

Q  
81

# EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS HIDRÁULICOS, INCLUYENDO LAS PRESAS

## ECONOMIC EVALUATION OF HYDRAULIC PROJECTS INCLUDING DAMS

LUIS BERGA CASAFONT. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
Relator General de la Q.81 del XXI Congreso de ICOLD de Montreal. [spancold@caminos.recol.es](mailto:spancold@caminos.recol.es)

**RESUMEN:** La evaluación económica de los proyectos de presas es un tema de vital y decisiva importancia en los análisis de los proyectos hidráulicos, y de sus alternativas en la gestión de los recursos hídricos. En estas evaluaciones se cuantifican en términos monetarios y económicos los beneficios netos que las presas y embalses producen para el bienestar de la sociedad, que, en general, muestran el papel esencial que desempeñan las presas en el desarrollo económico y social, y en la lucha frente a la pobreza.

En este artículo se describe el desarrollo de la Q.81 del XXI Congreso Internacional de Grandes Presas de Montreal, sobre la "EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS HIDRÁULICOS, INCLUYENDO LAS PRESAS", analizando los informes presentados, la ponencia del Relator General, y las comunicaciones seleccionadas para su presentación, dedicando una especial atención a los informes y comunicaciones españolas. Finalmente se sintetizan las conclusiones de las sesiones, obtenidas de la presentación y discusión de los informes.

**PALABRAS CLAVE:** PRESAS Y EMBALSES, EVALUACIÓN ECONÓMICA, EXTERNALIDADES, ALTERNATIVAS A LAS PRESAS, ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO

**ABSTRACT:** The economic evaluation of dam projects is a subject of decisive and vital importance in the analysis of hydraulic projects and their alternatives in water resource management. These evaluations quantify the net economic and monetary benefits produced by dams and reservoirs for the welfare of society and generally demonstrate the essential role played by dams in social and economic development and in the fight against poverty.

This article describes the response to Q.81 of the 21st Congress of the International Congress on Large Dams held in Montreal, on the "ECONOMIC EVALUATION OF HYDRAULIC PROJECTS INCLUDING DAMS", and reviews the reports presented, including that of the General Reporter, and the communications selected for presentation, while paying particular attention to Spanish reports and communications. The article summarizes the conclusions gathered from the presentation and discussion of reports.

**KEYWORDS:** DAMS AND RESERVOIRS, ECONOMIC EVALUATION, EXTERNALITIES, DAMS'S ALTERNATIVES, COST-BENEFIT ANALYSIS

### 1. INTRODUCCIÓN

Una de las misiones de ICOLD es la de organizar Congresos, cada tres años, para la presentación de Comunicaciones y Ponencias, y para la discusión de las materias correspondientes a los objetivos de la Comisión, relativas a cuestiones y aspectos técnicos, económicos, financieros, medioambientales y sociales.

Hasta el X Congreso de Montreal del año 1970, se habían tratado un total de 41 Cuestiones. La mayor parte de

las Cuestiones se referían a temas técnicos, entre los que predominaban los relativos a las presas de hormigón y de materiales sueltos y a sus cimentaciones. En el año 1955, y con más énfasis en el IX Congreso de Estambul en el año 1967, se empezaron a debatir con profundidad los temas sobre seguridad de presas.

Hasta el XX Congreso de Beijing del año 2000, se han tratado un total de 81 Cuestiones, que se pueden clasificar de acuerdo con su temática, de la manera que se muestra en la Tabla 1.

**TABLA 1  
CONGRESOS DE ICOLD. CLASIFICACIÓN DE LAS CUESTIONES**

TEMAS	Nº DE CUESTIONES	AÑO: INTRODUCCIÓN
TÉCNICOS	74	
MEDIOAMBIENTALES	5	1973
ECONÓMICOS	1	1997
SOCIALES. BENEFICIOS	1	2000
<b>TOTAL</b>	<b>81</b>	

Puede observarse, que aparte de los temas técnicos, ICOLD ha dado una gran importancia, desde hace más de 30 años, a los aspectos sociales y medioambientales, sobre los que ha publicado numerosos trabajos, informes y Boletines, habiendo expresado su opinión en el "Position paper on Dams and environment" del año 1995 (1).

Sin embargo, los temas económicos y financieros no se han tratado de manera específica hasta el Congreso de Florencia del año 1997 (Q.72. "Innovative financing of projects involving dams"), aunque siempre han estado contemplados en los contenidos de los informes.

**TABLA 2. CLASIFICACIONES DE LOS INFORMES DE LA CUESTIÓN Q. 81**

R	TÍTULO
1	ECONOMIC ASSESSMENT OF SIDI SAÏD DAM
2	BENEFITS OF CONSTRUCTION OF KARUN IV-THE HIGHEST DOUBLE CURVATURE CONCRETE ARCH DAM IN IRAN
3	THE APPLICATION OF RISK INDICES IN AN ECONOMIC ASSESSMENT OF THE NEED FOR AND THE RESULTS OF REPAIR OF DAMS
4	ECONOMIC ASSESSMENT OF RAOUZ DAM
5	COST-BENEFIT ANALYSIS OF THE REHABILITATION OF KRASNODAR DAM IN RUSSIA
6	CAHORA BASSA NORTH BANK POWER PLANT. DESIGN REVIEW AND ECONOMIC EVALUATION
7	ECONOMIC EVALUATION ON ERTAN HYDROELECTRIC PROJECT FOR INITIAL OPERATION PERIOD
8	ECONOMIC ASSESSMENT OF SALMAN FARSI STORAGE DAM PROJECT IN FARS PROVINCE
9	ECONOMIC ASSESSMENT OF TIDAL BARRAGES WITH DUE REGARD FOR ECOLOGICAL ASPECTS (BY THE EXAMPLE OF DESIGNS OF TIDAL BARRAGES IN RUSSIA AND IN ENGLAND)
10	HIGH ASWAN DAM PROJECT ECONOMIC EVALUATIONS AND IMPACTS
11	METHODS, TECHNIQUES AND CRITERIA FOR AN ECONOMIC ASSESSMENT OF THE HYDRAULIC STRUCTURES (DAMS AND STORAGE RESERVOIRS) USED IN ROUMANIA
12	"SUSTAINABLE ECONOMIC DEVELOPMENT". 'LARGE DAMS: PEOPLES CHOICE'
13	INFLUENCE OF BREACHING AN INTERNATIONAL TREATY ON THE ECONOMIC EFFICIENCY OF A MULTIPURPOSE INVESTMENT-CASE STORY OF THE GABCIKOVO-NAGYMAROS PROJECT ON THE DANUBE
14	THE BENEFITS PROVIDED BY AUTOMATIC, SELF ACTUATING GATES TO ACQUIRE ADDITIONAL STORAGE
15	EVALUATION OF BENEFITS OF HIYOSHI DAM PROJECT
16	EFFECTS AND EVALUATIONS OF THE LAKE BIWA DEVELOPMENT PROJECT
17	OPTIMIZATION OF THE OPERATION OF HYDRO SCHEMES: NEW OPERATING RULES FOR NEW ECONOMIC RULES
18	LESSONS FROM THE PAST ARE THE KEY FOR COST SAVING
19	OPTIMISATION DES BARRAGES EXISTANTS
20	DETERMINING THE ECONOMIC OPTIMUM HYDROLOGIC RISK FOR A HYDRO POWER SYSTEM
21	DETERMINING THE ECONOMIC RESERVOIR OPERATING STRATEGY FOR A HYDRO POWER SYSTEM OPERATING IN A MIXED HYDRO-THERMAL POWER SYSTEM
22	ECONOMIC EVALUATION OF A HYDROELECTRIC POWER DEVELOPMENT IN THE FACE OF A HYDROLOGIC DILEMMA: A CASE STUDY OF THE OWEN FALLS HYDROELECTRIC POWER STATION EXTENSION
23	RESERVOIR SIZING AND ECONOMIC EVALUATION OF A HYDROPOWER PROJECTS IN A MULTI-RESERVOIR SYSTEM
24	EVALUATION OF KEMER DAM PROJECT AND BENEFITS GAINED FROM RENOVATION OF THE DAM
25	WHO PAYS FOR DAMS AND WHO PROFITS FROM THEM?
26	BISCARRUES RESERVOIR LAND RESTORATION PLAN
27	APPLIED METHODOLOGY FOR ECONOMIC EVALUATION OF FLOOD PROTECTION WORKS. POYO CREEK IN VALENCIA (SPAIN) AS A CASE STUDY
28	EVALUATION OF HYDRAULIC PROJECTS: PROBLEMS AND ADVANCES FROM A DECISION ORIENTED APPROACH
29	SELECTING HYDRAULIC PROJECTS UNDER UNCERTAINTY

