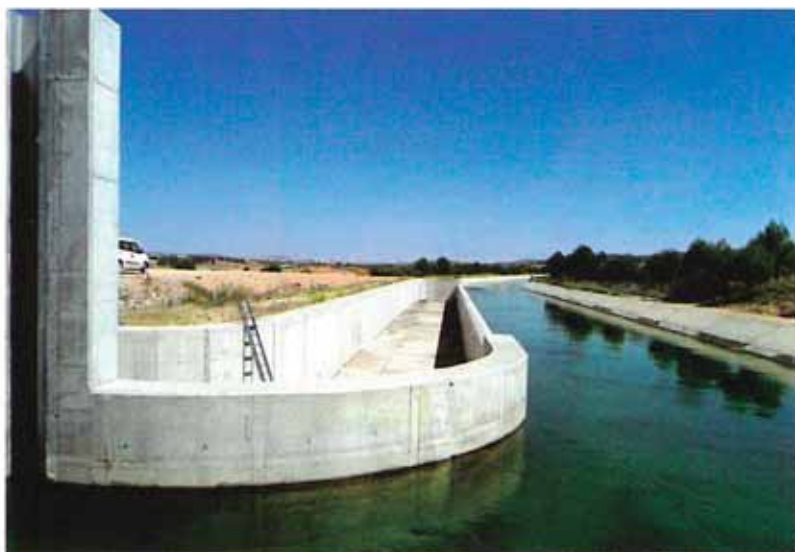


Fig. 9. Aliviadero lateral de la toma del Acueducto Tajo-Segura.

ción que alberga las compuertas Taintor está la caseta con los equipos oleohidráulicos de accionamiento.

- La segunda es un aliviadero lateral de 80 m de longitud, situado en el lado de aguas arriba de la acometida directa antes descrita, diseñado para poder evacuar por el mismo los 33 m³/s de capacidad teórica máxima del Acueducto Tajo-Segura con una sobreelevación de aproximadamente 0,40 m, que queda dentro de los márgenes de holgura disponibles en el resguardo del canal³. A través de este aliviadero lateral se puede derivar por lo tanto todo el caudal del Acueducto Tajo-Segura, por lo que constituye un dispositivo fundamental para la seguridad del propio Acueducto.
- El tercer dispositivo de captación es un enlace directo mediante una tubería que conecta el Acueducto Tajo-Segura con la salida de la toma de la presa. Este by-pass es una tubería de fundición de 1.800 mm de diámetro que arranca en la arqueta de derivación situada del lado de aguas abajo de la acometida al embalse. La conexión de la arqueta con el canal es de doble entrada al interponer en la embocadura una pila central intermedia que divide la sección en dos de 1,80 m de anchura, en las que se dispone una reja de protección,

una compuerta mural motorizada para control del paso del agua y una guidera para colocación de un escudo de cierre provisional. Ambas entradas confluyen en la arqueta común, que es la cámara de carga desde la que parte la conducción del by-pass, la cual discurre por la ladera izquierda del embalse, contorneando la presa por el lado de aguas abajo, hasta alcanzar la toma Ø 2.200 con la que conecta.

Aguas abajo de las tres captaciones descritas se ha construido una almenara sobre el Acueducto Tajo-Segura, con la que se controla el caudal de paso, permitiendo mantener el nivel o bien cortar y derivar íntegramente todo el caudal circulante. Consiste en una compuerta vagón motorizada de 7,10 m de ancha y 3,30 m de alta. Para ello en el Acueducto Tajo-Segura se han construido las correspondientes transiciones de entrada y salida a sección rectangular.

6. Impermeabilización del vaso

Evitar las pérdidas de agua del vaso del embalse por percolación a través de las conexiones del aluvial con las brechas cretácicas ha sido una de las decisiones importantes tomadas durante la ejecución de las obras. La incertidumbre sobre la existencia de estas conexiones se zanjó tras realizar un importante reconocimiento de la plana aluvial mediante catas dispuestas en cuadrícula en donde se observó que los recintos de arenas y zahorras permeables tienen un desarrollo errático, con bolsadas y derrames en abanico, que alcanzan a los materiales cretácicos subyacentes.

El sellado superficial de toda la plana aluvial era por tanto ineludible para asegurar la estanqueidad del vaso. El dilema entre utilizar una lámina plástica o tapizar con arcilla, se decantó por esta segunda solución, más sencilla y económica. La cuestión nueva a dilucidar provenía de la estabilidad del tapiz en el tiempo, es decir si la erosión generada por el oleaje del embalse o por las escorrentías de la lluvia podían llegar a dañar seriamente la capa de arcilla del tapiz. Ello obliga a limitar la pendiente de la superficie en que se coloca el material y también de las características de éste (interesa emplear un material plástico, con esqueleto granular que facilite el encostramiento).

(3) Actualmente la capacidad real del Acueducto Tajo-Segura no supera en algunos tramos del recorrido los 30 m³/s, por lo que el caudal máximo que realmente se trasvasa no supera este umbral. El diseño del aliviadero (y de todo el conjunto de la toma), hecho para 33 m³/s, dispone por lo tanto de este pequeño margen de holgura adicional.



Fig. 10. Vista aérea de la presa.

to), así como la protección de las vaguadas que recogen la escorrentía de la lluvia.

Teniendo en cuenta las limitaciones antedichas se realizó el tapizado completo del fondo del vaso, con una capa de arcilla procedente de la misma cantera que la utilizada en el núcleo de la presa, con las siguientes operaciones:

- Desbroce y regularización de toda la superficie del fondo del vaso, incluyendo el perfilado y compactado de la misma.
- Colocación de una capa continua de arcilla en toda la superficie del fondo del vaso, de 0,75 m de espesor, puesta en obra en dos subtongadas de aproximadamente la mitad del espesor final compactadas con rodillo.

La mayor extensión del vaso la ocupa la plana aluvial, que es la de más carga hidráulica, prácticamente horizontal o de pendientes muy suaves. El movi-

miento del oleaje del agua no tiene fuerza para arrastrar la arcilla de esta zona, por lo que el manto es muy estable y no precisa protección alguna.

Las laderas del contorno del vaso exigen un tratamiento diferencial de calafateo, extendido fundamentalmente a los afloramientos de las brechas calcáreas, teniendo en cuenta que en éstos la pendiente del terreno es más acusada y el efecto del oleaje es mayor, por lo que se puede producir el arrastre de la arcilla. Precisan por lo tanto otro tipo de protección, bien colocando una capa de material granular encima de la arcilla, o estabilizando superficialmente ésta con cemento (la erosión y arrastre de la arcilla puede hacer inviable, o inefectivo, el tapizado de las laderas, ya que si no se protege acaba perdiéndose el material de sellado).

Aunque este proceso erosivo es de poca trascendencia en este embalse, en el que las pendientes en general son muy suaves y la protección de estas zonas es mucho menos importante que la de la plana

aluvial, sin embargo hay zonas concretas que se han protegido superficialmente con material granular apropiado para evitar el descarnado del tapiz, como son las zonas de concentración de las escorrentías de la lluvia, y las de pendiente más acusada.

7. Conclusiones

La presa de Campos del Paraíso constituye la cabecera de la infraestructura de abastecimiento de la Llanura Manchega. Su función es regular los volúmenes de agua que llegan en envíos programados a través del Acueducto Tajo-Segura, para desde ella darlos a caudal continuo a la ETAP según la demanda de la red. Otra función complementaria es la de mejorar la seguridad del canal, como receptor del vaciado del mismo en situación de emergencia.

El abastecimiento a la Llanura Manchega es un importante proyecto, actualmente en ejecución, con el que se suministrará agua potable a más de un centenar de poblaciones con un censo global de unos 800.000 habitantes, a través de una red de tuberías de más de 1.000 km de longitud prevista para suministro de un caudal continuo de unos 2,5 m³/s.

El Acueducto Tajo-Segura está dimensionado para transportar un caudal de 33 m³/s desde el embalse de Bolarque (cuenca del Tajo) al de Talave (cuenca del Segura), pasando a mitad del recorrido por el de Alarcón (cuenca del Júcar). El volumen de agua que almacena la sección del canal en el tramo I (desde Bolarque a Alarcón), cuando se transporta el caudal de diseño, es de unos 2 hm³. En emergencia, ante una avería del canal, es importante disponer de un dispositivo de desvío del caudal circulante que evite el vertido masivo del agua por desbordamiento de la sección y la inundación consiguiente. El embalse de Campos del Paraíso está situado a mitad del recorrido de este tramo I, asumiendo la función de almacenamiento en emergencia el agua que transporta el ATS.

El emplazamiento del embalse se halla sobre una planicie aluvial bajo la cual subyacen capas de bre-

chas calcáreas permeables en alternancia con otras de arcilla, todas ellas en disposición subhorizontal con ligero buzamiento hacia margen izquierda. En la plana aluvial hay canalizaciones, derrames en abanico y bolsas arenosas permeables, algunas de las cuales posiblemente conectan con las brechas cretácicas del muro, lo que ha inducido sospecha sobre la estanqueidad del vaso (que puede perder agua por infiltración para perderse en el subálveo).

Al ser los recursos hídricos disponibles limitados y con un valor añadido importante (han sido bombeados en cabecera para salvar el desnivel geométrico entre Bolarque y La Bujeda), se ha procedido a asegurar la estanqueidad tapizando con arcilla toda la plana aluvial del embalse. Este tapiz se ha conectado con el núcleo de la presa (con sección zonificada de tierras de taludes tendidos) prolongando el manto del tapiz bajo el espaldón de aguas arriba.

La solución adoptada para el sellado de la plana aluvial del vaso se ha seleccionado frente a la alternativa de colocar una lámina plástica, por resultar en este caso más económica y fácil de ejecutar. El comportamiento de los tapices de arcilla es bueno si son estables frente a la acción del oleaje del embalse y a las escorrentías de la lluvia. En este embalse la plana aluvial es horizontal o de pendiente muy suave, y buena parte de su extensión queda por debajo del umbral de salida de los desagües de fondo, por lo que el manto colocado es estable y no precisa protección alguna.

Sin embargo las laderas del contorno del vaso han exigido un tratamiento diferencial de calafateo, en donde se ha procedido a proteger localmente las áreas vulnerables con materiales granulares.

El diseño del sistema hidráulico de la presa es muy robusto y acorde con las tendencias innovadoras actuales: aliviadero de labio fijo de entrada frontal y amplio desarrollo, situado fuera de la presa; conductos y elementos metálicos de acero inoxidable; sistema de cierre de los conductos triplicado; fácil acceso a todos los órganos de la presa; equipamiento de auscultación suficiente; y resguardos holgados en los niveles de embalse. ♦

Referencias:

-(1) Proyecto de Construcción de la conducción de agua desde el Acueducto Tajo-Segura para incorporación de recursos a la Llanura

Manchega. Confederación Hidrográfica del Guadiana. Julio 2005.

-(2) Modificación nº 1 del Proyecto. Confederación Hidrográfica del Guadiana. Julio 2007.

-(3) XYZT de la presa de Campos del Paraíso.

Confederación Hidrográfica del Guadiana. Julio 2012.

-(4) Programa de puesta en carga de la presa de Campos del Paraíso. Confederación Hidrográfica del Guadiana. Agosto 2012.

Campos del Paraíso Dam. Origin of the Llanura Manchega water supply distribution system



The recently finished Campos del Paraíso Dam is the reservoir located at the origin of the Llanura Manchega water distribution system. Its main function is to store the water resources that came by means of the Tajo-Segura Aqueduct, releasing then a continuous flow to water supply network. Once the reservoir has been planned a secondary but also important function arose, which is to serve as an emergency pool where the aqueduct could be empty if required.

The Llanura Manchega water supply is an important project, currently in construction, for supplying more than 100 populations with 800.000 inhabitants. Besides the dam, the system is made up by a modern water treatment plant and water distribution network larger than 1.000 km, for a design flow of 2,5 m³/s.

Tajo-Segura Aqueduct is designed to convey up to 33 m³/s. It goes from Bolarque Dam (on Tajo River Basin) to Talave Dam (on Segura River Basin) via Alarcón Dam (on Júcar River Basin). The volume of water that could be transitory stored in the first stretch of the aqueduct (from Bolarque to Alarcón) is 2 hm³. It's important to have a structure in which the water could be stored in case of failure, avoiding a massive uncontrolled discharge that may produce serious damages. The Campos del Paraíso Reservoir is located approximately in the middle of this first stretch, so it could carry out this function serving as an emptying pool if necessary.

The site is located on an alluvial plain with permeable layers of Cretaceous limestone below. These permeable

layers have a horizontal arrange, with a very small dip to the left bank. The alluvial plain has signs of fossil riverbeds, alluvial fans and sand pockets that may connect the surface with the permeable layers underneath. So the reservoir site was not waterproof enough and water could leak.

As water resources are very valuable, and those ones especially because they come from other basin and it's necessary to pump them, it was very important to avoid any water leakage. A clay blanket has been placed for waterproofing the reservoir. This blanket goes underneath the upstream shoulder and is linked with the core of the earthfill dam.

The alternative of using a clay blanket was selected over the alternative of using a plastic lining, because it was easier and cheaper. Behaviour of clay blankets is good if they resist properly the waves and the surface runoff. In this reservoir the slopes are very gently so it only has been necessary to carry out local treatments in sensitive points where a granular protective layer has been placed. In parts located under the death storage it hasn't been necessary any additional action.

The design of the dam and the hydraulic system is very robust; in line with the recent trends which focus on safety and durability. It's remarkable the use of stainless steel for the construction of the hydraulic elements, the layout of the outlets with three closing valves, the use of an uncontrolled spillway and the design with a large safety freeboard. ♦

CON LAS TARIFAS DE 2010

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

De acuerdo con la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD), si lo desea puede ejercitar sus derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición que le asisten, mediante escrito dirigido al Secretario de la Corporación, en la dirección de su sede nacional: C/Almagro, 42.1º. planta. 28010 Madrid.

1. NORMAS GENERALES

1.1. Los artículos que se presenten a la ROP deberán cubrir aspectos de política sectorial, científicos, técnicos o históricos y culturales relacionados directamente con la ingeniería civil presentando, además, la debida actualidad. El idioma oficial de la revista es el español.

1.2. La ROP, siguiendo los criterios técnicos y científicos vigentes en la actualidad y que corresponden a una publicación del prestigio de ésta, someterá a su COMITÉ EDITORIAL cuantos artículos se reciban en su domicilio editorial. **Este Comité trasladará dichos artículos a dos revisores externos quienes serán los que decidan acerca de la idoneidad de su publicación.** Los informes de revisión serán comunicados a los autores manteniendo oculta la identidad de los evaluadores. Las decisiones asumidas serán inapelables.

1.3. Los artículos deberán ser totalmente inéditos, y no podrán ser publicados en otra revista: sin consentimiento del autor y de la dirección de la ROP, siendo en cualquier caso necesario hacer referencia a ésta.

1.4. La dirección de la ROP se compromete, en caso de aprobación del artículo, a **publicarlo en su integridad**, salvo que, por cualquier causa se acordase lo contrario con el autor.

1.5. Tendrán siempre preferencia aquellos artículos que versen sobre temas de interés para el mayor número posible de los lectores de la ROP, es decir, para el mundo de la ingeniería civil, **evitando aquellos que caigan en una acusada especialización.**

1.6. La ROP incorporará a su ROP DIGITAL todos los artículos que se publiquen en la misma. A tal fin, **los autores deberán autorizar expresamente, por escrito, a la Dirección la inserción de su colaboración en la correspondiente página web.** El modelo de esta autorización será suministrado por la ROP.

2. ESTRUCTURACIÓN DEL ARTÍCULO

2.1. Los artículos principales serán publicados en uno de los siguientes apartados generales de la ROP:

Política de Obras Públicas
Ciencia y Técnica de la Ingeniería Civil
La Actividad del Ingeniero
Historia y Cultura de la Ingeniería Civil

2.2. La ROP podrá publicar, periódicamente, las reseñas de las **Tesis Doctorales** presentadas en las distintas Escuelas de Ingenieros de Caminos, con su resultado. Se aceptará, asimismo, la publicación como artículo de aquellas que, a juicio de sus autores, se consideren de interés adicional, previa aprobación del Comité de Redacción.

2.3. Como regla general, los originales de los artículos principales no sobrepasarán las 12 páginas escritas por una sola cara, incluyendo gráficos y bibliografía. Se recomienda para el tamaño de letra el **cuerpo 10 y espaciado simple**.

2.4. Se harán constar los siguientes datos:

Título del artículo, en español e inglés, que deberá ser corto y enunciativo.
Nombre del autor o autores, sus títulos profesionales y académicos y señas completas, incluso correo electrónico.
Cinco palabras "clave" en español e inglés que permitan la localización del artículo.