En el XXI Congreso de Montreal, ICOLD ha querido profundizar de manera amplia en los aspectos económicos y financieros de las presas, y ha dedicado dos Cuestiones al análisis y discusión de estos temas. Una de ellas es la Cuestión 81 relativa a la "EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS HIDRÁULICOS, INCLUYENDO LAS PRESAS". Tema de vital importancia en el que se trata de cuantificar en términos monetarios los beneficios netos que las presas producen para el bienestar de la sociedad, y así poder demostrar el papel esencial desempeñado por las presas y embalses en el desarrollo y en la lucha contra la pobreza.

El objetivo de este artículo es el de analizar y sintetizar la Q.81 del XXI Congreso Internacional de ICOLD de Montreal. Para ello me voy a referir a los Informes presentados a esta Cuestión, destacando los Informes Españoles, al trabajo del Relator General, al desarrollo de las sesiones, y a las comunicaciones seleccionadas para ser presentadas en el Congreso.

**2. INFORMES PRESENTADOS A LA Q. 81**

Para la Q.81 se presentaron un total de 29 informes, que se muestran en la Tabla 2, en la que se indica el número del Informe (R) que va a ser usado como referencia, clasificado según los cuatro temas de la Q.81:

**CUESTIÓN Q.81: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS HIDRÁULICOS, INCLUYENDO LAS PRESAS**

- 1) Costes y beneficios, incluyendo los aspectos sociales y medioambientales.
- 2) Métodos y criterios para evaluar el comportamiento de proyectos hidráulicos.
- 3) Evaluación de las alternativas a las presas.
- 4) Esquemas de usos múltiples: métodos de asignación de costes y beneficios. Adaptación de los embalses a nuevos objetivos.

La mayor parte de los informes (13) tratan sobre los análisis de costes y beneficios (CBA). Siete informes desarrollan diversos métodos y criterios para la evaluación económica de las presas, y otros seis informes se refieren a la evaluación de alternativas. Finalmente tres informes desarrollan diversos métodos de asignación de costes y beneficios en los proyectos de objetivos múltiples y la adaptación de los embalses a nuevos objetivos.

La distribución de los informes por países se muestra en la Tabla 3.

PAÍS	NÚMERO DE INFORMES
ESPAÑA	5
CANADÁ	4
IRAN	3
FRANCIA, JAPON, MARRUECOS	2
CHINA, EGIPTO, INDIA, POLONIA, PORTUGAL, RUMANÍA, RUSIA, ESLOVAQUIA, AFRICA DEL SUR, SUIZA, TURQUÍA,	1

AUTORES	PAÍS	TEMAS
T. EL AFTI, M.ECHCHORFI	MARRUECOS	1
S.N. SOHEILI, T.ARYAN, A. JAFARZADEH	IRÁN	1
L. OPYRCHAL, W. JANKOWSKI	POLONIA	2
M. EL MENTOUMI	MARRUECOS	1,3
P.DROZ, A.M. ACS	SUIZA	1
J. SALVADOR, N. HENRIQUES, J.M. GONÇALVES	PORTUGAL	1
W.SHIYONG, H.XINSHENG	CHINA	1,2
C.FOULADI, M. SHAFI KHANI, T.ARIAN	IRÁN	1
I. USACHEV	RUSIA	3
A.R.M. SHALABY	EGIPTO	1
I. TECUCI, E. OPRISAN	RUMANÍA	4,2
B.KUMAR, P. CHOUBEY	INDIA	1
M.B.LISKA	ESLOVAQUIA	1,3
P. TOWNSHEND	SUDÁFRICA	3
T. NAKATA	JAPÓN	1
T. OOMURA, M. ANYOJI	JAPÓN	1
C. GUILLAUD, M.TREMBLAY	CANADÁ	4
F. LEMPÉRIÈRE	FRANCIA	3
S. CHEVALIER, J. RAYSSIGUIER	FRANCIA	3
S. T. LAVENDER, C. R. DONNELLY	CANADÁ	4
S. T. LAVENDER, C. R. DONNELLY	CANADÁ	4
S. T. LAVENDER, C. R. DONNELLY	CANADÁ	2
N.AHI, M.SH. ASLANI	IRÁN	1
E.ÜZÜCEK, G.YILDIZ	TURQUÍA	3
R.DEL HOYO, J.ENSEÑAT	ESPAÑA	2
G.MAÑUECO, F.HUOS	ESPAÑA	1
E.CIFRES, E.ORTIZ, R.MARTÍNEZ, J.M. BENLUIRE	ESPAÑA	1,2
F.J.MARTÍN, L.M.GARROTE, A.GRANADOS	ESPAÑA	3
F.J.MARTÍN, L.M.GARROTE, A.GRANADOS	ESPAÑA	3

Estos informes están publicados en el Volumen I de las "Transactions" del XXI Congreso (2).

### **3. INFORMES ESPAÑOLES PRESENTADOS A LA Q. 81**

España, fue el país con más contribuciones a la Q.81, con la presentación de 5 informes.

En el R. 25, R. DEL HOYO FERNÁNDEZ GAGO Y F.J. ENSEÑAT BEREÁ, titulado "¿ Quien paga por las presas y quien se beneficia de ellas?, describen de manera general los beneficios de la construcción de presas, que de manera directa son los que se tienen en cuenta en los análisis financieros de viabilidad de los proyectos. Indican que en muchas ocasiones los costes sociales de las expropiaciones se ven afectados por diversos motivos sociales y políticos, lo que da lugar a complicados procesos de negociación. El informe señala que, generalmente, las presas y embalses producen importantes beneficios indirectos, desde el punto de vista de la sociedad, tales como la laminación de avenidas, o en el caso de las presas de producción hidroeléctrica la producción de energía limpia, que no contribuye a la emisión de gases con efecto invernadero, y por lo tanto previenen el incremento de las alteraciones debidas al cambio climático. Los autores concluyen que las evaluaciones económicas deben tener en cuenta todos estos beneficios indirectos, y proponen que todo el que se beneficia de la construcción de una presa debería cooperar en la financiación de las obras.

En el R26, M<sup>a</sup> G. MAÑUECO PFEIFFER y F.J. HIJOS BILTRIAN, titulado " El Plan de Restitución Territorial del embalse de Biscarrués", describen las características del embalse de Biscarrués en el río Gallego, con una capacidad de embalse de 192 Hm<sup>3</sup>, y analizan la implantación de su Plan de restitución territorial. Las estrategias de este Plan van dirigidas a reducir los impactos sociales y medioambientales del embalse, y así poder alcanzar un pacto que contribuya a la colaboración y a la negociación de la población afectada y las diversas instituciones. La elaboración del Plan se enmarca en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Ebro, en el Pacto del Agua de Aragón, y en el Artículo 130.4 de la Ley de Aguas. Los autores desarrollan las amplias actuaciones contempladas en el Plan, que pueden sintetizarse en los siguientes puntos:

- Protección y conservación del suelo, fauna, y vegetación. Conservación del corredor biológico del río Gallego.
- Medidas frente a la erosión de la cuenca. Mantenimiento de caudales medioambientales.
- Protección del patrimonio cultural.
- Fomento del turismo. Alternativas de ocupación laboral de la zona.

- Extensión de la zona de regadíos del Alto Aragón.
- Mejora y ampliación de las infraestructuras de comunicaciones.
- Programas de participación social. Estudios sociales, y programas de formación de la población afectada.

En el R27, E.CIFRES, E.ORTIZ, R.MARTÍNEZ, J.M.BENLLIURE, titulado " Metodología para la evaluación económica de los proyectos de protección frente a las inundaciones. Aplicación al caso del Barranco del Poyo en Valencia, España", indican que en los análisis económicos de los proyectos de control de avenidas deben tenerse en cuenta tanto los costes generalizados, en los que deben incluirse los medioambientales, los indirectos y los de oportunidad, como los beneficios generales, en los que deben incluirse todos los beneficios indirectos, tales como supresión de pérdidas de producción, devaluación de los terrenos, mitigación de daños sociales y medioambientales, etc. Señalan que en los proyectos de control de avenidas hay que prestar especial importancia a su coordinación con otras actuaciones no-estructurales y legales, como es el caso de los Planes implantados en la Comunidad Valenciana mediante el Proyecto Patricova, Plan de Acción Territorial frente a las Inundaciones en la Comunidad Valenciana. Los autores desarrollan una metodología para la evaluación económica de los proyectos de defensa de inundaciones, en la que se tienen en cuenta los costes directos de los daños producidos por las inundaciones, los costes indirectos y de oportunidad, la amortización de las infraestructuras y los costes de su mantenimiento, y la internalización de los costes medioambientales. Esta metodología la aplican al caso del barranco del Poyo, que se encuentra en una área próxima a Valencia, que presenta una gran densidad de población. Como conclusión del estudio, proponen, además de la implantación de medidas no-estructurales, la construcción de la presa de Cheste, de una embalse de retención, y de diversas obras de canalización y desvío de torrentes. El análisis económico de esta alternativa muestra una tasa interna de retorno del 15%.

En los R28 y R29, F.J. MARTÍN CARRASCO, L.M. GARROTE, A. GRANADOS GARCÍA, titulados respectivamente "Evaluación de proyectos hidráulicos: Problemas y avances para la ayuda en el proceso de decisión", y " La selección de proyectos hidráulicos bajo incertidumbre", describen diversos métodos usados en la planificación de los recursos hídricos, analizando los problemas más importantes en las técnicas de planificación, entre los que destacan resistencias institucionales, falta de comunicación, y participación, etc. Por ello proponen el empleo de las técnicas de análisis de sistemas, tales como los análisis multiobjetivo, la identificación de soluciones casi-óptimas, y la planificación estocástica, para mejorar los procesos de toma de decisiones en la planificación hídrica. También analizan la problemática de la evaluación de los proyectos hidráulicos bajo incertidumbre, para lo cual describen un método para evaluar los beneficios netos y la "robustez" de los

proyectos hidráulicos, que da lugar a la selección de las mejores alternativas.

#### 4. INFORME DEL RELATOR GENERAL

El informe del Relator General estaba dividido en los siguientes temas:

1. Introducción
2. Presas, embalses y recursos hídricos.
- 3 Presas y desarrollo. Aspectos macroeconómicos.
- 4 Evaluación económica de proyectos hidráulicos, incluyendo las presas.
5. Evaluación de las alternativas a las presas
6. Referencias.

No es el momento en este trabajo de hacer una descripción amplia del informe del Relator General, por lo que me voy a limitar a sintetizar y presentar los puntos más relevantes. El lector interesado puede consultar para más detalles la Ponencia General (3).

#### 4.1. PRESAS, EMBALSES Y RECURSOS HÍDRICOS

En la actualidad muchos países del mundo presentan importantes problemas de escasez de agua, y la comunidad internacional está promoviendo diversas iniciativas para resolver, o mitigar, esta problemática en un futuro próximo. Recientemente se ha celebrado la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en Johannesburgo en Septiembre del año 2002, y el Tercer Foro Mundial del Agua en Kyoto en marzo del año 2003.

La crisis del agua en el mundo puede sintetizarse en los siguientes titulares:

- 1.1 billón de personas, el 18% de la población mundial, no tiene acceso al agua potable.
- 2.4 billón de personas, el 40% de la población mundial, no dispone de sistemas de saneamiento y depuración de aguas.
- Cada año más de 2.2 millones de personas, la mayoría niños, mueren de enfermedades transmitidas por el agua.
- El 50% de la población mundial está sujeta a un estrés de agua. En el año 2025 puede alcanzar al 65% de la población mundial.
- Importantes afecciones a los ecosistemas hídricos. Impactos en el medioambiente
- Importantes problemas de calidad del agua. Contaminación de ríos y acuíferos.
- Baja productividad del agua. Eficiencias reducidas en su uso. Necesidad de modernización de regadíos.

- Por otro lado las inundaciones son el desastre natural más significativo. El agua como peligro, en contraste con el agua como recurso.
- Perspectivas de aumento del uso del agua en un 40% en los próximos 20 años.

Actualmente el agua regulada por los embalses produce insustituibles beneficios en el regadío, abastecimientos urbanos e industriales, producción hidroeléctrica, laminación de avenidas, navegación, actividades recreativas, turismo, etc. Estos beneficios han sido reflejados en numerosos trabajos, Simposios y Congresos (4-7). Así, el regadío alcanza el 17% de la tierra de cultivo, y produce el 40% del total mundial de los cultivos. Los embalses regulan el agua de alrededor del 40% de los regadíos, lo que significa alrededor del 15% del total de producción mundial de alimentos. La producción hidroeléctrica significa el 20% de la generación de electricidad, y un 20% de las presas tienen como uno de sus objetivos la reducción de los importantes daños e impactos que producen las inundaciones.

Todos los indicadores y datos muestran que en los próximos 25 años, será necesario aumentar el almacenamiento de agua en presas y embalses en unos 1.200 Km<sup>3</sup>/año, lo que implicará incrementar la capacidad de embalse en unos 2.000 Km<sup>3</sup>. También se señala las incertidumbres de estas evaluaciones para los próximas décadas, debido a los posibles efectos del cambio climático, con patrones hidrometeorológicos mucho más irregulares, que pueden alterar la disponibilidad de recursos hídricos e incrementar su inaccesibilidad temporal.

En conclusión, en la Ponencia General se muestra el papel esencial de las presas y embalses en la regulación de los recursos hídricos, que en la actualidad contribuyen con unos 3.500 Km<sup>3</sup>/año a la disponibilidad de recursos, lo que significa un 28% del total mundial. En el futuro, posiblemente será necesario incrementar este porcentaje hasta alrededor del 35%, lo que requerirá el aumento de capacidad de embalse en unos 2000 Km<sup>3</sup>, alrededor del 30% de la capacidad total de los embalses en el mundo. Tabla 4.