2.5. Se incluirá un **breve resumen del artículo**, de no más de ocho líneas, que será publicado al frente del mismo. Si es posible, se acompañará una traducción de dicho resumen al inglés, haciéndose cargo de la misma la ROP en caso de que no se acompañe.

2.6. Tanto los gráficos como las fotografías deberán ser de la mayor calidad, **no aceptándose las fotocopias**, tanto en color como en blanco y negro. Se recomienda el uso de soportes magnéticos de alta resolución, admitiéndose asimismo el uso de diapositivas y de papel (en blanco y negro o color), tamaño mínimo de 13x18 mm.

2.7. Las características técnicas mínimas para gráficos y fotografías serán las siguientes:

Gráficos: resolución mínima de **300 p.p.p.**
Fotografías: resolución mínima de **300 p.p.p.**

2.8. Se procurará incluir toda serie de mapas, planos, dibujos y gráficos que se adjuntarán a los originales debiendo ser todos ellos de la mayor calidad posible para su correcta reproducción tal como se ha indicado en el párrafo 2.7. De manera excepcional, la ROP se reserva el derecho de repetir, a su costa, aquellos originales que lo justifiquen, mejorando así, si es preciso, la calidad de los remitidos.

2.9. Todas las ilustraciones deberán ir numeradas correlativamente y con pie de foto.

2.10. Todas las fotografías o informaciones gráficas publicadas en un artículo, en caso de no ser propiedad del autor o autores del mismo, deberán incluir su procedencia; y en el caso de estar sujetas a copyright, se acompañarán de la correspondiente autorización para su difusión.

2.11. Los comentarios a artículos publicados o las opiniones sobre temas de actualidad, serán publicados en una sección especial denominada "Debate y Opinión". Los originales de estos comentarios tendrán una extensión máxima de 4 páginas, incluyendo gráficos y bibliografía.

2.12. Los artículos deberán presentarse en **soporte magnético**, especificando el tratamiento de textos empleado que será uno de los habituales en el mercado.

2.13. En la redacción del artículo se empleará una forma de expresión clara, evitando frases intrincadas, repeticiones y, especialmente, el uso de la primera persona y (salvo excepción en los artículos que así lo requieran) las anécdotas personales.

2.14. El texto se ordenará claramente, con titulares intermedios. A fin de hacer atractivo el esquema del artículo, se procurará que haya un titular intermedio, al menos, cada dos páginas del original, autorizándose a la Dirección de la ROP a intercalarlos, previo acuerdo con el autor, en los casos en que se considere necesario.

2.15. Se autorizará el uso de la letra cursiva.

2.16. Se evitarán, en lo posible, las notas a pie de página.

3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3.1. Siguiendo las Normas internacionales de indexación requeridas para las revistas de ámbito científico y técnico, es imprescindible incluir referencias bibliográficas **que serán citadas correlativamente a lo largo del texto del artículo mediante un número entre corchetes. El listado de referencias se colocará al final del documento según su orden de aparición en el artículo. El Comité Editorial no tramitará aquellos artículos que no se atengan a estas normas.**

3.2. De acuerdo con la Norma ISO 690 y su equivalente UNE 50-104-94, las referencias vendrán expresadas de la siguiente forma:

Para revistas:

() **APELLIDO (S), Nombre: APELLIDO (S), Nombre.**
"Título del artículo". *Título de la publicación periódica*.
año, mes, vol., n.º, p. página inicio-página final

Ejemplo: BERGA CASAFONT, Luis. "La Gobernanza del Agua en España". *Revista de Obras Públicas (ROP)*. 2010, febrero, vol. 157 n.º 3.507, p. 7-20.

Para libros:

() **APELLIDO (S), Nombre: APELLIDO (S), Nombre.**
Título del trabajo. n.º ed. Lugar de publicación:
editor, fecha, p. ISBN.

Ejemplo: VAZQUEZ DE LA CUEVA, Ana. "La Ingeniería Civil en la Pintura". 1.ª ed. Madrid: CEDEX, CEHOPU, TERRATEST, 2000. 272 p. ISBN 84-7790-344-1.

4. ARTÍCULOS EN LENGUA INGLESA

La ROP publicará los artículos bilingües (español e inglés) que se refieran a asuntos que presenten interés para sus lectores de lengua inglesa.

5. CARTAS DEL LECTOR Y CONTESTACIÓN A ARTÍCULOS

La ROP aceptará, siempre, las cartas de los lectores y las contestaciones y réplicas a los artículos publicados.

A fin de mantener la actualidad debida, el plazo para remitir estos comentarios es de tres meses a partir de la fecha de publicación del artículo.

6. PLAZO DE PUBLICACIÓN DE LOS ARTÍCULOS

La Redacción de la ROP **acordará con cada uno de los autores el plazo de publicación** de los artículos remitidos, teniendo en cuenta no sólo el orden de entrada, sino la actualidad de los mismos, publicaciones de otras revistas, volumen limitado de la revista, orden temático, etc.

En el caso de no poder llegar a un acuerdo sobre su plazo de publicación, la ROP devolverá el original a su autor.

7. EJEMPLARES PARA LOS AUTORES

La ROP entregará gratuitamente al autor de cada artículo un ejemplar del mismo en PDF y dos ejemplares del número de la Revista en que aparezca su colaboración.

Si el autor deseara mayor número de ejemplares, deberá ponerlo en conocimiento de la ROP antes de proceder a la tirada de la revista, pasándosele el cargo correspondiente.

guidelines for the publication of articles in the **Revista de Obras Públicas**

(NOVIEMBRE 2011)

1. GENERAL GUIDELINES

- 1.1. Articles presented to the Revista de Obras Públicas (ROP) shall cover sectorial policy, scientific, technical or historical and cultural aspects directly related to civil engineering and be of due currency. The official language of the journal is Spanish.
- 1.2. In accordance with the technical and scientific criteria befitting a prestigious publication such as this, the ROP shall submit all articles received at the editorial office to its EDITORIAL COMMITTEE. **The Committee shall forward these articles to two external reviewers who shall then decide upon the suitability of publication.** Authors shall be notified of the ensuing reports and all decisions made in the same shall be final.
- 1.3. Articles shall be totally **unpublished** and may not be published in any other publication without the express consent of the author and ROP management. In the event of any such publication, due reference shall be made to the ROP.
- 1.4. The ROP management shall undertake to publish all approved articles **in their entirety** except where otherwise agreed with the author.
- 1.5. Preference shall always be given to articles on subjects appealing to the broadest possible number of ROP readers and to the civil engineering world in general, **avoiding highly specialized articles of limited appeal.**
- 1.6. The ROP shall incorporate all articles published in the journal on the ROP DIGITAL online version. To this end, **authors shall expressly authorize the Management, in writing, to place their articles on the corresponding web page.** A standard authorization form shall be supplied by the ROP.

2. LAYOUT OF ARTICLE

- 2.1. Lead articles shall be published in one of the following general sections of the ROP:

Public Works Policy
Civil Engineering Science and Technique
The Role of the Engineer
History and Culture of Civil Engineering

- 2.2. The ROP may periodically publish summaries of **Doctoral Theses** presented at different civil engineering departments, together with their results. On the approval of the Editorial Committee, the journal may also publish, in the form of articles, those theses that their authors consider to be of additional interest.
- 2.3. As a general guideline, the originals of these lead articles shall not exceed 12 single-sided pages, including illustrations and references. Font size 10 pt and single spacing are recommended.
- 2.4. All submissions shall include the following information:

Title of article. In Spanish and English, which should be short and precise
Name of author(s), professional and academic qualifications and full address, including e-mail.
Five keywords, in Spanish and English, to allow the location of the article.

- 2.5. All colour and black and white illustrations and photographs supplied shall be of the highest quality and **no photocopies shall be accepted.** It is recommended that these be submitted as high-resolution digital images, though slides and paper (black and white or colour), of minimum size 13 x 18 mm, are accepted.
- 2.6. **A brief abstract of the article,** of no more than eight lines, shall be included together with the article and shall be published at the start of the same. Where possible an English translation of the abstract should also be submitted and were no such translation is enclosed, the ROP shall perform the same.
- 2.7. The minimum technical specifications for illustrations and photographs shall be as follows:

Illustrations: minimum resolution of **300 p.p.i.**
Photographs: minimum resolution of **300 p.p.i.**

- 2.8. Submitted articles may include all manner of maps, plans, drawings and diagrams which shall be furnished in the highest quality format to allow correct reproduction as indicated in paragraph 2.6. Under exceptional circumstances, the ROP reserves the right to copy, at their own cost, those originals that justify the same and to improve the quality of those submitted where necessary.
- 2.9. All illustrations shall be correlatively numbered and complete with captions.

- 2.10. All photographs or illustrations published in an article that are not the property of the author or authors of the same shall make reference to the source and, in the event that these be subject to copyright, include the corresponding authorization for publication.
- 2.11. Comments on published articles or opinions on matters of current interest shall be published in the special section of "Debate and Opinion". The originals of these comments and opinions shall be submitted on no more than four pages, including illustrations and references.
- 2.12. Articles shall be presented in **digital format** in one of the more commonly employed word processing programmes.
- 2.13. Articles shall be written in a precise style, avoiding intricate phrases, repetitions and, particularly, the use of first person and (except where the articles so require) personal anecdotes.
- 2.14. The text shall be clearly organized with sub-headings. In order to make the layout of the article more attractive, a sub-heading shall be included on every two pages of the original at the very least and the ROP editorial management shall, on the approval of the author, be authorized to insert sub-headings when considered necessary.
- 2.15. The use of italics is permitted.
- 2.16. Footnotes should be avoided where possible.

3. BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

- 3.1. In accordance with international indexing standards required for technical and scientific journals, bibliographical references must be included and shall **be cited throughout the text of the article by means of a number set in square brackets. The list of references shall be placed at the end of the document following their order of appearance in the article. The Editorial Committee will not admit any articles that fail to meet this criteria.**
- 3.2. In accordance with ISO Standard 690, and its equivalent UNE 50-104-94 references shall be given as follows:

For journals:

() SURNAME (S), Name; SURNAME (S), Name. "Title of article". Title of publication. Edition. Location of Document. Year. No. pp., ISSN

Example: BERGA CASAFONT, Luis. "La Gobernanza del Agua en España". Revista de Obras Públicas (ROP). 2010. No. 3.507. pp. 7-20. ISSN 1695-4408

For books:

() SURNAME (S), Name; SURNAME (S), Name. Title of book. Place of publication. Publisher. Year. Edition. Pp., ISBN

Example: VAZQUEZ DE LA CUEVA, Ana. "La Ingeniería Civil en la Pintura". Madrid: CEDEX, CEHOPU, TERRATEST, year 2000; 272 p., ISBN 84-7790-344-1.

4. ARTICLES IN ENGLISH

The ROP shall publish bilingual articles (Spanish and English) on subjects of interest to English-speaking readers.

5. READERS' LETTERS AND REPLIES TO ARTICLES

The ROP shall admit letters from readers and replies and comments on published articles.

In order to retain due currency, all comments shall be submitted within three months of the date of publication of the article

6. PUBLICATION PERIOD OF ARTICLES

The Editors of the ROP **shall agree a publication period for submitted articles with each individual author**, taking into account the order of submission, the currency of the articles, publication of other journals, the limited size of the journal, subject order, etc. Where no such agreement may be made with the author regarding the publication period, the ROP shall return the original to the author.

7. COPIES FOR AUTHORS

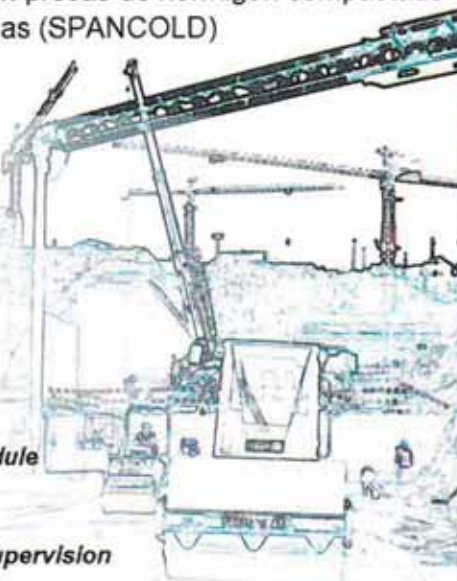
The ROP shall issue every published author, free of charge, one copy of the article in PDF and two copies of the Journal in which their articles appear. Where additional copies are required, the author should inform the ROP prior to the publication of the journal and these shall be provided at the corresponding cost.

Especialistas en Presas de HCR (RCC)

· International RCC Dam Design & Construction Experts ·

más de 25 años de experiencia internacional en presas de hormigón compactado
Miembro del Comité Español de Grandes Presas (SPANCOLD)

- estudios previos · *feasibility studies*
- materiales y mezclas · *materials & mixes*
- diseño de presas · *dam design*
- instalaciones de construcción · *site plants*
- especificaciones técnicas · *technical specs*
- estimación de costes · *cost estimations*
- planificación y programación · *planning & schedule*
- inspección y control de obra · *site engineering*
- supervisión de la construcción · *construction supervision*
- programas de formación y entrenamiento · *training programmes*



fosce – Consulting Engineers

Lorentzenstr. 30, 23843 Bad Oldesloe, Germany
Tel.: +49.(0)4531.670115 Fax: +49.(0)4531.670116
E-mail: info@fosce.com Web: www.fosce.com
Director: Francisco Ortega Santos

novedades CICCIP



Obras hidráulicas
en terrenos volcánicos
(islas oceánicas).
Carlos Soler Licerías.
2012. 17x24 cm. 704 p.

Guía de obras públicas
en Andalucía.
Antonio de las Casas Gómez.
2012. 15x24 cm. 428 p.



El Plan contra inundaciones de
Alicante y su área metropolitana
(1997-2005).
Javier Machí Felici. 2012.
Generalitat Valenciana / CICCIP,
Demarcación de Valencia.
23x28 cm. 186 p.



VI Congreso Nacional
de la Ingeniería Civil
(Valencia, 23-24 febrero 2012).
Retos de la Ingeniería Civil.
Sociedad, economía
y medio ambiente.
Libro + CD. 2012. 17x24 cm. 108 p.

A LA VENTA EN LA LIBRERÍA DEL CICCIP. www.ciccp.es (Servicios/ Librería)
TELÉFONO: 91 308 19 88 (EXT. 272-298); FAX: 91 319 95 56. libreria@ciccp.es

NOTA: cualquier otra publicación disponible en catálogo de las editoriales aquí anunciadas
puede adquirirse igualmente bajo pedido en la Librería del CICCIP

Actividad en el extranjero. Período entre congresos ICOLD Brasilia 2009 – Kyoto 2012

Revista de Obras Públicas
nº 3.536. Año 159
Octubre 2012
ISSN: 0034-8619
ISSN electrónico: 1695-4408

Foreing activity. Inter congresses period ICOLD Brasilia 2009 – Kyoto 2012

Antonio Capote del Villar. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Jefe del Área de Obras Hidráulicas y Marítimas. Dirección Técnica. Ferrovial Agroman, S.A.
Madrid (España). a.capote@ferrovial.es

Rafael Ibáñez de Aldecoa. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Technical Director. Dragados USA. Miami (EE.UU). ribanez@dragados-usa.com

Francisco Ortega Santos. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Director Especialista en Presas de HCR. Fosce. Bad Oldesloe (Alemania). f.ortega@fosce.com

Víctor Flórez Casillas. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Director Departamento Obras Hidráulicas y Marítimas. FCC Servicios Ciudadanos, Madrid (España). VFlorez@fcc.es

Resumen: El período entre congresos de ICOLD Brasilia 2009 y Kyoto 2012 se ha caracterizado por una baja actividad en la construcción de presas en España, lo que ha impulsado aún más la ya tradicional actividad exportadora de nuestras empresas de construcción e ingeniería de presas. En este período nuestras empresas constructoras han finalizado la ejecución de dos presas y participan actualmente en la construcción de siete presas más en el exterior. Por otra parte, nuestras empresas de ingeniería han experimentado una mayor internacionalización, participando en el mismo período en cuarenta y tres actuaciones relacionadas con las presas en 18 países diferentes. En el artículo se resume la actividad de nuestras empresas de construcción e ingeniería de presas en el exterior y se describen las características principales de algunas actuaciones notables.

Palabras Clave: Presa; Construcción; Ingeniería; Historia; Congreso; ICOLD; HCR

Abstract: The period between the ICOLD congresses Brasilia 2009 and Kyoto 2012, has experienced a remarkable low activity in the dam construction in Spain, which has boosted the already traditional export activity of our construction and dam engineering companies even further. Within this period, our construction companies have finalized the construction of two dams, and actively participate in the construction of seven more dams abroad. In addition to this, our engineering companies have experienced greater internationalization, taking part within the same period in 43 interventions related to dams in 18 different countries. The activity of our dam construction and engineering companies abroad is summarized in this article, and the main characteristics of some notable activities are also described.