TABLA 4 PRESAS Y EMBALSES EN LA REGULACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS (KM <sup>3</sup> /YEAR)		
	PRESENTE	2025
RECURSOS ACCESIBLES (Regulación Natural)	9,000 (72%)	9,000 (65%)
REGULADOS POR PRESAS Y EMBALSES	3,500 (28%)	4,700 (35%)
RECURSOS HÍDRICOS DISPONIBLES	12,500	13,700

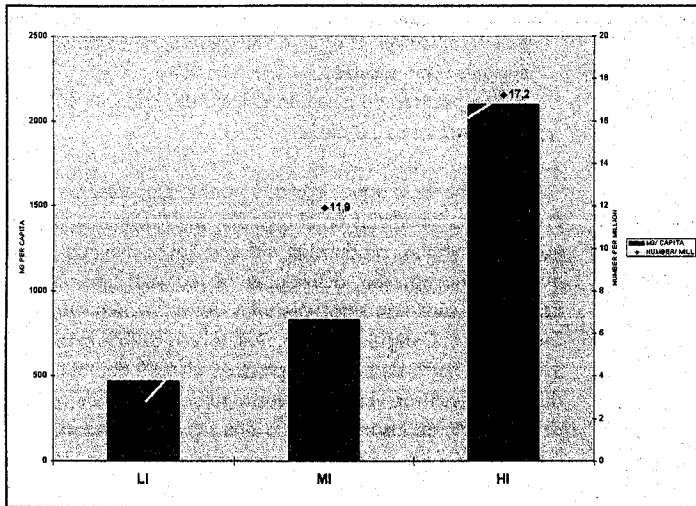


Fig. 1. Presas y desarrollo.

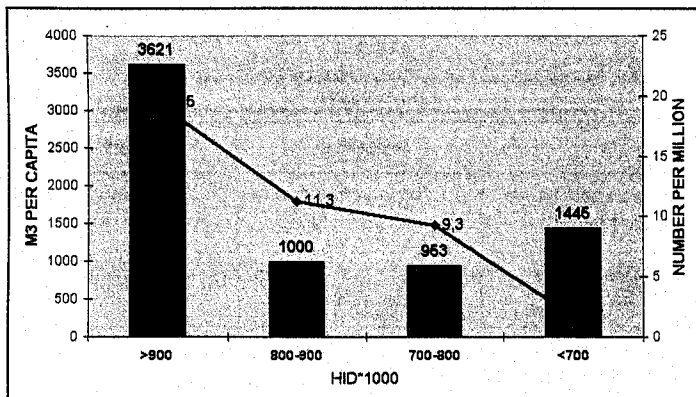
#### 4.2. PRESAS Y DESARROLLO. ASPECTOS MACROECONÓMICOS

Durante la década de los años 90, las presas y los embalses han sufrido diversas críticas, y han sido acusadas de ser una infraestructura que no ha contribuido al desarrollo. La mayor parte de estas críticas se sustentan en percepciones subjetivas, sin tener una base científica ni técnica. A partir de casos muy singulares, o de un número seleccionado de experiencias se ha extrapolado los resultados, concluyendo que las presas en general, han sido negativas para el desarrollo económico y social.

Para tratar de aportar datos más objetivos el Informe del Relator General presenta un estudio específico en el que se analiza la relación entre presas, embalses y desarrollo económico y social, según diversos indicadores.

El estudio abarca a todos los países miembros de ICOLD, en total 82 países. El conjunto de estos países suponen alrededor del 40% de la totalidad de los países del mundo, comprende el 82% de la población mundial, y el

Fig. 2. N/M y V/C-HDI. Índice de desarrollo humano.



96% del Producto Interior Bruto del mundo. En estos países existen unas 48,600 grandes presas.

Se han considerado los siguientes parámetro e indicadores:

- Población por países.
- Producto Interior Bruto per Cápita (PIB). Renta per Cápita.
- Clasificación de las economías mundiales del Banco Mundial, según el PIB.
- Índice de desarrollo humano "Human Development Index" (HDI). Índice global de desarrollo humano, que es un índice compuesto en el que se refleja el nivel alcanzado en tres dimensiones básicas del desarrollo humano: vida media y salud, grado de conocimiento, y calidad de vida.
- Número de presas y capacidad de embalse.
- Indicador "Número de presas por millón de habitantes" (N/M). Se trata de un indicador de tipo general, que sólo orienta sobre el estado de implantación de las presas, pero no de la incidencia, en cada país, o región, sobre la regulación de los recursos hídricos, ni de la disponibilidad de agua regulada.
- Indicador del volumen de embalse por habitante (V/C), "m³ per capita", que se refiere en cada país al volumen total de los embalses dividido por el número de habitantes. Se trata de un indicador más específico y preciso del stock de infraestructuras en presas y embalses desarrollado efectivamente para la regulación de los recursos hídricos, y para la disponibilidad efectiva de agua regulada para los diferentes usos.

La síntesis de los trabajos presentados es la siguiente:

- En cuanto al número de presas por habitante la Fig.1, muestra el valor del indicador N/M para las economías de renta baja (LI), renta media (MI) y renta alta (HI), siendo el N/M medio para las economías de HI de 17,2 presas por millón de habitantes, 6,3 veces mayor que en las LI, y 1,4 veces mayor que las de MI.
- El indicador V/C, volumen de embalse por cápita, en m³/cápita es el más significativo en resaltar la capacidad de una economía para disponer de agua regulada, y la Fig.1 muestra su valor, V/C, para las economías de HI, MI y LI. Para las HI economías el valor medio de V/C es de unos 2,100 m³/cápita, unos 4,5 veces mayor que el valor de las LI (470 m³/cápita), y unos 2,5 veces mayor que el valor de los MI (831 m³/cápita).
- La relación entre los indicadores de presas (N/M y V/C) y el Índice de Desarrollo Humano (HDI) se muestra en la Fig.2, en la que puede observarse que los valores altos de HDI, superiores a 0,900 se corresponden con los máximos valores del número de presas por millón de

habitantes, y también con el volumen de embalse per cápita. En cambio en los países con valores menores de 0,900 del HID, los valores de N/M y de V/C, van disminuyendo progresivamente con relación a los menores valores del HDI.

Todos estos resultados indican que el stock de infraestructuras de presas, y fundamentalmente la capacidad de embalse per cápita, va unido al estadio de desarrollo de los países, y que los países desarrollados tienen un stock de presas más amplio. Así pues, deben considerarse los indicadores de presas como uno de los elementos que contribuyen al stock de capital físico de un país, que afecta positivamente al desarrollo económico, y que, en términos generales, cuanto mayor sea el stock de infraestructuras en general, y en particular el stock en capacidad de embalse, mayor será su contribución al crecimiento económico, y al desarrollo.

### 4.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS HIDRÁULICOS, INCLUYENDO LAS PRESAS

La evaluación económica juega un importante, y en algunos casos decisivo, papel en los procesos de decisión de la construcción de presas, y en la evaluación de las alternativas para la selección de actuaciones en proyectos hídricos.

El Análisis Coste-Beneficio (CBA) es el método estándar y más tradicional en la evaluación económica de toda clase de proyectos. Se basa en la Identificación, Cuantificación y Valoración de todos los efectos e impactos del proyecto, asignándoles unos beneficios y unos costes.

Los costes y beneficios del proyecto son directos e indirectos. Los costes y beneficios directos son más fáciles de identificar, cuantificar y valorar, por lo que son los que usualmente se tienen en cuenta en el CBA, habiéndose introducido en los últimos años las valoraciones en términos monetarios de las actuaciones para la prevención y mitigación de los impactos medioambientales, y los planes de restitución territorial.

Pero aparte de los costes y beneficios directos, las presas producen otros múltiples efectos de tipo indirecto o inducido, que se conocen con el nombre de externalidades. Estos efectos externos (positivos o negativos) son a veces más difíciles de identificar, o cuantificar, y en todo caso su mayor dificultad radica en su valoración en términos monetarios, para introducirlos en el CBA.