Keywords: Dam; Construction; Engineering; History; Congress; ICOLD; RCC

1. Introducción (1)(2)(3)

El primer gran impulso en la construcción de presas en España se produjo en la época romana, época de la que se conocen datos correspondientes a 72 presas algunas de ellas todavía en servicio. Desde entonces hasta nuestros días la actividad en construcción

de presas ha sido constante en nuestro país, que actualmente cuenta con más de 1.200 grandes presas en explotación y 24 en construcción.

La experiencia acumulada y las técnicas desarrolladas a lo largo de estos siglos, han dado lugar a una presencia muy significativa de la ingeniería española de presas en el exterior, que se inicia en el siglo XVI

Se admiten comentarios a este artículo, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de diciembre de 2012. Recibido: septiembre/2012. Aprobado: septiembre/2012





Fig. 1. Izquierda: Plano del embalse de Yurila y trasvase del río Lerma para abastecimiento a Guanajuato en México (año 1548). Derecha: Vista de la presa de Portugués en Puerto Rico actualmente en construcción (año 2012).

coincidiendo con la colonización de Hispanoamérica y se desarrolla hasta nuestros días (Fig. 1).

Siguiendo esta trayectoria exportadora de tecnología, en época contemporánea, desde mediados del siglo pasado hasta la fecha, las empresas españolas han construido o participan actualmente en la construcción de 72 presas de todas las tipologías en 22 países diferentes de todos los continentes excepto Oceanía, con un mayor número de realizaciones en Hispanoamérica por razones culturales y de idioma, donde se ha participado en la construcción de 46 presas, seguido de África donde se han construido 17 presas (Fig 2).

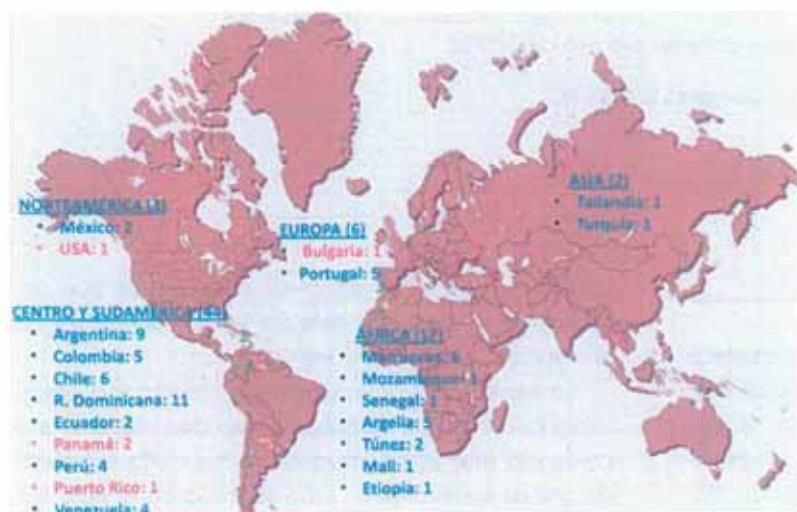


Fig. 2. Distribución geográfica de presas construidas por empresas españolas en el exterior 1945-2012. En rojo se indican países en los que los españoles no habían construido presas antes del año 2009.

2. Actividad exterior en el período entre congresos Brasilia 2009 y Kyoto 2012

Este período se caracteriza por una menor actividad en la construcción de presas en España, donde actualmente hay 24 en ejecución mientras que en 2006 había 38 en construcción y en la década de 1991 a 2000 se inventariaron 157 nuevas grandes presas. Esta menor actividad constructora, unida a la bajada general de la contratación de obra pública en España como consecuencia de la actual crisis económica, ha impulsado aún más la ya tradicional actividad exportadora de nuestras empresas de construcción e ingeniería de presas, de forma que en este período se ha producido una mayor internacionalización de estas últimas y una búsqueda de nuevos mercados por parte de nuestras empresas.

2.1. Actividad de las empresas de construcción

En el período comprendido entre los dos últimos congresos de ICOLD (Brasilia 2009 y Kyoto 2012) las empresas constructoras españolas han mantenido e incluso incrementado su presencia en el exterior. En efecto, en los pocos años transcurridos de la década actual nuestras empresas han participado o participan en la construcción de 9 presas en el extranjero, cifra apreciable si se compara con los datos de décadas anteriores: 13 presas en la década 2000-2009, 14 presas en la década 1990-1999 y 19 presas

en la década 1980-1989, que fue la de mayor número de presas construidas por los españoles en el exterior (Fig. 3).

La distribución geográfica de las presas en el período de estudio es similar a la de décadas anteriores, pudiéndose destacar, como fruto de la búsqueda de nuevos mercados, la actuación en cuatro países en los que los españoles no habían construido presas anteriormente: Panamá, Puerto Rico, California (USA) y Bulgaria (ver Fig. 1 y Tabla 1).

En el último período entre congresos se ha finalizado la construcción de 2 presas, una en Chile (El Bato) y otra en Bulgaria (Tsankov Kamak) y se trabaja actualmente en la construcción de otras 7 presas más: 2 en Estados Unidos (Puerto Rico y California) 2 en Panamá, 1 en México y 2 en Portugal.

La altura de estas presas varía entre 30 m y 134 m, con un destino mayoritariamente hidroeléctrico (4 presas) seguido de abastecimiento urbano (2 presas) defensa contra avenidas (2 presas) y un caso (PAC-4 en Panamá) cuyo objeto es contener las aguas del nuevo cauce de acceso en el lado Pacífico del Canal, formando parte del Proyecto del Tercer Juego de Esclusas de la ampliación del Canal de Panamá.

En cuanto a tipologías, cabe destacar que nuestras empresas han participado en la construcción de prácticamente todos los tipos de presa: 3 de hormigón vibrado convencional (1 de gravedad, 1 bóveda y 1 arco gravedad) 3 de hormigón compactado (2 de gravedad y 1 arco gravedad, tipología muy poco frecuente fuera de China) y 3 de materiales sueltos (2 con núcleo de arcilla y 1 de gravas con pantalla de hormigón).

En la Tabla 2 se resumen las características principales de las presas en el exterior con participación española durante el último período entre congresos.



Fig. 3. Distribución temporal del número de presas en el exterior con participación de empresas españolas.

en la que no se han incluido algunas obras singulares en construcción asociadas a las presas, entre las que cabe señalar los túneles de desvío de la presa de Ituango en Colombia (FERROVIAL AGROMAN) presa de materiales sueltos que tendrá una altura de 225 m y embalsará 2.720 Hm³.

2.2. Actividad de las empresas de ingeniería (2)(3)

Las empresas españolas de ingeniería de presas inician su actividad en el exterior en la década de los años 70 del pasado siglo, generalmente asistiendo técnicamente a las empresas constructoras. Así, en las décadas de los años 70 y 80 se tienen documentadas 11 y 19 actuaciones respectivamente, prácticamente en coincidencia con los períodos de mayor actividad de nuestras empresas constructoras de presas en el exterior.

Tabla 1. Número de presas construidas en el exterior por continentes y décadas

Década	Europa	Asia	África	Centro y Sudamérica	Norteamérica	Nº de presas
1945 - 1963	-	-	4	-	-	4
1970 - 1979	1	1	-	11	-	13
1980 - 1989	-	-	4	15	-	19
1990 - 1999	-	1	7	5	1	14
2000 - 2009	2	-	2	9	-	13
2009 - 2012	3	-	-	4	2	9
Nº de presas	6	2	17	44	3	72

Tabla 2. Presas en el exterior con participación de empresas constructoras españolas. Período entre congresos ICOLD 2009 / 2012

Presa	Situación	Río	Destino	Año fin de obra	Tipología	Volumen embalse (Hm³)	Dimensiones de presa				Aliviadero		Empresa española en la construcción	Propiedad
							Altura (m)	Longitud coronación (m)	Volumen cuerpo de presa (10³ m³)	Tipo	Capacidad (m³/s)			
El Bato	Chile	Illapel	AVEN/ RIEGO	2010	MSPH	26	56	591	2.328	L		FERROVIAL AGROMAN	Ministerio de Obras Públicas	
Tsankov Kamak	Bulgaria	Vacha	HELEC	2011	B	111	131	459	600	C	1.500	FCC	NEK - Natsionalna Elektricheska Kompania	
Portugués	Puerto Rico (USA)	Portugués	AVEN	En Constr.	AG/HC	15	67	375	300	L	1.200	DRAGADOS	USACE. US Army Corps Engineers	
Calaveras	California (USA)	Calaveras	ABAS	En Constr.	MSNA	119	67	368	2.676	L	1.130	DRAGADOS	SPUC. San Francisco Public Utilities Commission	
Riberadio	Portugal	Vouga	HELEC	En Constr.	AG	135	74	262	260	C	1.000	FCC	EDP - Gestao da Producao de Energia, S.A.	
Ermida	Portugal	Vouga	HELEC	En Constr.	G	3	35	175	75	L	1.000	FCC	EDP - Gestao da Producao de Energia, S.A.	
Zapotillo	México	Verde	ABAS	En Constr.	G/HC	910	134	395	1.542	L	5.040	FCC	Comisión Nacional del Agua	
Bajo Frio	Panamá	Chiriquí Viejo	HELEC	En Constr.	G/HC - MSNA	2	56	405	223 /	L / C	2.100	FCC	Fountain Intertrade Corp.	
PAC-4	Panamá	Lago Miraflores	INDUS	En Constr.	MSNA	-	30	2.800	4.960	-	-	FCC	Autoridad del Canal de Panamá	
Tipologías de presa						Destinos de la presa				Aliviadero				
AG		Arco Gravedad	ABAS						Abastecimiento			L	Lámina libre	
B		Bóveda	AVEN						Defensa frente a avenidas			C	Compuertas	
G		Gravedad	HELEC						Hidroeléctrico					
HC		Hormigón Compactado	INDUS						Industrial					
MSPH		Material suelto con pantalla de hormigón	RIEGO						Riego					
MSNA		Material suelto con núcleo de arcilla												



Tabla 3. Número de presas sobre las que han actuado las empresas españolas de ingeniería. Distribución por continentes y décadas.

Década	Europa	Asia	África	Centro y Sudamérica	Norteamérica	Nº de presas
1970 - 1979	-	-	-	11	-	11
1980 - 1989	-	-	4	15	-	19
1990 - 1999	-	-	1	7	-	8
2000 - 2005	1	3	1	7	2	14
2005 - 2012	8	-	11	18	2	39
Nº de presas	9	0	17	57	3	86

En los años 90 se produce una apreciable reducción de esta actividad, documentándose solamente 8 actuaciones en la década. Sin embargo, en el período entre los congresos de ICOLD Brasilia 2009 y Kyoto 2012, la actividad de las ingenierías españolas en el exterior experimenta un nuevo y vigoroso impulso, entre cuyas motivaciones cabe destacar la presente crisis económica, la bajada de actividad

en España y en consecuencia la necesidad de buscar nuevos mercados (Tabla 3).

Cabe destacar efectivamente que entre 1971 y 2005 se registraron 52 actuaciones en el exterior en las que participaron solamente 5 empresas españolas, mientras que en el período entre los dos últimos congresos de ICOLD se han documentado 43 actuaciones en las que han participado 10 empresas



Fig. 4. Ingenierías españolas Distribución geográfica de actuaciones en presas en el exterior. Periodo entre los dos últimos congresos de ICOLD.

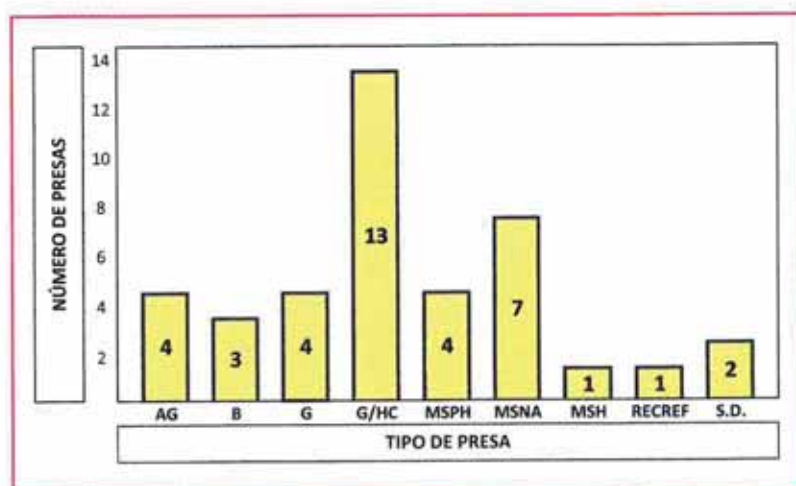


Fig. 5. Distribución por tipologías de presas en el exterior con participación de ingenierías españolas.

españolas de ingeniería. En la Figura 4 se muestra la distribución geográfica de las actuaciones del período de estudio, en la que se puede observar que la mayor actividad se vuelve a producir en Hispanoamérica (20 actuaciones) seguida de África (11 actuaciones) pudiéndose también apreciar el resultado de la apertura de nuevos mercados por parte de nuestras empresas de ingeniería.

Nuestras empresas de ingeniería han actuado sobre 39 proyectos de presas en el exterior: 24 de hormigón, 12 de materiales sueltos, 1 recrecido y 2 casos sin clasificar; con siete tipologías distintas, destacando entre ellas por número de actuaciones las presas de hormigón compactado (Figura 5).

Fig. 6. Presa de HCR de De Hoop (13) (Sudáfrica) en la que ha colaborado la ingeniería FOSCE.



España es uno de los países punteros a nivel internacional en el campo de las presas de hormigón compactado con rodillo (HCR, o RCC, por sus siglas en inglés). Desde primeros de los años 80 se ha ido desarrollando en nuestro país una intensa actividad en el proyecto y construcción de presas de HCR. En España existen en total 28 presas de este tipo, una de ellas en construcción.

Esta tecnología se ha exportado con éxito al exterior a través no solo de la actividad de nuestras empresas constructoras, sino también de las ingenierías y empresas de consultoría especializada. Tal como se observa en la Tabla 4, en los últimos 4 años existen 13 presas de HCR en 3 continentes distintos en los que empresas españolas de ingeniería han desarrollado su actividad.

El concepto de hormigón compactado que habitualmente se emplea en estas presas es el denominado "rico en pasta" en el que la composición de hormigón incluye un alto porcentaje de material puzolánico (ceniza volante, puzolana natural o escoria) en sustitución del cemento. Tal como se ha comprobado en nuestro país y en las realizaciones en el exterior, siguiendo este concepto se simplifica mucho el diseño de la presa y se hace posible una construcción continua sin interferencias que es lo que en definitiva da sentido a esta tecnología.

La actividad de nuestras empresas de ingeniería en presas de HCR en el exterior abarca tanto estudios previos, anteproyectos, proyectos definitivos de construcción, estudios específicos de materiales y composiciones de hormigón, supervisión y control de la construcción y asistencia en el monitoreo durante el primer llenado y posteriormente a lo largo de su operación.

En la Tabla 4 siguiente se incluyen los datos principales de los estudios y proyectos conocidos por los autores de este artículo en los que participan las empresas españolas de ingeniería de presas en el exterior durante el período entre congresos de ICOLD Brasilia 2009 - Kyoto 2012.

Los autores de este artículo piden disculpas si en la Tabla 4 se ha omitido alguna actuación o no se menciona a alguna empresa de ingeniería que este trabajando en estas materias en el exterior, pues si esto ha sucedido en algún caso ha sido por desconocer dichos trabajos en la fecha de redacción de este artículo.

TABLA 4. Estudios y proyectos de presas en el exterior con participación de empresas españolas de ingeniería. Periodo 2005 - 2012 (I)

Presa	Situación	Río	Destino	Tipo de actuación	Tipo de presa	Volumen de embalse (Hm³)	Dimensiones de presa				Aliviadero		Empresa española de ingeniería	Propiedad
							Altura (m)	Longitud coronación (m)	Volumen cuerpo de presa (103 m³)	Tipo	Capacidad (m³/s)			
1. Dávios	Portugal	Tâmega	HELEC	PROY	AG	56	77.5	190	250	C	2.944	ACCIONA INGENIERÍA	Iberdrola Generación	
2. Alta Tâmega	Portugal	Tâmega	HELEC	PROY	B	132	106.5	334	232	C	1.800	ACCIONA INGENIERÍA / JESÚS GRANELL I.C.	Iberdrola Generación	
3. Tronera Sur	Perú	Huancabamba	REGO/ HELEC	PROY	G	1	20.3	45		C	1.152	AYESA	Gobierno Regional Plura	
4. Zapotillo	México	Verde	ABAS	PROY	G/H/C	910	134	395	1.085	L	5.050	AYESA	Comisión Nacional del Agua	
5. Atlixco	México	Atlixco	RECIRE	PROY	MSH	29	38.5	2.044	4.100	L	1.048	AYESA	Estado de Puebla	
6. Girabathos	Portugal	Mondago	HELEC	PROY	B	138	105.5	419	287	C	1.884	EPTISA/ JESÚS GRANELL I.C.	ENDESA Generación	
7. Bogueira	Portugal	Mondago	HELEC	PROY	MSPH	57	77	430	1.322	L	1.918	EPTISA/ JESÚS GRANELL I.C.	ENDESA Generación	
8. Gouveas	Portugal	Tomo	HELEC	PROY	G	14	30	233	37	L	66	EPTISA/ JESÚS GRANELL I.C.	Iberdrola Generación	
9. Vilar	Portugal	Távora	HELEC/ ABAS	AUSC	MSPH	95	55	240	300	C	500	EPTISA	E.D.P. Gestao da producao de Energia S.A.	
10. Beni Haroun	Argelia	El Kebir	ABAS/ REGO	AUSC	G/H/C	963	118	714	1.600	C	13.230	EPTISA	DRAGADOS	
11. Tamalout	Marruecos	Angsmir/ Moulouya	ABAS/ REGO	AUSC	G/H/C	50	58	319	420	L		EPTISA	E.M.T. Enterprise Marocaine de Travaux	
12. Khanguet Zazla	Túnez	Khanguet Zazla	AVEN	PROY	MSNA	74	49	326	1.100	L	11.000	EUROESTUDIOS	Ministère de l'Agriculture	
13. Khalid	Túnez	Khalid	REGO	PROY	MSNA	26	60	500	3.000	L	2.210	EUROESTUDIOS	Ministère de l'Agriculture	
14. Oued Tahit	Argelia	Tahit	ABAS	PROY/ SUPVOBRA	B	7	44	155	36	L	1.600	EUROESTUDIOS	ANBT, Agence Nationale des Barrages et Transferts	
15. El Chaparral	El Salvador	Lempa	HELEC	SUPVOBRA	G/H/C	189	87.5	321	375	C	6.700	EUROESTUDIOS	CEL, Compañía Eléctrica del río Lempa	
16. Chonita	Perú	Chonita	ABAS	ESTIPREV	G/H/C		132	295	850	L		FOSCE	Municipalidad de Cajamarca	

TABLA 4. Estudios y proyectos de presas en el exterior con participación de empresas españolas de ingeniería. Periodo 2005 - 2012 (II)

Presa	Situación	Río	Destino	Tipo de actuación	Tipo de presa	Volumen de embalse (Hm ³)	Dimensiones de presa				Aliviadero	Empresa española de Ingeniería	Propiedad
							Altura (m)	Longitud coronación (m)	Volumen cuerpo de presa (103 m ³)	Tipo	Capacidad (m ³ /s)		
17. Piris (13)	Costa Rica	Piris	HELEC	PROY/ SUPVOBRA	G/H/C	36	113	266	730	C	2.350	FOSCE	Instituto Costarricense de Electricidad
18. De Hoop (12)	Sudáfrica	Olifants	ABAS	SUPVOBRA	G/H/C	347	88	1.017	1.000	L	3.600	FOSCE	Department of Water Affairs & Forestry
19. Pedrógão (14)	Portugal	Guadiana	HELEC	PROY/ SUPVOBRA	G/H/C	106	43	450	400	L	12.000	FOSCE	EDIA
20. Wadbenburg (16)	Alemania	Rote Weiseritz	AVEN	ANTEPROY	G/H/C		39	270	73	L		FOSCE	LTV, Sachsen
21. Spring Grove (15)	Sudáfrica	Mool	ABAS	PROY/ SUPVOBRA	G/H/C	140	37	292	90	L	580	FOSCE	Trans-Caledon Tunnel Authority
22. Mejilla	Rep. Dominicana		INDUS	PROVIREHAB	RECREF							GETINSA	ONFED
23. Tuy IV Caura (17)	Venezuela	Caura	ABAS	PROY	G/H/C	700	135	335	1.000	L	1.849	INCLAM / JESÚS GRANELL I.C. / ING° SUELO / FOSCE	Hidrocapital
24. Manduriacu	Ecuador	Guaylabamba	HELEC	SUPVOBRA	G/H/C	10	57	240.000			2780	INCLAM/TYPSA	Corporación Eléctrica del Ecuador
25. Las Cruces	Panamá	San Pablo	HELEC	PROY	AG	36	57	238	82		582	D.H.I./ JESÚS GRANELL I.C.	Corporación Energía del Istmo
26. Barrablanco	Panamá	Tabasará	HELEC	PROY	AG	30	55	433	180	C	2.000	JESÚS GRANELL I.C.	GENISA
27. Alto Támega	Portugal	Támega	HELEC	PROYDET	B	131	106.5	333	240	C	1.510	JESÚS GRANELL I.C.	IBERDROLA Generación
28. Girabolhos	Portugal	Mandego	HELEC	ANTEPROY	B	138	93.5	426	280	C	1.492	IDOM	ENDESA Generación
29. Bogueira	Portugal	Mandego	HELEC	ANTEPROY	MSPH	69	67	462	1.006	L	1184	IDOM	ENDESA Generación
30. Nandi Forest	Kenia	Yala	ABAS/ AVEN/ HELEC/ RIEGO	ESTPREV/ PROY	G/H/C	230	66	1.509	1.200	L	730	TYPSA	Gobierno de Kenia
31. Oletukaf	Kenia	Ewaso Ng'iro South	ABAS/ AVEN/ HELEC/ RIEGO	ESTPREV/ PROY	MSNA	720	140	1.800	7.700	L	2.500	TYPSA	Gobierno de Kenia



TABLA 4. Estudios y proyectos de presas en el exterior con participación de empresas españolas de ingeniería. Periodo 2005 - 2012 (III)

Presa	Situación	Río	Destino	Tipo de actuación	Tipo de presa	Volumen de embalse (Hm³)	Dimensiones de presa				Empresa española de ingeniería	Propiedad
							Altura (m)	Longitud coronación (m)	Volumen cuerpo de presa (103 m³)	Tipo	Capacidad (m³/s)	
32. Leshota	Kenia	Ewaso Ng'iro South	AVEN/ HELEC/ RIEGO	ESTPREV/ PROY	MSPH	33	56	415	200	L	2.100	TYPSA Gobierno de Kenia
33. Olidoko	Kenia	Ewaso South	AVEN/ HELEC/ RIEGO	ESTPREV/ PROY	MSNA	18	30	85	90	I	1780	TYPSA Gobierno de Kenia
34. Dalvoes	Portugal	Tamega	HELEC	PROYDET	AG	56	77,5	265	240	C	2944	TYPSA IBERDROLA Generación
35. La Invernada	Chile	La Invernada	HELEC	PROYDET	G	3	10	27.000		C	405	TYPSA Electroaustral Generación
36. Río Teno	Chile	Teno										TYPSA
37. Río Achibueno	Chile	Achibueno										TYPSA
38. Mezapa	Honduras	Mazapa	HELEC	PROYDET	G	9	9,7	43.000		L	411	TYPSA SEMESA
39. El Cercado	Colombia	Ranchería	ABAS/ HELEC/ RIEGO	EXPLOITAMANT	MSPH	198	110	378.000	2995.000	L	1250	TYPSA Instituto Colombiano de Desarrollo Rural
40. Tavera	Rep. Dominicana	Yaque del Norte	HELEC/ RIEGO	PROVREHAB	MSNA	173	80	320.000		C	6000	TYPSA INDRH. Instituto Nacional de Recursos Hídricos
41. Jigüey	Rep. Dominicana	Nizao	HELEC/ RIEGO	PROVREHAB	AG	167	110	350.000		L	11910	TYPSA INDRH. Instituto Nacional de Recursos Hídricos
42. Maguaca	Rep. Dominicana	Maguaca	RIEGO	PROVREHAB	MSNA	16	26	208.000		L	775	TYPSA INDRH. Instituto Nacional de Recursos Hídricos
43. Chocuey	Rep. Dominicana	Chocuey	RIEGO	PROVREHAB	MSNA	14	34	165.000		L	740	TYPSA INDRH. Instituto Nacional de Recursos Hídricos

Tipologías de presa		Destinos de la presa		Tipos de actuación		Aliviadero	
AG	Arco Gravedad	ABAS	Abastecimiento	ESTPREV	Estudio Previo	L	Lamina libre
B	Bóveda	AVEN	Defensa frente a avenidas	ANIEPROY	Anteproyecto	C	Compuertas
G	Gravedad	HELEC	Hidroeléctrico	PROY	Proyecto de Construcción		
HC	Hormigón Compactado	INDUS	Industrial	PROYDET	Proyecto Ingeniería de detalle		
MSPH	Materiales sueltos con pantalla de hormigón	RIEGO	Riego	PROVREHAB	Proyecto de rescoldo, refuerzo, rehabilitación		
MSNA	Materiales sueltos con núcleo de arcilla	REC	Recreativo	SUPVOBRA	Supervisión de la Construcción		
MSH	Materiales sueltos homogénea			AUSC	Auscultación, proyecto/instalación		
RECREF	Rescaldado o refuerzo			EXPLOITAMANT	Explicación / mantenimiento		

Algunas actuaciones significativas

CHILE

Presa de el Bato

En el año 2010 la U.T.E. formada por FERROVIAL-AGROMAN y BESALCO finalizó las obras de "Construcción del Embalse El Bato, IV Región de Coquimbo (Chile)" (4)(5)(6), situadas en el valle del río Illapel, cuyo objeto es crear un embalse de 25,5 Hm³ para laminación de avenidas y regulación de recursos del río para riego.

La presa es de tipo CFRD, formada con bolos y gravas arenosas permeables compactadas y mayoritariamente sin procesar, con pantalla impermeable de hormigón aguas arriba, una altura máxima 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, presentando la presa taludes 1,5(H):1(V) aguas arriba y 1,6(H):1(V) aguas abajo.

En el sitio de la presa el río Illapel tiene forma en U, con laderas de pendientes entre 20° y 25° y un amplio fondo de valle sensiblemente horizontal. Las laderas están formadas por andesitas con



Fig. 7. Presa de El Bato. Vista general desde aguas arriba.

cobertura de suelos en general inferior a 1,5 m, mientras que en el fondo del valle la roca está cubierta por un potente depósito aluvial formado por bloques, bolones y gravas arenosas permeables, que alcanzan un espesor máximo próximo a 100 m.

En las laderas la presa apoya sobre la roca andesita previa excavación de sue-

los, 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 cimentando presa y plinto sobre la superficie del propio aluvial. La sección tipo en esta zona (415,90 m

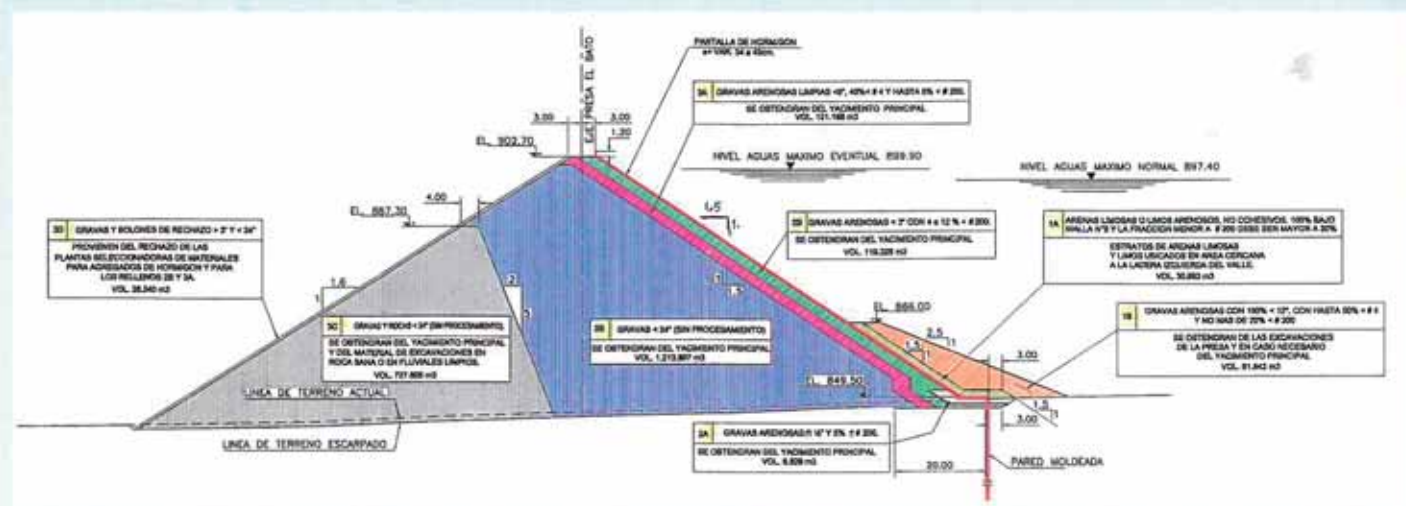


Fig. 8. Presa de El Bato. Sección tipo sobre aluvial.

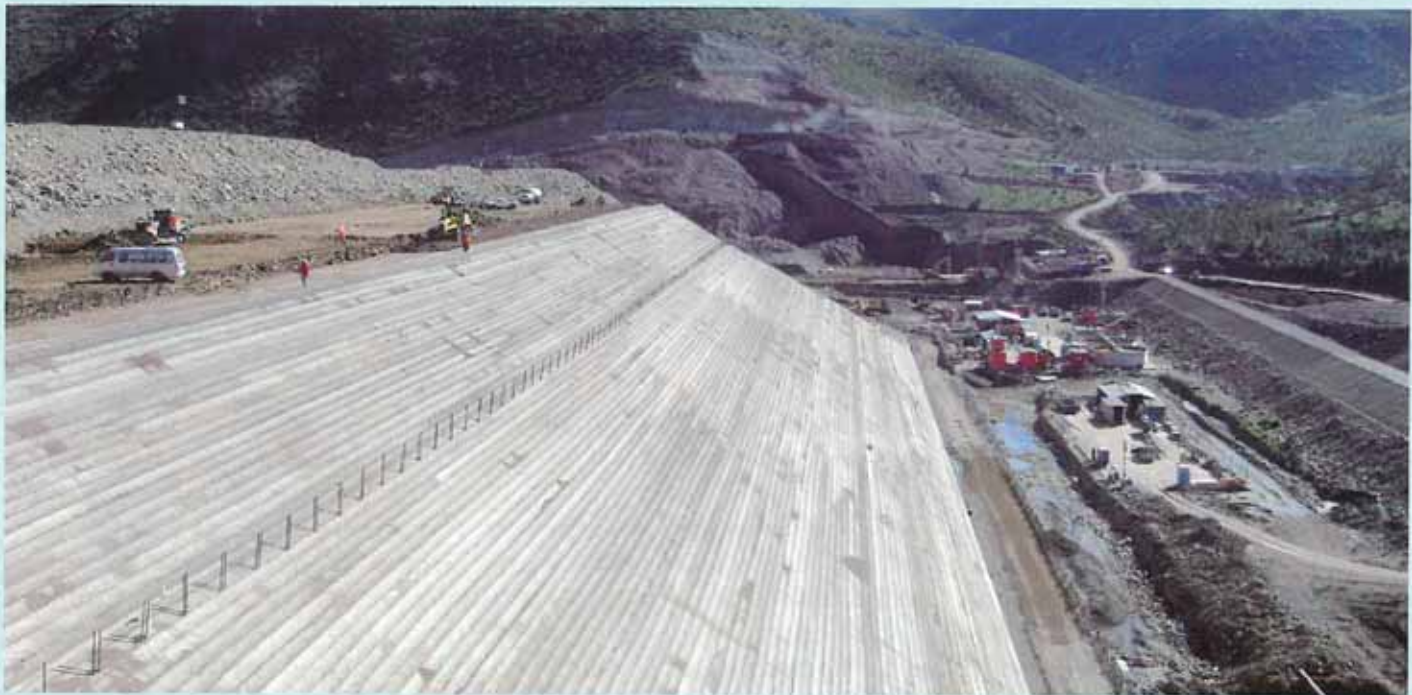


Fig. 9. Formación del talud aguas arriba con hormigón bordillado para apoyo de la pantalla.