En el CBA es importante evaluar la variación (sensibilidad) de los indicadores frente a posibles cambios en las condiciones del proyecto, por lo que en la práctica se usa la técnica del análisis de sensibilidad (SA). La metodología del SA consiste en analizar los resultados de la evaluación económica con diversos cambios y variaciones de los ele-

mentos básicos más importantes del proyecto, que pueden alterar los resultados del CBA. Para ello es importante identificar las variables más significativas y analizar su influencia en los indicadores del CBA. Así, se pueden seleccionar las variables más importantes para lograr los objetivos del proyecto, y también analizar los efectos en el CBA de los retrasos en la construcción, explotación y producción de beneficios. La mayor parte (14/29) de los informes presentados en la Q.81 se refieren al CBA en la evaluación económica de presas y embalses. La Tabla nº 5, muestra los casos de presas analizadas y los valores de los indicadores del CBA. En esta tabla se indica el número del informe (R), el nombre, país, y objetivo de la presa, el coste de la presa en el año de estudio del CBA o en el año de su construcción, los indicadores Beneficio-Coste, (B/C), Valor Actual Neto (NPV), y Tasa Interna de Retorno (IRR), el valor de referencia unitario en abastecimientos, regadíos y producción hidroeléctrica, los años tenidos en cuenta en el análisis, y los porcentajes de variación de beneficios y costes considerados en el análisis de sensibilidad.

Los resultados muestran, en estos casos informados, una relación B/C entre 1,4 y 1,8. El IRR oscila entre 12 y 26, alcanzando en un caso singular de abastecimiento (R4), un valor superior al 300%. En todos los casos el IRR es superior al 10%, considerando como umbral límite en las economías desarrolladas. El precio unitario para la producción hidroeléctrica varía entre 0.02 y 0.04 \$/Kwh y para los abastecimientos entre 0.17 1.1 \$/ m<sup>3</sup>. En la mayor parte de los casos los análisis de sensibilidad suelen realizarse con variaciones del  $\pm$  20% de los variables más significativos.

En general, en el CBA, las externalidades se han identificado parcialmente, y debido a la dificultad de su cuantificación en términos monetarios, raramente se han valorado. Entre los efectos inducidos por la construcción y la operación de las presas se citan el fomento del empleo (R1, R2, R3 y R8), la mejora del desarrollo socio-económico (R2, R7 y R8), el desarrollo rural y la reducción de la emigración (R8), y la disponibilidad de agua potable y saneamiento (R8). Igualmente se remarcan las ventajas de la producción hidroeléctrica como una energía limpia y renovable, que contribuye a la regulación de la red eléctrica, y que no participa en la emisión de gases invernadero, contribuyendo a evitar mayores variaciones en el cambio climático (R2, R7 y R23). Los impactos sociales y medioambientales son analizados de manera cualitativa, y se refieren en general a los evaluados en los estudios de impacto ambiental (EIA).

En los casos de necesidad de desplazamiento de población, se identifican y cuantifican los impactos sociales valorándose los costes de los planes de reasentamiento, y de los planes de restitución territorial (R7, R15, R16 y R26).

TABLA 5. INFORMES RELATIVOS AL ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO.

R	PRESA	PAÍS	OBJETIVO	COSTE (M\$)	B/C	NPV (M\$)	IRR (%)	UNIT PRICE (\$)	AÑOS	ANÁLISIS SENSIBILIDAD ±
1	SIDI-SIDI	MARRUECOS	I,WS,FC, HP	85		97	26	0,17/ M <sup>3</sup>	50	10%
2	KARUN IV	IRÁN	HP	320	1,4	6,2	12	0.02/ KWH		
23	KARUN II	IRÁN	HP	355	1,8	44,3	19,7	0.02/ KWH	100	20%
23	KARUN II+DOWNS RESERVOIRS	IRÁN	HP	355	1,8	45,6	19,9	0.02/ KWH	100	20%
4	RAOUZ	MARRUECOS	WS,FC,I	20		7,3	>300	0,95/ M <sup>3</sup>	50	20%-30%
4	EMSA.ALTERNATIVE TO RAUZ	MARRUECOS	WS	18				1,1/M <sup>3</sup>	50	20%-30%
6	CAHORA BASSA	MOZAMBIQUE	HP(1245 MW)		1,5		12	0.02/ KWH	25	
7	ERTAN	CHINA	HP(3300 MW) FC				14,9		50	VARIABLE
8	SALMAN FARSI	IRÁN	I,WS,FC	390	1,5			0,15/ M <sup>3</sup>	50	20%
10	HIGH ASWAN DAM HAD	EGIPTO	I,FC,HP,N,R,F	170	(1995) 1,40 (1978) 1,55 (1984) 1,48			0.04/ KWH		
5	KRASNODAR REHABILITATION	RUSIA	FC,I		5,06	7,7	12		25	VARIABLE
27	POYO CREEK	ESPAÑA	FC	25	2,66	47	15,2		50	

Los beneficios en la laminación de avenidas, cuando es un objetivo secundario a los principales de la presa, y no suponen un efecto muy significativo o no se han valorado o no se han tenido en cuenta en el CBA (R1, R2, R4, R7 y R8).

En el Relato General se indica que un problema importante que tiene el CBA en los proyectos de control de avenidas y en las presas de mitigación de inundaciones es la valoración de las pérdidas de vidas humanas, ya que en estos proyectos la reducción importante del número de víctimas que producen las inundaciones, y la seguridad de las poblaciones frente a estos desastres es el objetivo principal. Aunque existen diversos métodos para valorar la vida en términos monetarios, entre los que se pueden citar los de seguros de vida o en el enfoque del capital humano, la experiencia en otro tipo de optimizaciones económicas en presas (8), demuestra las dificultades sociales y morales que tienen estos planteamientos, así como las diversas valoraciones entre países, por lo que en general es mejor presentar, junto con los análisis económicos del CBA, los datos del número de vidas

que pueden salvarse y protegerse con las presas de laminación de avenidas.

#### 4.4. MÉTODOS Y CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DE PROYECTOS HIDRÁULICOS

El relator General concluye que el CBA es una técnica estándar para la evaluación económica de los proyectos hidráulicos, que supone una base importante para los estudios de viabilidad de presas. El CBA constituye una parte importante de los "inputs" en el proceso de decisión de la construcción de presas. En el CBA las externalidades sociales y medioambientales se incorporan de una manera limitada, únicamente los efectos e impactos que pueden ser valorados (medidas de prevención y reducción de los impactos medioambientales, efectos en la pesca comercial, planes de reasentamiento de población, y de restitución territorial. La evaluación del resto de externalidades presenta grandes dificultades en su cuantificación y valoración real



y subjetiva, por lo que su incorporación se realiza mediante otras técnicas y herramientas, usualmente con las técnicas de la evaluación del impacto ambiental (EIA).

Los criterios económicos básicos en el CBA para selección de proyectos usualmente son los siguientes:

- 1 El valor esperado del Valor Actual Neto (NPV), no debe ser negativo.
2. El NPV del proyecto debe ser mayor o igual que el NPV de las alternativas.
- 3 En general la Tasa Interna de Retorno (IRR), debe exceder una tasa de descuento apropiada, usualmente entre el 8% y 10% en economías desarrolladas.

El CBA es en algunos casos el principal criterio de decisión y en la mayoría de las ocasiones constituye un criterio básico e importante para la realización y financiación del proyecto. Aunque un CBA favorable no garantiza la construcción del proyecto, un CBA desfavorable normalmente da lugar a que el proyecto no se realice. El resultado del CBA es pues una condición necesaria, pero no suficiente. En el proceso de decisión de construcción de presas son muy importantes los efectos e impactos sociales y medioambientales. En la situación actual el CBA no puede incorporar, cuantificar y valorar, todas las externalidades sociales y medioambientales, por lo que el CBA tiene que contemplarse junto con otro tipo de análisis y valoración, normalmente el EIA, formando un conjunto integrado.