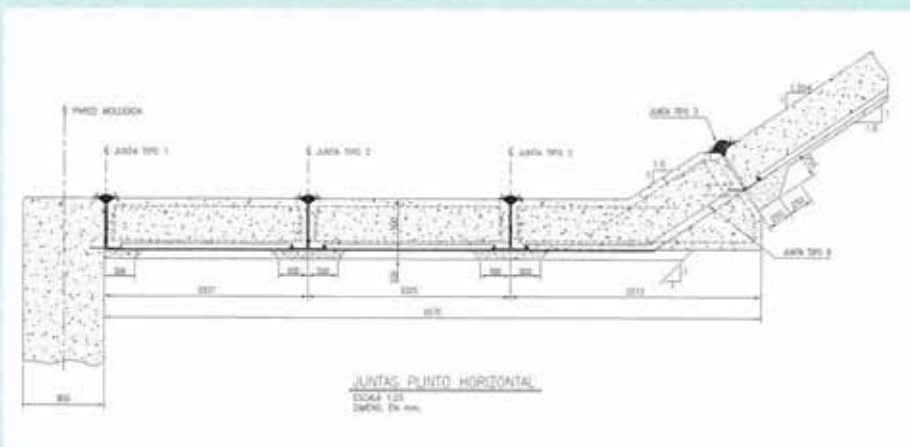


Fig. 10 Plinto articulado sobre aluvial del valle.

de longitud) es la más característica de la presa, mostrándose en la Fig. 8.

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.

La pantalla impermeable de hormigón tiene un espesor variable entre 34 y

45 cm siguiendo la ley $t=0,34+0,00207H$ con hormigón tipo H25, árido de tamaño máximo $1\frac{1}{2}$ " y 4 a 6% de aire ocluido. 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 (Fig. 9).

En las laderas se cimenta el plinto sobre la andesita, mientras que en el

fondo del valle, en 415,90 m de longitud, presa y plinto se cimentan horizontalmente sobre el aluvial permeable del río. En este tramo, el plinto se ha proyectado 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. El aluvial se impermeabiliza mediante una pantalla continua de hormigón de 0,80 m de espesor y 40 m de profundidad en el centro del valle.

En la ladera derecha se sitúa el aliviadero lateral de labio fijo, con 50 m de longitud de vertido, disponiéndose el desagüe de fondo y toma de agua para riego en un túnel de 257 m de longitud excavado en la ladera izquierda, utilizado para manejo del río durante la construcción de la presa. ♦

BULGARIA

Presa de Tsankov Kamak

El Grupo FCC a través de su filial ALPINE ha completado la ejecución de la presa de Tsankov-Kamak para la empresa nacional de electricidad NEK, Natsionalna Elektricheska Kompania, de Bulgaria. 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 Dospot-Vacha Cascade.

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 Gasnha (tributario por la margen izquierda) y cubre una extensión de 3,27 Km², recogiendo una cuenca de 1200 km².

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 horizontal 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 máximas y mínimas de operación son +685,00 y +670,00 lo que supo-



Fig. 11 Presa de Tsankov Kamak vista desde aguas abajo.

ne 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 período de retorno de 10.000 años, de forma que con las compuertas totalmente abiertas, se alcanza una co-

ta 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 Ø 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 10.000 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 serpentines.

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.



Fig. 12 Presa de Tsankov Kamak durante la construcción.

Para distribuir el esfuerzo y obtener una resistencia adecuada se ha incrementado la superficie de 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 cimientó, 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.

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 karstificadas 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.

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 trans-



Fig. 13 Presa de Tsakov Kamak y Central hidroeléctrica. El salto se produce en la zona estrecha del meandro.

versales del macizo. El volumen de hormigón de la presa es de 600.000 m³ de los cuales 420.000 m³ 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.

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 de Austria por reducción de emisiones contami-

nantes 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 200.000 T/año.

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 karstificada.

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 Ø 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. ♦

PUERTO RICO

Presa del Portugués

La Presa del Portugués (7) se encuentra situada sobre el río que le da nombre, en la isla de Puerto Rico, 5 km al noroeste del municipio de Ponce, la segunda ciudad en importancia por detrás de la capital San Juan. La obra, que comenzó en Abril de 2008, se encuentra en un avanzado estado de ejecución y esta prevista su completa finalización para el año 2013.

La obra es propiedad del US Army Corps of Engineers y del Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico, y es el último componente del macroproyecto de protección frente a avenidas de los ríos Bucaná y Portugués. El proyectista es el propio USACE. A su terminación, los residentes en Ponce estarán mucho más protegidos frente a las avenidas que sistemáticamente se producen durante la época de lluvias, eventos que a veces se presentan aparejados a tormentas tropicales o huracanes.

Las obras incluyen la construcción de una presa arco-grueso, con un único centro, de hormigón compactado con rodillo, de 67 m de altura, 375 m de longitud de coronación y 280.000 m³ de HCR. Como elementos complementarios importantes cabe destacar el aliviadero situado sobre la presa, la torre de toma adosada al paramento de aguas arriba, y la casa de válvulas con sala de control, ubicada junto al pie de aguas abajo de la presa y próxima al cauce del río. Es la primera presa arco de HCR construida por DRAGADOS, a través de su filial americana DRAGADOS USA.

La cimentación de la presa está compuesta predominantemente por areniscas, limolitas y conglomerados volcánicos metamórficos, intersectados por

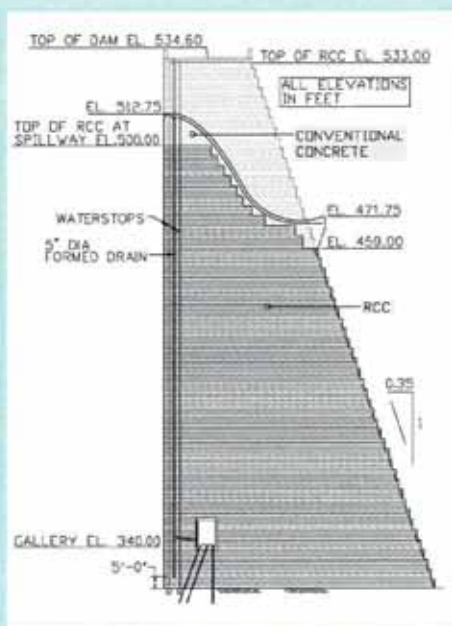


Fig. 14. Sección transversal de la Presa del Portugués

diáclavas y diques de diorita. La cantera de la que se extrajo el material para la producción de áridos, está situada 2 km al norte de la cerrada, siendo la naturaleza de la roca granodiorítica.

La presa tiene talud vertical aguas arriba y un paramento escalonado aguas abajo con un talud equivalente de 0,35h : 1v. Los escalones tienen una altura de 1,20 m (4 capas de HCR). En ambos paramentos de la presa, para mejorar su estética, se utilizó la técnica denominada GERCC (grout-enriched RCC = HCR enriquecido con lechada), mientras que en el contacto contra la roca en los estribos se utilizó la técnica MERCC, similar a la anterior pero utilizando, para convertir el HCR en un hormigón susceptible de ser vibrado, mortero en vez de lechada. En la zona de la rápida del aliviadero se dispone una losa de hormigón convencional armado de 0,9 m de espesor, ejecutada sobre el paramento escalonado de aguas abajo. Las juntas de contracción que atraviesan la presa están separadas 21,33 m, dividiendo a la estructura en 18 blo-

ques. La presa tiene una galería perimetral desde la que se ejecutan las pantallas de impermeabilización y drenaje del cimientó, de hasta 60 m de profundidad. La pantalla de drenaje del cuerpo de presa se ejecuta desde la coronación, perforando taladros hasta calar en el techo de la galería. La longitud total de perforación, incluyendo las pantallas de impermeabilización y drenaje, y la necesaria para determinados aparatos de auscultación, suma unos 15 km.

El aliviadero es de labio fijo y está diseñado para permitir una descarga de 1200 m³/s. El labio tiene una longitud de 42,66 m (dos bloques completos). La descarga es mediante trampoline de lanzamiento. Los conductos de los desagües de fondo se construyeron previamente al HCR, dejándolos embutidos en un bloque de hormigón convencional ubicado al pie de la ladera derecha, para evitar interferencias con aquel y para actuar, en una primera etapa, como parte fundamental del sistema de desvío del río. Ambos conductos de desagüe son de 1,5 m de diámetro y están regulados cada uno por una compuerta deslizante en su extremo aguas arriba, en la torre de toma, y por una rotoválvula cónica más una válvula de chorro hueco con concentrador, en la casa de válvulas. La capacidad conjunta de los desagües, para máximo nivel normal de embalse, es de 48 m³/s.

Para el desvío del río se construyó una ataguía de materiales sueltos zonificada, de 14 m de altura y 97 m de longitud de coronación, cuyos paramentos debían estar protegidos para prevenir daños durante los muy probables sobrevertidos. La protección, propuesta por el contratista, consistió en mantas de bloques de hormigón prefabricados unidos mediante cables de poliéster. Este revestimiento confiere a la ataguía la estabilidad necesaria en





Fig. 15. Presa del Portugués en avanzado estado de ejecución.

el caso de un rebase por su coronación, protegiendo al paramento de aguas arriba frente a la erosión que puede producir el oleaje y turbulencias en situación de avenida y, al de aguas abajo, evitando el arrastre de material del paramento y la socavación del pie del talud. Dos tuberías provisionales de PEAD de 1,5 m de diámetro conectan una estructura de toma en el vaso de la ataguía con los dos conductos permanentes, antes mencionados, que se dejaron atravesando el cuerpo de presa. A la salida aguas abajo de la presa de los conductos permanentes, otras dos tuberías provisionales de PEAD reconducen las aguas hacia el cauce. En la etapa final de las obras el sistema de desvío

será transformado para permitir la configuración final de los desagües de fondo.

El HCR estaba diseñado para alcanzar, a la edad de 365 días, una resistencia a compresión de 31 MPa y una resistencia a tracción directa en juntas entre capas de 2,1 MPa. Previamente a la construcción del cuerpo de presa se ejecutó una losa de ensayo de HCR, de 8 capas y unos 2000 m³ de volumen colocado.

Las principales instalaciones para producción, enfriamiento y transporte del hormigón que se utilizaron en la obra, fueron las siguientes:

- Planta de fabricación de áridos: 300 t/h

- Planta de lavado de arena: 50 t/h
- Plantas de fabricación de hormigón: 2 x 125 m³/h
- Ensilado de áridos: 4500 m³ (3 x 1100 áridos gruesos + 2 x 600 arenas)
- Ensilado de conglomerantes: 3000 m³ (2 x 1000 cemento + 1 x 1000 cenizas volantes)
- Cintas enfriamiento áridos gruesos / Plantas enfriamiento: 2 x 120 m / 2 x 1.500.000 kcal/h
- Planta de escamas de hielo: 1 x 200 t/día
- Sistema de cintas de transporte de hormigón de alta velocidad de 24" de ancho de banda (capacidad máx. 250 m³/h): 6 cintas, 225 m de longitud total (7 cintas, 265 m para la parte alta del estribo izquierdo). ♦

CALIFORNIA (EEUU)

Presa de Calaveras

SFPUC (San Francisco Public Utilities Commission) es la propietaria de esta presa, cuya razón de ser es la sustitución de la actual Presa de Calaveras, de más de 85 años de edad, en la cuenca del Arroyo Calaveras, Condados de Alameda y Santa Clara, California, EEUU. La nueva presa ha sido diseñada para resistir un sismo de magnitud 7,25 en la Falla de Calaveras, que dista escasos 500 m de la presa. Dicho sismo, correspondiente al terremoto máximo esperable, podría generar una aceleración en el terreno de 1,1 g.

La construcción está siendo llevada a cabo por un Joint-Venture del que es líder la empresa DRAGADOS USA, habiendo comenzado en agosto de 2011 y estando prevista la finalización para el año 2015. Una vez en ser-

vicio la presa, quedará restaurada la capacidad original del embalse, dando servicio a 2,5 millones de residentes en el área de la bahía de San Francisco.

En 2001, el Departamento de Seguridad de Presas (DSOD) determinó que la presa podría colapsar durante un fuerte terremoto originado en la Falla de Calaveras, y la consiguiente onda de agua podría poner en peligro a miles de personas en los valles aguas abajo. Desde ese momento, el embalse se ha mantenido a un 40% de su máxima capacidad, lo cual aliviaba el riesgo frente al sismo, pero dejaba a la bahía de San Francisco con un serio déficit de reserva de agua.

La actual Presa de Calaveras fue la mayor presa de materiales sueltos del mundo a su terminación en 1925, creando un embalse de 119 hm³. Fue erigida sobre los restos de una primera presa que se construyó con técnicas mineras de la época, y que co-

lapsó en 1917 durante el primer llenado debido a un estado de presiones intersticiales incompatible con la estabilidad del espaldón de aguas arriba. Quedan dudas razonables de que cuando se reconstruyó la presa se retirara completamente el material insuficientemente compactado de la primera tentativa, y por tanto es prudente reconocer que existe un potencial de licuefacción que pudiera producirse en la base de la presa actual durante un fuerte evento sísmico.

En base a lo anterior se decidió construir una nueva presa en las inmediaciones de la "sísmicamente vulnerable" presa actual, y de la misma altura, para permitir restaurar la capacidad histórica del embalse.

La nueva presa tendrá 67 m de altura y una coronación de 369 m de longitud y 24 m de anchura. La anchura en la base será de 360 m y el volumen del cuerpo de presa acumulará 2,7 millones de metros cúbicos de tierras, escolleras y materiales granulares.

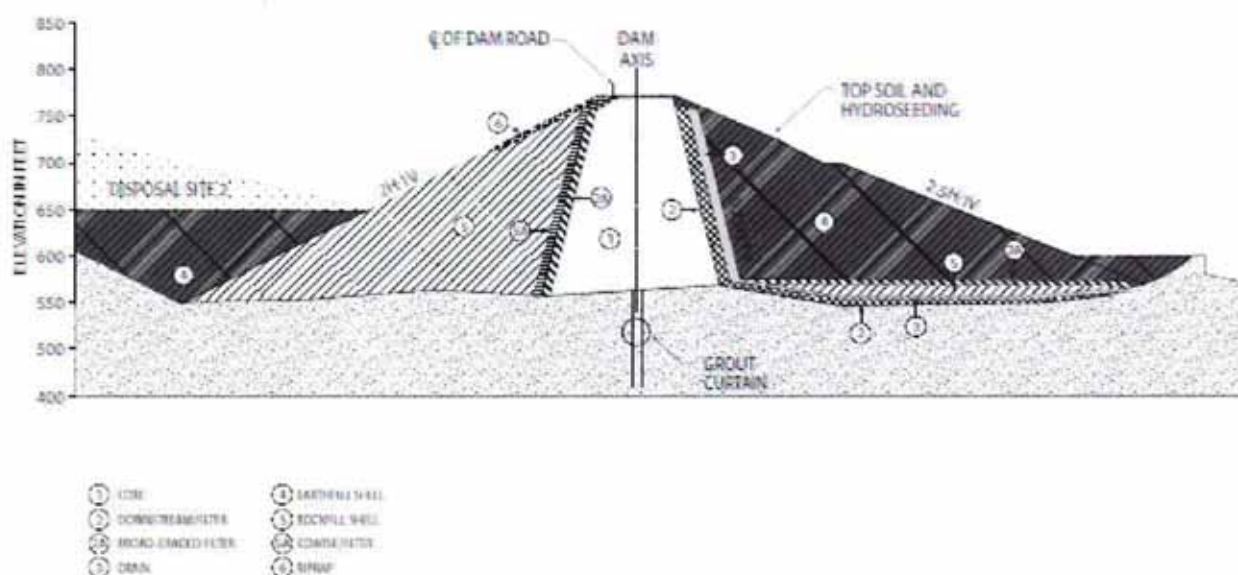




Fig. 17. Presa de Calaveras
Vista aérea de los trabajos.

para filtros y drenes. Se está construyendo inmediatamente aguas abajo de la presa actual, de hecho, tan cerca, que habrá que retirar parte del espaldón de aguas abajo de ésta.

En base a los riesgos sísmicos de la zona, el diseño de la sección tipo de la presa contempla un núcleo impermeable de arcilla arropado por un espaldón de escollera en el lado del embalse (talud exterior 2h:1v) y un espaldón de tierras en el lado aguas abajo (talud 2.5h:1v), interponiendo generosos filtros bicapa entre el núcleo y ambos espaldones, complementados con capas drenantes bajo el espaldón de aguas abajo. El diseño es claramente más conservador que el correspondiente a una zona no sísmica, si se emplearan los mismos materiales.

Para cimentar la presa hay que retirar más de 5 millones de metros cúbicos de materiales, la mitad de los cuales se emplearán en la construcción de la misma. La presa gravitará sobre una compleja formación geológica, predominando en la margen derecha el "Franciscan Mélange"

(conglomerados de grauvacas, pizarras, esquistos y otras rocas volcánicas) y en la izquierda las areniscas del "Temblor Sandstone". Están previstos importantes trabajos de perforaciones e inyecciones en esta complicada cimentación.

La excavación y transporte de los materiales tiene una complicación adicional en el "Franciscan Mélange", debido a la presencia de serpentina que contiene asbestos naturales, lo que está obligando a implementar medios intensivos de reducción de polvo, monitoreo del aire, dentro y fuera del perímetro de la zona de obras, y técnicas específicas de formación y tratamiento de los vertederos.