#### 4.5. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS A LAS PRESAS

Sintetizando la evolución histórica de la gestión del agua en el mundo, pueden establecerse cuatro generaciones:

- 1ª) Adaptación natural.
- 2ª) Control de sequías e inundaciones. Actuaciones estructurales.
- 3ª) Medidas no-estructurales. Gestión del agua.
- 4ª) Visiones holísticas. Enfoques integrales.

En el primer período de adaptación natural el hombre vivía al lado de las zonas ribereñas, sufría sequías e inundaciones y durante mucho tiempo trató de adaptarse a estas situaciones. Pero a medida que las sociedades se fueron organizando a lo largo de las diferentes épocas los poderes públicos fueron interviniendo cada vez más en la resolución de los problemas del agua, y se llegó a lo que podríamos llamar segunda generación, en la que se intentaba controlar las situaciones hidrológicas extremas y disponer de agua para satisfacer las demandas de abastecimientos, regadíos, energía, etc. El cenit de esta segunda

generación se produce en los años setenta en los que dominaron las ideas que creían que se podían controlar los fenómenos hidrológicos, las inundaciones y las sequías, y resolver los problemas de escasez de agua. Esta generación es la del control con actuaciones estructurales. Es un enfoque ingenieril para gestionar el agua y los ríos. Es una ilusión de control, se van a controlar las sequías, se van a prevenir las avenidas, se va impedir que nunca más haya inundaciones.

Sus actuaciones son las propias de la ingeniería civil: regulación de los ríos, presas y embalses, explotación de aguas subterráneas, trasvases y encauzamiento de los ríos. Este planteamiento estructural ha contribuido desde los años 60, en todos los países del mundo, de una manera muy eficaz al desarrollo socioeconómico y al bienestar de la humanidad. Pero presenta una serie de inconvenientes remarcables: crea una sensación de absoluta seguridad, fundamentalmente trata sobre la gestión de la oferta, puede provocar un crecimiento no sostenible de las demandas, favorecer la ocupación de las zonas inundables y finalmente puede producir unas afecciones medioambientales importantes.

Frente a ello, en la década de los años 80 surge con fuerza la tercera generación, los planteamientos basados en medidas no-estructurales. Los grupos conservacionistas propugnan que en la gestión del agua deben implantarse fundamentalmente medidas de tipo no estructural: la gestión de la demanda, el ahorro, la reutilización, el agua como bien económico, medidas legislativas y actuaciones de restauración y conservación de los ríos, sistemas de alarmas de avenidas, regulación de las zonas inundables, etc.. Estas soluciones y medidas se presentan como alternativas completas y totales a las soluciones estructurales de control, y son iguales de optimistas que las referentes a las medidas ingenieriles, o sea todos se puede solucionar únicamente con medidas de gestión. Las experiencias en el mundo nos muestran que también presentan importantes inconvenientes, y en los países en las que han tenido mayor aplicación, fundamentalmente en los países desarrollados, tampoco son capaces por sí solas de solucionar la problemática del agua.

Así, en el inicio del siglo XXI, ha nacido la cuarta generación, que propone una visión holística, un enfoque integrado, más crítico y menos optimista. En la gestión del agua deben aplicarse planteamientos integrados, tanto a nivel de cuenca como de tipo de acciones, contemplando e implantando de manera conjunta y coordinada todas las medidas estructurales y no-estructurales que sean viables. También se cambia del concepto de control al de mitigación, para aprender a convivir con las inundaciones y sequías, reduciendo sus impactos al máximo posible.

La evaluación económica de las alternativas es una técnica que tiene una gran incidencia en la selección de

las diferentes alternativas, entre las que desde el inicio debe considerarse la no-realización del proyecto. La no-realización del proyecto significaría no cumplir con sus objetivos, con los siguientes efectos negativos para el bienestar y seguridad de la sociedad, y además servirá para la evaluación de los beneficios netos incrementales que el proyecto supone. El criterio económico principal para la selección de las alternativas mediante el CBA, es el del Valor Actual Neto (NPV), debiendo ser el NPV del proyecto mayor o igual que el de los proyectos alternativos excluyentes.

En los proyectos de gestión del agua y de producción hidroeléctrica, en los que su objetivo está cuantificado suele usarse el método y los criterios del "Análisis del menor coste" (LCA). Con ello se obtienen los diversos precios unitarios de referencia (coste del Kwh ó coste/m<sup>3</sup>), que sirven para seleccionar las alternativas. Finalmente dentro de los métodos y criterios para la evaluación de alternativas, cabe citar que recientemente se están desarrollando análisis multicriterio, en los que se analizan todos los beneficios, efectos e impactos de un proyecto de una manera compacta e integrada. Para ello condensan diversos tipos de análisis en una unidad común reuniendo los CBA, EIA, y las diferentes evaluaciones de los efectos sociales y medioambientales mediante diversos índices con lo que se pueden formular las planificaciones globales de decisión de cada alternativa, que se usan en el proceso de decisión para la selección de alternativas.

El R7 describe la aplicación del LCA en la evaluación económica del proyecto de la presa de Ertan en China, en el que se evaluaron los dos escenarios, con Ertan y sin Ertan, y el resultado fue que la solución con la presa de Ertan era la alternativa de menor coste. El R4 relata la selección de alternativas entre dos presas, en Marruecos (Presas de Raouz y Emsa), en la que se seleccionó la alternativa de Raouz por tener un menor coste relativo unitario para el abastecimiento.

La ingeniería de presas siempre ha prestado una especial atención a la economía de estos proyectos, atendiendo también a sus condiciones de seguridad en cumplir los objetivos de los proyectos. La tecnología de grandes presas ha ido evolucionando en la investigación de formas, materiales, y de los métodos de construcción, apreciando las presas bóvedas como estructuras que emplean mejor las propiedades del concreto, o más recientemente las presas de Hormigón Compactado con Rodillo (HCR), que permiten la construcción de presas con un menor coste y con mayor rapidez.

El R18 se refiere a los aspectos económicos en el diseño y construcción de presas, relatando las lecciones del pasado que pueden aplicarse actualmente y que son la llave para la reducción de costes. Por ejemplo los problemas de la avenida de proyecto para la construcción y explota-

ción de presas, el diseño de presas de gravedad, el control de la sedimentación en embalses, las nuevas tipologías de aliviaderos, etc. Concluye que grandes ahorros pueden obtenerse mediante la aplicación de técnicas innovadoras y la revisión de ideas estándar.

Otro aspecto referente a la optimización económica en el incremento de la capacidad de embalse, es el del recrecimiento de presas. Normalmente se trata de elevaciones moderadas de la coronación y/o del nivel del embalse, que si es posible estructuralmente y funcionalmente, tienen, en general, un impacto medioambiental mínimo. El R19 presenta las ventajas de un tipo de compuertas fusibles, describiendo 13 casos de recrecimiento en el estado de Gujarat en India, con lo que se ha incrementado la capacidad de embalse en unos 100 Hm<sup>3</sup>, con un coste económicamente muy competitivo. El R24 relata la transformación del aliviadero de la presa de Kemer, en Turquía, de una tipología de labio fijo a un aliviadero con compuertas, con lo que se ha aumentado el nivel de embalse en 6 m, lo que ha supuesto un incremento de 62 hm<sup>3</sup> de la capacidad de embalse (un 21%, con una rentabilidad de 2.0).

## 5. DESARROLLO DE LAS SESIONES

Las sesiones sobre la Q.81 se celebraron el martes 17 de junio de las 13.30 h a las 17.30 h, y el miércoles 18 de junio de las 8.30 h a las 12.00 h.