El aliviadero, ubicado en la margen izquierda de la cerrada, es de labio fijo con alimentación lateral, canal de descarga con una curva pronunciada en su comienzo, y cuenco amortiguador Tipo II del US Bureau of Reclamation. La longitud total del mismo es de 472 m, y requerirá 30.000 m³ de hormigón para su materialización.

Otra estructura importante es la nueva torre de toma, de 6 m de diámetro, cuya parte inferior se empotra en pozo en el terreno en una profundidad de 50 m y se anclará al mismo, y que remplazará a la torre de toma existente, que además de obsoleta es sísmicamente insegura.

Una vez esté terminada la nueva presa y sus órganos de toma y desagüe, está previsto excavar una profunda trinchera en la margen izquierda de la presa actual, con objeto de inundar el espacio entre ambas presas.

El proyecto incluye importantes actuaciones medioambientales, destinadas a restaurar la vegetación y a proteger y fomentar la subsistencia de varias especies de fauna y flora en peligro de extinción.

Una característica fundamental de este contrato, que afecta de manera muy importante a su ejecución, es la de mantener en servicio la presa actual, en labores de abastecimiento, durante todo el periodo de construcción, exceptuando determinados periodos consensuados con el Servicio de Explotación de SFPUC. ♦

PORTUGAL

Presa de Ribeiradio

El Aprovechamiento hidroeléctrico de Ribeiradio-Ermida es una obra promovida por Greenvoug, S.A., sociedad participada mayoritariamente por EDP-Energías de Portugal. El autor del proyecto es COBA. Este aprovechamiento hidroeléctrico está localizado en el curso del río Vouga, entre los distritos de Aveiro y Viseu. Está compuesto por dos presas, una principal aguas arriba (Ribeiradio) y otra secundaria aguas abajo (Ermida).

La presa de Ribeiradio presenta un perfil gravedad con planta en arco de circunferencia de 240 m de radio y tiene una altura de 83 m sobre el cauce, con taludes 0,7H: 1V aguas abajo. Dispone de 15 bloques con juntas cada 17 metros, excepto en los bloques extremos que son de 17,5 y de 23,5 m.

La coronación, situada a la cota +112,0 m, tiene 262 m de longitud y 9 m de anchura, el Nivel Máximo Normal de embalse (NMN) se encuentra a la +110. Esta presa creará un embalse de 135 hm³ de capacidad total.

En la parte central se localiza el aliviadero, de labio fijo, a la cota +99,0 m, compuesto por tres vanos de 13 metros de anchura controlados por compuertas tipo sector TAINTOR. Su capacidad es de 1.000 m³/s, siendo la cota máxima alcanzada por el agua la +110,0 m. El agua descargada se restituye al río por medio de un trampolín sumergido, tipo roller-bucket, hasta el cuenco amortiguador excavado en el cauce con sus cajeros anclados a la excavación. La solera del cuenco se encuentra a la cota +34,0 m, y la restitución al río a la se realiza a la cota +37,3 m, teniendo por tanto una profundidad de 3,3 metros. La longitud del cuenco es de 27,5 m y su anchura de 48,0 m.

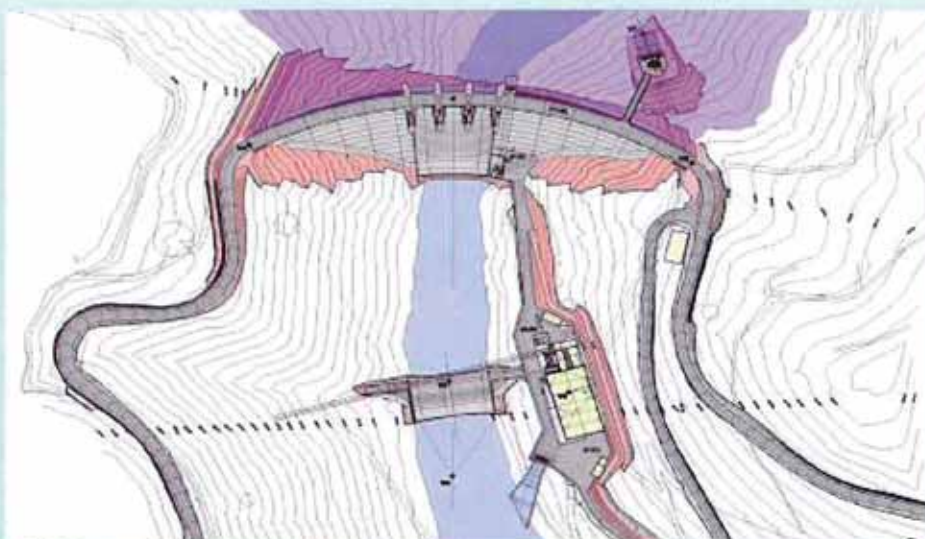


Fig. 18 Presa de Ribeiradio. Planta general.

La presa dispondrá de un desagüe de fondo, constituido por una conducción circular blindada, que atraviesa el cuerpo de la presa, de 2,50 m de diámetro e 50,30 m de longitud.

Inmediatamente aguas abajo de la presa, en el lado izquierdo del cauce, será construida la central, en pozo, equipada con un único grupo generador, no reversible de 72 MW de capacidad, alimentada por un circuito hidráulico independiente, en galería, que funcionará por gravedad. Esta galería tiene un diámetro de 5,50 m y una longitud de 202 m. El agua entrará en el circuito a través de una torre de toma situada junto a la presa. El pozo de la central tiene 22,50 m de diámetro interior y 26,90 m de altura, en su parte superior se construirá el edificio de control.

El proyecto también incluye la ejecución de los accesos. Para acceder a la presa de Ribeiradio será construida una vía de acceso en cada lado del río: en el lado derecho, con 1,4 Km de longitud y en el lado izquierdo con 1,2 Km. Estos dos accesos presentan pendientes medias de 10%, con una plataforma de 6,50 m de anchura. También será necesario reponer un tramo de 2,5 Km de la carretera municipal EM-569 que quedará

sumergido en el embalse de Ermida, en este tramo será construido un nuevo puente de 104 m de longitud sobre la ribera de Salgueira.

La geología local del embalse de Ribeiradio está compuesta por una serie de unidades ígneas y metamórficas en las que el curso del río Vouga queda encajado, a saber:

Una unidad flyschoides de micaesquistos y migmatitas alteradas (GM 3-5) con foliación subvertical y una orientación perpendicular a la dirección del cauce del río.

Una unidad de granitos biotíticos o moscovíticos de grano medio que intruye a la anterior. Es en esta unidad donde se sitúa la cerrada de la presa. Es una unidad intensamente fracturada, especialmente en la margen derecha de la presa, donde la aparición de grandes fallas subparalelas y oblicuas a la dirección cauce producen que el grado de meteorización sea muy variable, desde suelos residuales (jabre, GM 5) a roca totalmente sana (GM 1).

Una formación de cuarcitas ligeramente alteradas (GM 1-3) que presentan una estructura en capas centimétricas a decimétricas con inclinaciones subverticales a verticales y con una dirección



perpendicular al cauce del río. Aguas debajo de la cerrada la serie aparece intensamente plegada, aunque la dirección de plegamiento no varía respecto a la dirección general de la unidad.

Hay que indicar que, en superficie, tanto los granitos como los micaesquistos y migmatitas parecen muy alterados debido a la existencia de abundantes arroyos y al carácter predominantemente húmedo de la zona, lo que se refleja en la aparición de suelos residuales de gran espesor y grandes masas de depósitos coluviales y niveles de tierra vegetal. Aunque la cerrada se sitúa en la unidad de granitos, el circuito hidráulico atraviesa toda la serie de unidades descritas.

La presa de Ribeiradio es de hormigón vibrado convencional con un volumen total de hormigón de 300.000 m³.

Los constituyentes del hormigón son áridos de naturaleza granítica procedentes de una cantera sita en Tondela, a 55 km de la presa, y arenas naturales obtenidas mediante lavado de una grava a 50 km de la obra, en Águeda. El cemento es tipo I 42,5R y las cenizas son de la central térmica de Sines. El hormigón de núcleo de presa en Ribeiradio posee 5 fracciones de áridos gruesos (4/8; 8/16; 16/32; 32/63; 63/125) y 2 arenas (0/2; 0/4) y 190 kg de conglomerante repartidos en un porcentaje del 50% para el cemento y para las cenizas.

Para la ejecución de las obras, tras comprobar las dificultades que ofrecía la orografía existente, tanto de espacio como de laderas escarpadas se decidió ubicar las instalaciones tanto sociales como industriales en la ladera izquierda de Ribeiradio, creando distintos niveles y plataformas desde la cota +240,0 m hasta la coronación de la presa a la +112,0 m.

Para la fabricación del hormigón se ha dispuesto una planta de hormigón marca ALQUEZAR modelo 250, con una producción teórica máxima de 256 m³/h de hormigón vibrado. Consta de 2 tolvas



Fig. 19. Presa de Ribeiradio. Aspecto de la excavación e inicio del hormigonado.

para las arenas y 5 tolvas para los áridos gruesos con mecanismos de pesado en cinta colectora, cinta transportadora, 2 tolvas de espera de hormigón y 2 mezcladoras de doble eje horizontal BHS de 4 m³ de capacidad marca SINTHOFEN, 2 silos reguladores de 100 Tn y 3 silos de 1.000 Tn para el cemento y las cenizas. De ellos uno es utilizado para el cemento y los otros dos para las cenizas debido a que la garantía de suministro de estas últimas es menor.

Se ha dispuesto para garantizar las temperaturas del hormigón, un enfriador de agua marca KTI-Plersch de 408 m³/24 horas de capacidad y 390 kW y una central de fabricación de hielo marca SABROE de 61,6 Tn/día con posibilidad de acopio en silo de 60 Tn.



Fig. 20. Presa de Ribeiradio. Disposición general de las instalaciones y accesos.

Para el acopio de áridos se ha dispuesto en una plataforma anexa a la torre de amasado de una zona de acopio de áridos mediante cubrición separando las distintas fracciones de áridos, las 5 gravas (4/8; 8/16; 16/32; 32/63; 63/125) y en otra plataforma 4 silos ALQUEZAR de 750 m³, dos para cada una de las arenas (0/2; 0/4). El volumen acoplado garantiza la fabricación de hormigón durante 3 días.

Las necesidades de agua se resuelven mediante una captación en el propio río Vouga y un depósito de 1.000 m³.

Para la colocación del hormigón en la presa de Ribeiradio se ha instalado un blondín radial de 13 Tn de capacidad marca IES, con un vano de 393 m. Se decidió colocar este medio de colocación de hormigón debido a que el terreno y la orografía de la cerrada lo permitían, encontrando alguna limitación en la ladera derecha por encontrarse la rodadura del blondín entre dos vaguadas; nos aseguraba una producción de hormigón que cumpliera los tiempos de cubrición de tongadas.

Además, para garantizar el suministro de otros tipos hormigones, fundamentalmente los estructurales en el circuito hidráulico de Ribeiradio, y permitir una cierta independencia con respecto a la fabricación del hormigón de presa, se ha colocado otra planta de hormigón marca CUYPLANHOR modelo PHA-200 de 120 m³/hora de producción nominal, dispone de una amasadora de ELBA de eje horizontal de 2 m³ de capacidad, 2 silos de Cemento de 100 Tn y 2 silos de cenizas de 100 Tn, carro con 5 tolvas.

Para el desvío provisional del río se establece un caudal de diseño de 426 m³/s. Se plantea un desvío provisional por la margen izquierda para un caudal durante el verano, mientras se ejecuta el crecimiento de los bloques de la margen derecha para introducir posteriormente el río a través de ellos durante el invierno. ♦

PORTUGAL

Presa de Ermida

Formando parte del Aprovechamiento hidroeléctrico de Ribeirão-Ermida en el río Vouga, la presa de Ermida se encuentra 4 km aguas abajo de Ribeirão.

Presenta un perfil gravedad de eje recto, con 35 m de altura y 175 m de longitud, taludes de 0,7H:1V. La coronación se encuentra a la cota +55,0 m, en cuya parte central se sitúa el aliviadero, de tipo labio fijo, con 55 m de longitud y sin compuertas.

Formará un embalse de 3 hm³ de capacidad total, que permitirá modular los caudales turbinados en la central de Ribeirão, minimizando las variaciones de caudal sentidas aguas abajo. Junto al estribo derecho de la presa será instalada una central tipo "pie de presa", equipada con dos grupos de 3,3 MW de capacidad unitaria.

La presa de Ermida se sitúa sobre una unidad monótona de micaesquitos intensamente alterados (GM 3-5) con foliación generalmente subvertical a vertical y paralela al cauce del río y que presentan una importante heterogeneidad de una margen a otra.

En la margen izquierda estos micaesquitos aparecen intersectados por filones cuarcíticos y aplíticos. Ocasionalmente, al nivel del cauce aparecen niveles cuarcíticos que interrumpen parcialmente la serie. La margen derecha representa una zona de contacto entre los micaesquitos y una unidad granítica, lo que da lugar a que, en esta zona, aparezcan filones discontinuos de naturaleza arenosa que representan los términos más alterados de la intrusión granítica a favor de la foliación preexistente.

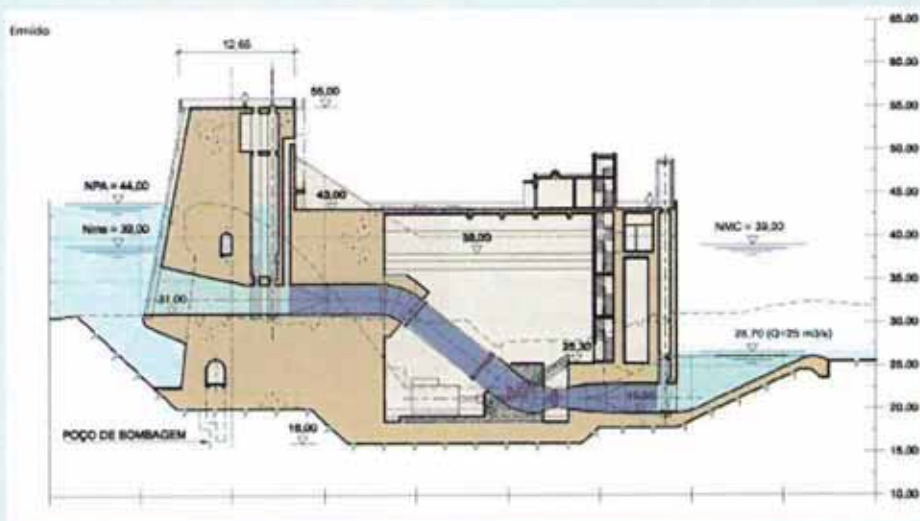


Fig. 21. Presa de Ermida. Sección tipo de la presa y la Central hidroeléctrica a pie de presa.

Estos micaesquitos aparecen muy plegados aguas abajo de la cerrada, aunque, en general, no varían la dirección general de la serie. Existen también una serie de fallas muy continuas al nivel del cauce del río subparalelas a la

dirección de éste que intensifican la alteración de toda la serie.

La presa se construye en hormigón vibrado convencional con un volumen total de hormigón de 75.000 m³. Dispone de 11 bloques con juntas transversa-



Fig. 22. Presa de Ermida. Vista general de zona de instalaciones.

Fig. 23. Presa de Ermida.
Vista aérea del desvío,
plataforma de instalaciones
y accesos.



les cada 16,4 metros, excepto en los bloques extremos.

Igual que en la presa de Ribeiradio, los constituyentes del hormigón son áridos de naturaleza granítica procedentes de una cantera sita en Tondela, a 55 km de la presa, y arenas naturales obtenidas mediante lavado de una gravera a 50 km de la obra, en Águeda.

Igual que en la presa de Ribeiradio el cemento es tipo I 42,5R y las cenizas son de la central térmica de Sines. En la presa de Ermida el hormigón está compuesto por 2 arenas y 4 fracciones de áridos gruesos, con tamaño máximo 63 mm, 230 kg de conglomerante en proporción 50/50 de cemento y cenizas.

Para la fabricación de hormigón en Ermida se ha dispuesto una planta de hormigón marca LEBLAN modelo PHAD-120/150, con una producción teórica máxima de 150 m³/h. Posee una amasadora tipo MAO de 4 m³ de doble eje horizontal. Se han colocado 4 silos de 100 Tn para el cemento y las cenizas y un silo de 500 Tn para las cenizas, ya

que poseen mayores problemas en el suministro, carro de 4 tolvas para los áridos gruesos y otro carro de 2 tolvas para las arenas.