La mesa de las sesiones estaba formada por:

PRESIDENTE	Mr. JIAO YONG Departamento de Planificación y Programación del Ministerio de Recursos Hidráulicos. CHINA
RELATOR GENERAL	Mr. L. BERGA Vicepresidente de ICOLD. Presidente del Comité Nacional Español de Grandes Presas. ESPAÑA
SECRETARIO	Mr. T. TAWIL Acres International Ltd. CANADÁ

Los temas propuestos para discusión en estas sesiones fueron los siguientes:

- TEMA 1: PRESAS Y DESARROLLO ECONÓMICO.
- TEMA 2: ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO.  
APLICACIONES ACTUALES Y TENDENCIAS.
- TEMA 3: EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS A LAS

PRESAS EN REGADÍOS, PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA, ABASTECIMIENTOS URBANOS E INDUSTRIALES Y LAMINACIÓN DE AVENIDAS. ENFOQUES INTEGRALES. TEMA 4: VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS EFECTOS SOCIALES Y MEDIOAMBIENTALES DE LAS PRESAS.

Se inició la sesión con una presentación del Presidente, a la que siguió la exposición del Relator General, que ya hemos descrito.

A continuación se presentaron las COMUNICACIONES SELECCIONADAS, que fueron las que se relejan en Tabla 6.

En la presentación de estas Comunicaciones Seleccionadas se desarrollaron los aspectos ya descritos en este trabajo, ya sea en la Ponencia General o en el detalle de los Informes presentados por España. Además en estas sesiones la mayor parte de las Comunicaciones Seleccionadas coinciden con Informes presentados al Congreso, por lo que pueden consultarse para más detalle en los "Proceedings" del mismo (2).

TABLA 6. COMUNICACIONES SELECCIONADAS

Nº	AUTOR	R	PAÍS	TÍTULO
<b>TEMA 1. PRESAS Y DESARROLLO ECONÓMICO</b>				
1a	T. El Afi M. Echchorfi	R1	Marruecos	Economic assessment of Sidi Said Dam
1b	S.N. Soheili	R2	Irán	Benefits of construction of Karun IV. The highest double curvature arch dam in Iran
1c	J. Salvador T. Aryan A. Jafarzadeh N. Henriques J.M. Gonçalves	R6	Portugal	Cahora Bassa north bank power plant. Design review and economic evaluation
1d	A.R.M. Shalaby	R8	Egipto	High Aswan dam project economic evaluations and impacts
<b>TEMA 2. ANALISIS COSTE-BENEFICIO. APLICACIONES ACTUALES Y TENDENCIAS</b>				
2a	P. Droz A.M. Acs	R5	Suiza	Cost-benefits analysis of the rehabilitation of Krasnodar dam in Russia
2b	F. Lemperier		Francia	Current application of cost-benefit analysis to a new free flow spillway: The P.K. Weir (Piano Keys Weir)
2c	E. Cifras	R27	España	Applied methodology for economic evaluation of flood protection works. Poya Creek in Valencia (Spain) as a case study.
2d	S.T. Lavender C.R. Donnelly	R22	Canadá	Economic evaluation of a hydroelectric power development in the face of a hydrologic dilemma: A case study of the Owen Falls hydroelectric power station extension
2e	W. Shiyong H. Xinsheng	R7	China	Economic evaluation on Ertan hydroelectric project for initial operation period
<b>TEMA 3. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS A LAS PRESAS EN REGADÍOS, PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA, ABASTECIMIENTOS URBANOS E INDUSTRIALES Y LAMINACIÓN DE AVENIDAS. ENFOQUES INTEGRALES.</b>				
3a	J. Rayssiguier	R3	Francia	Optimisation des barrages existants
3b	J. Laasonen K. Nilsson		Finlandia	Economic evaluation of the spillway modifications in order to meet the requirements of the design flood
3c	W. Bogenrieder K. Fehrmann R. Wigand		Alemania	Economic assessment of pumped storage potential. Example: Pumped storage project Goldisthal
3d	C. Guillaud M. Trmblay	R17	Canadá	Optimization of the operation of hydro schemes: New operating rules for new economic rules
3e	B. Bengueddach A. Chadi		Argelia	Reaffectation des aménagements hydrauliques
<b>TEMA 4. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LOS EFECTOS SOCIALES Y MEDIOAMBIENTALES DE LAS PRESAS.</b>				
4a	T. Israelsen		Noruega	The renewal of reservoir dams in Vik, Norway 1998-2000
4b	B.J. Pamar		India	Economic valuation of hydraulic projects including dams
4c	T. Oomura M. Anyoji	R16	Japón	Effects and evaluations of the lake Biwa development project
4d	G. Mañueco F. Hijós	R26	España	Biscarrues reservoir land restoration plan

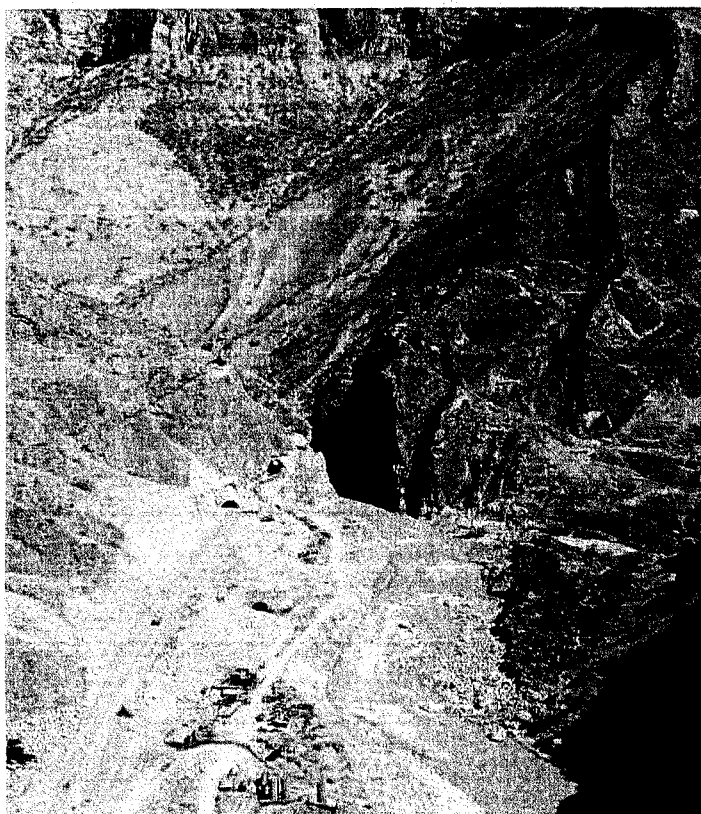


Fig. 3. Cerrada de la presa de Karun IV. Irán.

Del análisis de las Comunicaciones seleccionadas y de las intervenciones y discusiones de las sesiones, se puede sintetizar los siguientes puntos principales:

### PRESAS Y DESARROLLO

La construcción de presas y embalses se ha visto sometida durante las últimas décadas a fuertes presiones y críticas. Sin embargo muchos países, principalmente países en vía de desarrollo, continúan viendo la construcción de presas como un elemento esencial en la gestión de los recursos hídricos, para poder avanzar en su grado de desarrollo y en su lucha contra la pobreza.