El acopio de áridos se realiza como en Ribeiradio, en separadores para las 4 fracciones de gravas (4/8; 8/16; 16/32; 32/63) y mediante 4 silos marca ARCEN de 400 m³ para las 2 arenas (0/2; 0/4). El volumen acopiado garantiza la fabricación de hormigón durante 3 días. En Ermida, el encaje del río, las laderas escarpadas, condicionantes ambientales y la existencia de la variante de la EM-569 obligó a colocar las instalaciones aguas arriba de la presa.

El abastecimiento de agua se resuelve mediante 2 pozos artesianos y 2 depósitos de agua de 200 m³ de capacidad cada uno.

Para garantizar las temperaturas del hormigón fresco, se ha colocado un enfriador de agua marca KTI-Piersch de 288 m³/24 hora de capacidad y 260 kW.

Para el transporte del hormigón en la presa, dado que la orografía de la

cerrada no lo permitía, se disponen 3 grúas torres: dos de ellas para ejecutar el cuerpo de presa de la marca LIEBHERR 630 EC-H 20, con 80 metros de pluma y con capacidad máxima en punta de 5,4 Tn; y la otra, marca POTALIN MD 305-B con 70 metros de pluma y capacidad máxima en punta de 3,2 Tn para ejecutar la central anexa al cuerpo de presa.

Para la derivación provisional del río se establece un caudal de diseño de 426 m³/s, caudal que se refiere a un período de retorno de 4-5 años, que es mayor que el período de duración de las obras. Ambos desvíos, tanto en Ribeiradio como en Ermida, parten del concepto de desvío en canal de hormigón sobre un bloque de presa.

Particularmente en Ermida se ejecuta un canal provisional por la margen izquierda para permitir crecer los bloques del lecho del río y de la margen derecha. Posteriormente se introduce el río a través de una galería por el cuerpo de presa para cerrar la margen izquierda. ♦

PANAMÁ

Presa de Bajofrío

El Proyecto Hidroeléctrico Bajo Frío se localiza entre los corregimientos de Breñón y Santa Cruz en el Distrito de Renacimiento, y en el corregimiento de Gómez en el distrito de Bugaba, provincia de Chiriquí. Aprovecha las aguas del río Chiriquí Viejo, que nace en las proximidades del volcán Barú con elevaciones alrededor de los 3.500 msnm, y que sigue en dirección occidental hacia su confluencia con el río Candela para después discurrir hacia el sur en dirección al Océano Pacífico. La cuenca del río Chiriquí Viejo se localiza en el extremo occidental de la República de Panamá, cerca de la frontera con Costa Rica.

El proyecto del Aprovechamiento Hidroeléctrico Bajo Frío ha sido desa-

rollado por TRACTEBEL ENGINEERING - LEME, para FOUNTAIN Intertrade Corp. Este Proyecto es uno de los últimos proyectos hidroeléctricos de la cascada del río Chiriquí Viejo, que aprovecha los recursos hídricos del río entre las cotas + 240,00 msnm y + 175,00 msnm, resultando en una caída bruta de 65,00 metros.

En la geología a nivel regional, las rocas sedimentarias terciarias están constituidas principalmente por lutitas, conglomerados, calizas tobáceas y calizas arcillosas (TO-SEus), y lutitas, areniscas, calizas y tobas de la formación (TEO-TO); mientras que las rocas cuaternarias volcánicas están constituidas por basaltos, andesitas, cenizas, tobas, aglomerados y lavas (QPS-BA), según información consignada en el Mapa geológico de Panamá.

De forma localizada, en el área del valle del río Chiriquí Viejo afloran rocas ígneas sedimentarias y volcánicas del Terciario y Cuaternario. Estas rocas se-

dimentarias terciarias y sedimentos no consolidados y basaltos/andesitas cuaternarios se pueden apreciar en el cauce del río Chiriquí Viejo y quebradas afluentes. Las rocas sedimentarias son del Terciario-Oligoceno-Mioceno y pertenecen a las formaciones Senosri-Uscari (TO-SEus) y Tonosí (TEO-TO), que se distribuyen a lo largo de las dos laderas del río y principales quebradas afluentes. Las formaciones cuaternarias descritas cubren superficialmente a las rocas sedimentarias del Terciario en un alto porcentaje, permitiendo afloramientos de rocas sedimentarias principalmente en los alrededores del cauce del río Chiriquí Viejo.

A manera de terrazas aluviales cuaternarias, de morfología sensiblemente horizontal, yacen en los alrededores del cauce del río numerosos depósitos aluviales (denominados depósitos fluvio-torrenciales o lahar) a diferentes niveles, a ambos lados del cauce también son frecuentes las terrazas altas que fueron labradas y colgadas por el río y quebradas principales en épocas cuaternarias antiguas.

La obra completa del Aprovechamiento consta de los siguientes elementos: Presa mixta, Central de La Potra, Canal de Aducción y Central de Salsipuedes.

La presa mixta está formada por una presa de fábrica en gravedad, realizada en hormigón convencional y hormigón compactado, y una presa de materiales sueltos. La altura máxima de la presa es de 56,0 m y tiene una longitud aproximada de 405 m de coronación.

En la presa de fábrica se emplea el hormigón compactado en todos los elementos de mayor volumen mientras que el vibrado se utiliza principalmente en las estructuras de bocatoma y vertedero controlado. La longitud de este tramo de presa es de 238 m y es-



Fig. 24. Presa de La Potra (Bajo Frío). Excavaciones en la margen derecha.



Fig. 25. Presa de La Potra (Bajo Frio). Fases de ejecución de la presa mixta.

tá proyectado con un talud aguas arriba 0,20:1 (H:V) y talud aguas abajo 0,85:1 (H:V).

El volumen de hormigón compactado con rodillo es de 86.500 m³ y el de Hormigón vibrado convencional de 184.600 m³.

El vertedero libre con de 90,00 m de longitud se ha proyectado en hormigón compactado y se diseña para una capacidad de 2.100 m³/s equivalente a un período de retorno de 1.000 años. El vertedero controlado se ha proyectado en hormigón vibrado, consta de doble conducto cerrado

con sendas compuertas Taintor de dimensiones de 6,00 m de ancho y 5,00 m de alto cada una. Tiene una capacidad para evacuar 700 m³/s. En funcionamiento conjunto, los dos vertederos (libre y controlado) son capaces de evacuar 2.800 m³/s. La estructura de captación en cuerpo de presa, con dos bocatomas diseñadas para 50 m³/s cada una.

La presa de materiales sueltos tiene un volumen aproximado de material de 615.000 m³ de los cuales 138.000 m³ serían de escollera. La tipología es de materiales sueltos con núcleo arcilloso.

lloso. La longitud de este tramo es de 167 m con taludes 1,4-1,5:1 aguas arriba y 2:1 aguas abajo en espaldones y 0,3:1 en el núcleo arcilloso.

En la Casa de máquinas de La Potra se alojan tres unidades turbogeneradoras. Aprovechando un caudal de 100,00 m³/s (2 x 50 m³/s) y un salto bruto de 32,50 m, se ha instalado una potencia de 27,99 MW. En la Casa de máquinas Auxiliar se aloja una unidad turbogeneradora que aprovecha un caudal de 5,90 m³/s y un salto bruto de 42,50 m, se ha instalado una potencia de 2,10 MW.

El Canal de aducción entre la Central de La Potra y la de Salsipuedes tiene 2,1 km de longitud. Su nivel de operación normal se sitúa en la cota 207,50 para un caudal nominal de 100 m³/s. Se ha proyectado como un canal revestido por geomembrana.

Al final del canal se encuentra la cámara de carga y obra de toma para la Central de Salsipuedes. La obra de toma para la casa de máquinas Salsipuedes cuenta con dos bocatomas donde se aloja un doble juego de compuertas planas. En la Casa de máquinas de Salsipuedes se alojan tres unidades turbogeneradoras. Aprovechando un caudal de 100,00 m³/s (2 x 50 m³/s) y un salto bruto de 32,50 m, se ha instalado una potencia de 27,99 MW. ♦



Fig. 26. Presa de La Potra (Bajo Frio). Vista de la zona de localización del eje de la presa.

PANAMÁ

Presa de Borinquen

1E – PAC 4

Formando parte de las obras de expansión del Canal de Panamá, la presa de Borinquen se encargará de contener las aguas del lago Miraflores, al tiempo que las separa de lo que será el nuevo cauce de acceso en el lado Pacífico del Canal. Mientras en la esclusa de Miraflores los buques navegarán a una elevación de 16.5 metros, en el nuevo canal de aproximación del Pacífico (PAC) los Postpanamax transitarán a 27.5 metros, la misma cota del lago Gatún.

A la presa 1E, que construye el consorcio ICA-FCC-Meco para la Autoridad del Canal de Panamá (ACP), se unirán las presas 2E, 1W y la 2W, que forman parte del contrato de es-



Fig. 27. Presa de Borinquen 1E (PAC-4). Sección explicativa con el nuevo Canal del Pacífico y la presa que lo conduce y separa del Lago de Miraflores.

clusas. La presa Borinquen 1E tendrá 2.8 kilómetros de largo, 180 metros de ancho en su base, 30 metros de ancho en coronación y estará situada a una elevación de unos 32 metros.

Es una presa de escollera con núcleo impermeable centrado con un volumen total aproximado de 5 millones de m³. Los taludes exteriores de la

presa son 3H: 1V. En la zona sumergida por el lago Miraflores el talud pasa a ser de 2H:1V.

La constitución del suelo y roca de cimentación es muy heterogénea, compuesta en parte por rocas sedimentarias de la era Mioceno conocidas como formación La Boca, que consiste en una compleja estratificación de conglomerados, "sandstones", "siltstone" y "tuff", y aglomerados volcánicos conocidos como formación Pedro Miguel.

Además, las investigaciones que se realizaron durante la fase de pre-diseño y definición conceptual indicaron la presencia de fallas geológicas activas, capaces de generar sismos grandes, y una de esas es la falla de Pedro Miguel, que atraviesa la cimentación de la presa. Esa falla, según se determinó a través de estudios geológicos detallados, sería capaz de generar un sismo bastante grande, con desplazamientos importantes en la cimentación. Esa es una condición no muy usual en proyectos de presas, que requirió de diseños especiales.

La presa 1E está siendo construida en función del proyecto que desarrolló la empresa URS Corporation, de



Fig. 28. Presa de Borinquen 1E (PAC-4). Vista general de las obras.



Fig. 29. Presa de Borinquén I E (PAC-4). Ejecución de los cofferdams.

Oakland, California, Estados Unidos que tiene en cuenta la ocurrencia de un sismo de grado 7 en la escala de Richter, para evitar el desbordamiento del Lago Gatún, aún en estas circunstancias.

Para poder vigilar cualquier desplazamiento que pueda presentarse, durante el tiempo de construcción de la presa, así como desde el momento en que el tercer juego de esclusas del Pacífico empiece a operar, se instala una potente red de auscultación.

Los principales desafíos del mantenimiento y la construcción de esta presa incluyen primero las condiciones de cimentación, que son relativamente marginales y que requieren unas profundidades de excavación significativas. En segundo lugar, la disponibilidad de pocos materiales impermeables y la dificultad de colocar esos materiales finos en el clima de Panamá, con una pluviometría constante que dificulta mucho la construcción del núcleo de la presa. Y en tercer lugar, las especiales acciones externas, con una amenaza sísmica importante tanto en las cargas diná-

micas como en las cargas de cizallamiento en la fundación de la presa y la necesidad de proteger la presa contra impactos de grandes buques.

En estas condiciones, la cimentación se profundiza entre 10 y 15 metros hasta encontrar las rocas competentes de las formaciones La Boca y Pedro Miguel.

Para establecer la aptitud de los materiales impermeables se hicieron unos ensayos de campo durante los estudios de diseño a fin de comprobar que los suelos disponibles serían satisfactorios como materiales impermeables y que podrían ser colocados dentro de las condiciones climáticas de Panamá de forma razonable, siempre y cuando se tomen ciertas precauciones durante la construcción.

Para paliar los efectos de las cargas sísmicas se realiza un diseño con espaldones amplios de escollera compactada y un sistema de filtros y drenajes especialmente exigentes que eviten la erosión interna y la tubificación a través de la presa. El diseño es tal que la presa va a resistir el sismo máximo que se puede conside-

rar en la falla e incluso en caso de cizallamiento minimizando los daños de forma que sean reparables y no requieran un desembalse del lago Gatún. Si no hay cizallamiento del cimiento la presa está diseñada para enfrentarse a las aceleraciones dinámicas y aguantarlas con deformaciones pequeñas. En ese caso no se prevén casi daños y el Canal puede continuar en operación sin ningún problema.

También se ha estudiado el efecto del impacto de buques postpanamax y su penetración en la presa lo que en parte dimensiona el espaldón.

Las obras comenzaron con el dragado de la cimentación de las ataguías metálicas celulares (cofferdams), la ejecución de la propia ataguía hasta su empotramiento en el fondo del lago y el relleno de los relictos. Con este sistema se contienen las aguas del lago de Miraflores para permitir el abatimiento de las aguas y los niveles freáticos en el área de construcción, permitiendo la excavación en seco de la cimentación de la presa. ♦

MÉXICO

Presa de Zapotillo

Con objeto de resolver la problemática y contar con fuentes futuras para el abastecimiento de agua potable para la ciudad de León Guanajuato, la Zona Metropolitana de Guadalajara y las localidades de Los Altos de Jalisco, la Comisión Nacional del Agua, la Comisión Estatal del Agua del Estado de Jalisco (CEAJ) y la Comisión Estatal del Agua del Estado de Guanajuato (CEAG) contemplaron el aprovechamiento de las aguas del río Verde, mediante la construcción de una presa en el sitio denominado "El Zapotillo", en los Municipios de Cañadas de Obregón y Yahualica de González Gallo, Estado de Jalisco.

Para la ejecución de las obras se convocó una licitación internacional siendo adjudicatario el Consorcio formado por FCC Construcción, La Peninsular y Hermes.



Fig. 30. Presa de El Zapotillo. Vista general de la presa y ejecución del canal de desvío del río.

La presa es de tipo gravedad y se está construyendo mediante hormigón compactado con rodillo. El eje en planta de la presa describe una curva de 395,0 m de longitud y posee

una altura máxima sobre el cauce de 112,0 m, lo que supone una altura desde cimientos de 134 m. La coronación está situada a la cota +1657,0 y tiene una anchura de 7,4 m.

El volumen total de la presa supera los 1,5 millones de m^3 , de los cuales 1,46 millones de m^3 corresponden al hormigón compactado y 86.000 m^3 al hormigón vibrado. El paramento de aguas arriba se materializa en hormigón vibrado con encofrado convencional. El talud de aguas arriba de la presa es vertical mientras que aguas abajo es de 1,25 (H/V).

Cuenta con dos torres de toma que conectarán el embalse a una estación de bombeo situada en la margen izquierda del río Verde, aguas abajo de la presa. La cota del umbral del vertedero de labio fijo que coincide con el máximo nivel normal (NA-MO) es la 1648,19 msnm embalsando un volumen de 909,76 hm^3 . La cota del nivel de avenida extrema (NAME) es la 1654,95 con una capacidad de embalse de 1082,97 hm^3 .

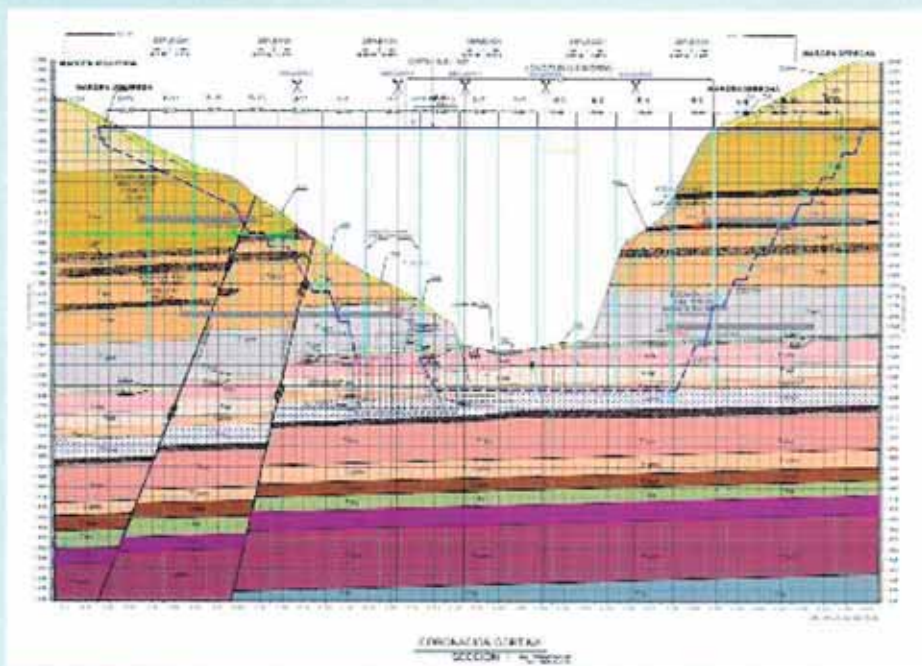


Fig. 31. Presa de El Zapotillo. Perfil geológico y de excavación.



Fig. 32. Presa de El Zapotillo. Atagüía para el desvío del río Verde y losa de prueba.

Con el caudal de entrada de la avenida extrema se diseña la obra de excedencia. Esta avenida coincide con la máxima avenida para un periodo de retorno (T) de 10000 años y es de $5700 \text{ m}^3/\text{s}$, que laminada se corresponden con un caudal (gasto) de $5040 \text{ m}^3/\text{s}$ para el aliviadero de proyecto. Al situarse la coronación de la presa a la cota +1657.00, se tiene un resguardo de 2.05 m. Para el diseño de la obra de excedencias se han estudiado distintas alternativas que han sido ensayadas en modelo físico reducido en las instalaciones del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Geológicamente, la zona está compuesta de sucesivos estratos de materiales volcánicos dispuestos en capas subhorizontales y con rasgos diferentes entre ellas. La totalidad de las rocas caracterizadas en el desplante de la cortina son rocas ígneas de edad terciaria: ignimbritas, tobas, doleritas y aglomerados volcánicos. Tanto en el cauce del río, como en

las laderas de la cerrada, existen materiales cuaternarios, aluviales y topplings de ladera de reducido espesor.

Para el desvío del río se ha considerado que en función del riesgo asumible la avenida de diseño de estas estructuras será la de 10 años de periodo de retorno, con un caudal máximo asociado en torno a $1.050 \text{ m}^3/\text{s}$. El cierre del desvío se realiza mediante una atagüía que corona a la cota 1.565 msnm. Parte de la ata-



Fig. 33. Presa de El Zapotillo. Puesta en obra del hormigón compactado.

guía ha servido como losa de ensayo de las mezclas estudiadas para la composición del hormigón compactado (CCR).

El canal de desvío, realizado en hormigón armado, es a cielo abierto con una sección de 15 m de anchura y 8 m de altura en todo el tramo excepto en la zona final donde llega a tener 9 m de altura. A su paso por la sección de la presa funcionará como un doble cajón con huecos de 7 m de anchura por 8 m de altura.

Se han estudiado distintas fórmulas para el hormigón compactado de la presa, llegándose finalmente a unos diseños con árido basáltico de tamaño máximo 50 mm y distintas proporciones de cemento tipo CPEG 30RS/BRA, es decir, cemento con escoria granulada (41% a 43%), resistente a los sulfatos y de baja reacción alcali-árido.

Se ha considerado un factor de maduración de $500^\circ\text{C}\cdot\text{h}$, a partir del cual se coloca un mortero de liga entre las capas de CCR. En el contacto con la roca se emplea hormigón vibrado convencional.

La colocación del CCR se realiza mediante cintas Rotec® de alta velocidad y se entrega en cada cota mediante un distribuidor Crawler. La extensión del CCR se realiza mediante bulldozer con nivel automático y la compactación se realiza mediante rodillos vibrantes.

La tongada final una vez compactado el CCR será de 30 cm. Para el remate en la cara de aguas arriba de la presa se emplea hormigón vibrado convencional, con el mismo tipo de cemento y áridos que para en CCR aunque con mayor cantidad de cemento (230 kg o 220 kg según sea bombeable o aplicable directamente) y con un plastificante superfluidificante que permite su vibrado. ♦

COSTA RICA

Presa de Pirris

El Proyecto Hidroeléctrico Pirris (12) se encuentra situado en la cuenca del río del mismo nombre, ubicada en la vertiente del Pacífico en el centro de Costa Rica. El proyecto tiene como finalidad la construcción de una planta hidroeléctrica con una potencia instalada de 134 MW. El propietario de la obra es el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

Para la creación del embalse de retención se ha construido una presa de 113 metros de altura y una longitud de coronación de 270 metros. La presa es de tipo gravedad de planta recta y se ha construido con la tecnología de hormigón compactado con rodillo (HCR). El volumen total de este tipo de hormigón es de casi 730.000 m³. La cota de coronación es la 1208 m.s.n.m. Mediante esta presa se crea un embalse con un área inundable de 1,14 km², cuyo volumen es de 36 millones de m³.

La sección tipo de la presa de HCR es triangular para minimizar los esfuerzos derivados de la carga sísmica que ha sido el criterio crítico de di-



Fig. 34. Localización del Proyecto Hidroeléctrico Pirris.

seño de la presa. El talud aguas arriba es 1H:3V y el de aguas abajo 1H:2V. La sección transversal se ha dividido en dos tipos de hormigones compactados que se colocaban simultáneamente en la misma capa. El colocado en una franja de 15 metros aguas arriba tenía una resistencia a tracción directa de diseño de 1,2 MPa y en el resto esta exigencia era la mitad.

Sobre la presa se ha construido un aliviadero de poco más de 42 metros

de ancho dividido en tres vanos donde se han instalado respectivamente compuertas radiales de 10,5 metros de altura cada una. Para amortiguar la descarga y evitar la socavación del terreno aguas abajo se ha construido una contrapresa de 27 metros de altura a unos 450 metros de distancia de la presa principal. Adosada al paramento de aguas arriba se ha construido la torre de toma que queda conectada con la conducción hacia la central por la margen izquierda.

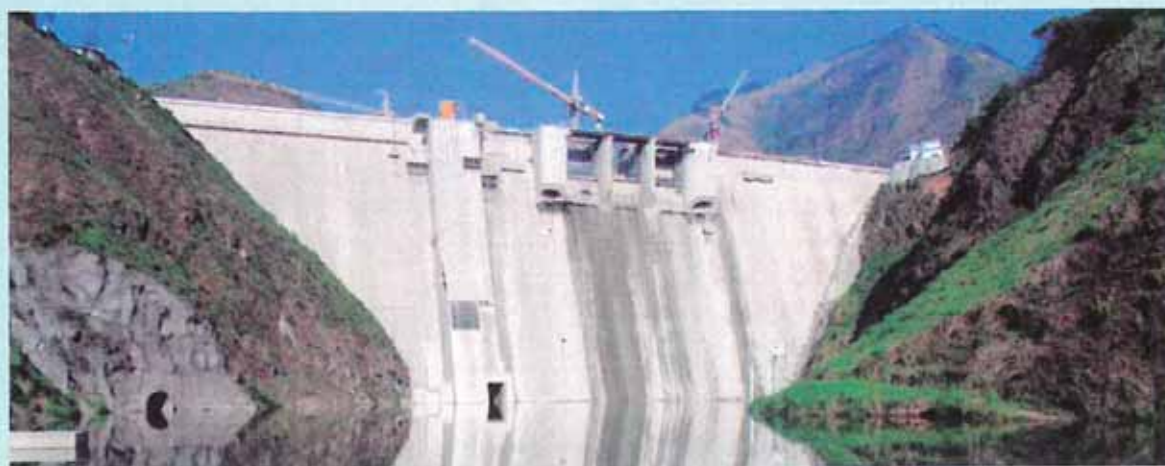


Fig. 35. Vista general desde aguas arriba de la presa de Pirris.



Fig. 36. Vista de la presa durante su construcción.

Dicha conducción se inicia con un túnel diseñado para un caudal de 18 m³/s, el cual tiene una longitud de 10.508 metros y un diámetro de entre 3,4 y 3,2 metros. El túnel presenta una pendiente de hasta 7,7% y tiene la particularidad de alcanzar una cober-

tura máxima de 1.100 metros. Le sigue una tubería de presión de 791 metros de largo y un diámetro de 2 metros. En la casa de máquinas se han instalado dos turbinas tipo Pelton de eje vertical, de 67 MW cada una. Se trata de una construcción semi-subterránea, situa-

da en un pozo de 27 metros de diámetro y 23 metros de profundidad. Para la restitución de las aguas al río Pirrís se ha construido un túnel de 280 metros de longitud y 3,3 metros de diámetro.

La Ingeniería española FOSCE ha realizado la consultoría técnica especializada de la presa de HCR. En una primera fase se ha colaborado en el diseño del hormigón y la redacción de las especificaciones técnicas de la presa, incluyendo la supervisión de ensayos previos de materiales y mezclas de hormigón, así como la construcción y ensayo de pruebas a escala real.

En una segunda etapa se colaboró en la evaluación de las ofertas de construcción que habían sido preparadas por contratistas internacionales, así como en la planificación general de los trabajos. Finalmente FOSCE ha asistido al ICE durante el desarrollo de la construcción de la presa, el diseño final de la mezcla, los procesos constructivos, el control de calidad y la evaluación final del comportamiento de la estructura tras el primer llenado. ♦

Referencias:

- (1) J. POLIMON, F. ABADIA, E. BOFILL y A. CAPOTE. Spanish dam engineering worldwide. Hydropower & Dams 2006.
- (2) J. POLIMON, A. CAPOTE, F. ABADIA. Ingeniería de Presas en el Extranjero. Revista de Obras Públicas 2007.
- (3) J. POLIMON, A. CAPOTE, F. ABADIA. Las Presas en España. Capítulo 24: Ingeniería Española de Presas en el Extranjero. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos 2008.
- (4) 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.
- (5) A. CAPOTE, F. ABADIA, V. FLOREZ. Construcción de presas en el exterior. Período entre Congresos Barcelona 2006 y Brasilia 2009.
- (6) A. CAPOTE, C. A. ENAMORADO. Cimentación de la presa CFRD El Bato (Chile) sobre aluvial permeable. IX Jornadas Españolas de Presas 2010.

- (7) A. CAPOTE, R. IBAÑEZ DE ALDECOA, V. FLOREZ. RCC dams built by Spanish construction companies abroad. Actas del VI Simposio Internacional de Presas de HCR. Zaragoza, Octubre 2012.
- (8) Analysis and Monitoring of Tsankov Kamak Arch Dam. R Kohler & G Zenz.
- (9) Large Dams. Design, Construction & Performance. Gerald Zenz. Graz University of Technology. Ljubljana Nov 2008.
- (10) Tsankov Kamak Hydro Power Plant. Guideline Design. PÖYRY GmbH.
- (11) Tsankov Kamak. Technical Report. Alpine GmbH.
- (12) Tsankov Kamak Dam. Dr G Lombardi. Tunneling at Tsankov Kamak. Water Power July 2006.
- (13) ARGUEDAS, I., RIVERA, A., ORTEGA, F. "Construcción de la Presa de Pirrís en Costa Rica". Actas del VI Simposio Internacional de Presas de HCR. Zaragoza, Octubre 2012.
- (14) NIEKERK J.F., NIEKERK J., ORTEGA, F. "HCR Vibrado por Inmersión (HCRV). Primera Experiencia Internacional en la Presa de De Hoop en Sudáfrica". Actas del VI Simposio Internacional de Presas de HCR. Zaragoza, Octubre 2012.
- (15) NYAKALE, J., BADENHORST, D.B., ORTEGA, F. "Optimización de la Dosificación de HCR para la Presa de Spring Grove en Sudáfrica". Actas del VI Simposio Internacional de Presas de HCR. Zaragoza, Octubre 2012.
- (16) LANGE, B., HERING, F., SCHLEGEL, R., LEYENDECKER, G., ORTEGA, F. "HRB Waldbärenburg: Primera Experiencia de Presa de HCR de Alemania". Actas del VI Simposio Internacional de Presas de HCR. Zaragoza, Octubre 2012.
- (17) ORTEGA, F., GRANELL, C., SORIANO, A., ANDRES, A., BELLO, A., HITCHER, A. "Diseño Final de una Presa de HCR de 135 metros de altura en Venezuela". Actas del VI Simposio Internacional de Presas de HCR. Zaragoza, Octubre 2012.

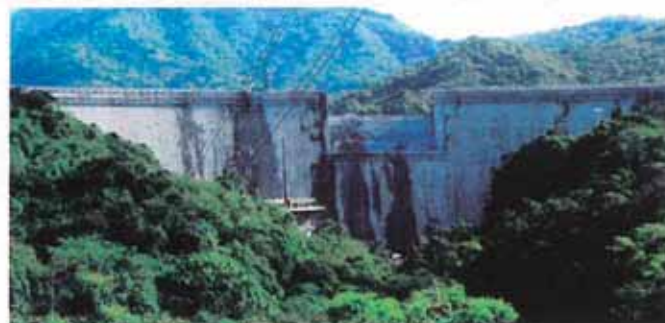
Foreign activity. Inter congresses period ICOLD Brasilia 2009 – Kyoto 2012

Due to its climatic conditions and the irregular character of its rivers, Spain has developed since antiquity a great activity in hydraulic infrastructures to satisfy urban supply needs, irrigation, flood prevention, hydroelectric and industrial purpose, environmental and other purposes. With regards to dam engineering, the first great boost in construction took place during Roman times. Data from 72 dams from those times are available. Some of these dams are still in service. Since then until today, the dam construction activity has been constant in our country, which currently hosts over 1200 large dams in operation, and 24 more are under construction.

The cumulative experience and the techniques developed during these centuries have resulted in a very significant presence of the Spanish dam engineering abroad, which originates in the XVI century coinciding with the discovery of America, and is developed until our days. Currently, since mid last century until today, Spanish companies have built or participated in the construction of 72 dams of all types in 22 countries from all continents, except Oceania. Among these, the majority belongs to interventions in Latin America, due to cultural and linguistic reasons, where 46 dams have been built, followed by Africa with 17 constructions.

The period between the two latest ICOLD congresses, Brasilia 2009 - Kyoto 2012, has shown a decline in the number of dam constructions in Spain. This lower construction activity, together with a general decline in the public construction demand due to the economic crisis, has boosted ever further the traditional exporting activity of our dam construction and engineering, resulting in a greater internationalization and a search of new markets for Spanish companies.

The construction of two dams has been finalized within this period, one in Chile (El Bato) and the other in Bulgaria (Tsankov Kamak), and work is in progress in the construction of seven more: two in the US (Puerto Rico and California), two more in Panama, one in Mexico and two in Portugal. The geographic distribution of these dams is similar to that of previous decades. As a result of the search for new markets, there are four new countries where Spanish companies had not had any prior activity: Panama, Puerto Rico, California (USA) and Bulgaria.



Portugues Dam (Puerto Rico).

The heights of these dams varies between 30 and 134 metres, with a mostly hydroelectric purpose (4 dams), followed by urban supply (2 dams), flood prevention (2 dams) and one case (PAC-4, Panama) whose purpose is to form the eastern bank of the new Pacific Access Channel (PAC) which is part of the Third Group of Locks Project of the Panama Channel expansion.

With regards to typology, it is remarkable that within this period our companies have taken part in the construction of almost all kinds of dams: 3 of conventional vibrated concrete (1 gravity, 2 arch) 3 of RCC roller compacted concrete (2 gravity and 1 arch dams, which is a very unusual typology outside China) 2 earthfill with clay core and 1 CFGD concrete faced gravel dam.

In the same period, the activity of Spanish engineering companies abroad has experienced a significant boost. Indeed, between 1971 and 2005 there were 52 registered interventions abroad in which only 5 Spanish companies took part, while in the period spanning the two last ICOLD congresses 43 new activities have been documented, with 10 Spanish participant companies. These companies, opening new markets, have taken part in 39 dam projects outside Spain: 24 concrete dams, 12 earthfill or rockfill dams, 1 dam raise and 2 more cases non categorized, with seven different topologies, among which the number of dams of roller compacted concrete is remarkable.

This article describes the evolution of the activities of our companies with regards to dams outside Spain, offering the main relevant data about completed constructions and projects, some of which are worthy of a thorough description. ♦



euroestudios
Ingenieros de consulta



Euroestudios es una compañía internacional especializada en ingeniería civil y edificación con una trayectoria que abarca más de 40 años. Entre sus servicios destaca el desarrollo de estudios de viabilidad, proyectos de construcción, supervisión de obras y project management, ofreciendo soluciones integrales en el sector de las infraestructuras y obras hidráulicas (abastecimiento y saneamiento, presas y aprovechamientos hidroeléctricos e hidráulica fluvial).

Castelló 128 - 28006 Madrid • Tel: + 34 91 590 35 46 • Fax: + 34 91 411 35 57

www.euroestudios.es

Banco Caminos

banco privado

*Superamos en más del doble
las exigencias de solvencia
del Banco de España.*

Exigencia mínima
Banco de España

8%

16,97%

Banco Caminos
banco privado

Ratio de capital core Tier1
a 31.12.2011 a nivel consolidado.

*Y continuamos a la cabeza
en liquidez estructural.*

Sector Banca

78,16%

132,68%

Banco Caminos
banco privado

Liquidez estructural a 31.12.2011
a nivel consolidado.

* FUENTE: Analistas Financieros Internacionales (AFI).