Teniendo en cuenta principalmente las presas con altura superior a los 30 m, durante los años 1998-2001, se han construido en el mundo un total de 795 grandes presas, lo que representa que se ponen en explotación unas 200 grandes presas por año. Estas presas recientes han supuesto 210.5 Km<sup>3</sup> nuevos de capacidad de embalse, 40.000 Mw. nuevos para la producción hidroeléctrica, el riego de más de 4.2 millones de nuevas hectáreas, y un nuevo stock adicional de 26 Km<sup>3</sup> para la laminación de avenidas. Con estas nuevas grandes presas la capacidad de embalse se ha incrementado en un 0.8% al año,

lo que supondría en los próximos 25 años un aumento en la capacidad de embalse de alrededor de un 22%, valor significativamente menor que el 30% que se cifra como mínimo necesario.

En la distribución por continentes de estas grandes presas destaca Asia, con más del 70% de las presas construidas en el mundo, seguido por Europa con el 13.5%, principalmente en Turquía y España. En Asia, el primer país en la construcción de presas es China, con el 63%, más de 350 grandes presas, seguido de India y Japón, ambos con alrededor del 12%.

También es importante destacar que después de una primera ola arrasadora de críticas contra las presas, la comunidad técnica, económica y política mundial y varias Organizaciones Internacionales están reanalizando el importante papel que en realidad las presas y embalses pueden tener en la gestión del agua y en el desarrollo sostenible de los recursos hídricos. Así por ejemplo, el Tercer Foro Mundial del Agua, celebrado en Kyoto en marzo del 2003, en las sesiones sobre Presas y Desarrollo Sostenible, se propuso una resolución para la Conferencia Ministerial, en la que entre otros puntos se decía que:

*"Las presas son un elemento importante en el desarrollo de los recursos hídricos. Existen 45.000 grandes presas en el mundo sirviendo a la humanidad, proporcionando agua para los usos domésticos, industriales y agrícolas, generando electricidad y laminando avenidas. Donde existan necesidades de agua, electricidad, alimentos y atenuación de inundaciones, todas las opciones deben ser consideradas. Entre ellas se incluyen la construcción de nuevas presas..."*

Concluyendo que:

*"Los proyectos (Presas), basados en profundos principios económicos, sociales y medioambientales, y que estén de acuerdo con las leyes, regulaciones y políticas nacionales, deben ser apoyados".*

### DISCUSIÓN DEL ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO

El método del análisis de sensibilidad (SA) robustece al CBA, pues permite seleccionar las variables más significativas en el comportamiento del proyecto, para que puedan ser estudiadas con mayor profundidad. Sin embargo el SA presenta una serie de inconvenientes, entre los que se pueden citar los siguientes:

1. Es un método determinista. No tiene en cuenta la probabilidad de las posibles variaciones de las variables en los costes y beneficios.

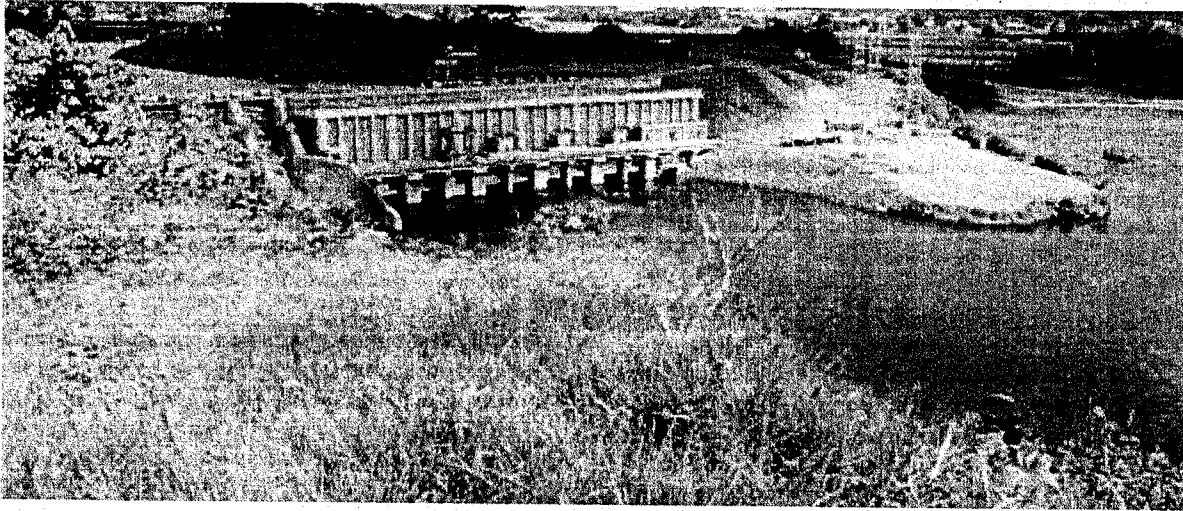


Fig.4. Central hidroeléctrica de Owen Falls. Lago Victoria.

2. No contempla las relaciones y posibles correlaciones entre las variables.
3. La práctica de aplicar porcentajes estándar de rangos de variaciones (Por ejemplo  $\pm 20\%$ ), no se corresponde con la posible realidad de estas variaciones, ni con su probabilidad.

Por ello ha surgido en la última década la metodología del Análisis de Riesgo Económico (ERA), que es una técnica para evaluar la probabilidad de los diversos indicadores del CBA, obteniéndose en general el valor esperado del Valor Actual Neto, y la probabilidad, o riesgo, de fallo económico del proyecto.

El ERA se basa en los siguientes pasos:

1. Evaluación de las distribuciones de probabilidad de las variables más significativas, que han sido seleccionadas en el análisis de sensibilidad.
2. Análisis y determinación de las correlaciones entre las diversas variables que producen costes y beneficios.
3. Simulación de las diversas posibilidades de comportamiento del proyecto, mediante técnicas de simulación numérica usualmente mediante el coste Monte-carlo.
4. Obtención de las funciones de probabilidad de los indicadores del CBA, normalmente el NPV. Determinación del esperado NPV, y evaluación del riesgo del proyecto.

El ERA no es una técnica simple, y requiere de un mayor conocimiento de las relaciones y evaluaciones de las variables económicas. Por ello no es de aplicación usual en la práctica de la evaluación económica de los proyec-

tos hidráulicos, aunque en algunos casos de grandes proyectos mejora su diseño económico. El R7 cita su aplicación en la evaluación de la segunda fase del proyecto de la presa de Ertan. También el R22 desarrolla la aplicación del ERA a la evaluación de la ampliación de la central hidroeléctrica (200 Mw) de Owen Falls. Owen Falls, en Jinja (Uganda), "teóricamente" fue considerado el mayor embalse del mundo con unos 205 Km<sup>3</sup> de capacidad, aunque hay que tener en cuenta que la mayor parte de esta capacidad es la natural del Lago Victoria, situado aguas abajo del nacimiento del río Nilo.

#### ALTERNATIVAS A LAS PRESAS

En la discusión de las alternativas a las presas es esencial tener en cuenta la gestión integrada de los recursos hídricos, adoptando visiones holísticas y planteamientos integrados. Todas las actuaciones y medidas deben analizarse en el marco del "puzzle" de la gestión del agua, en el que la conservación y restauración del medioambiente y de los ecosistemas ocupa una posición central, posición central que en los países subdesarrollados tiene también como elemento esencial la reducción de la pobreza. Alrededor de este punto central hay que ir encajando los elementos básicos de la gestión del agua: almacenamiento mediante presas y embalses, aguas subterráneas, desalación, obras hidráulicas, calidad del agua, uso eficiente, ahorro, reutilización, trasvases, etc., es decir, todas las medidas que puedan jugar un papel para resolver la problemática del agua. Así pues, hay que huir de los antagonismos entre las actuaciones estructurales y las medidas de gestión y conservación, superando la problemática de las posiciones preconcebidas, de las actuaciones demagógicas, de los planteamientos extremos: por un lado, la única resolución del problema es el ahorro y la productivi-

dad del agua, la eficacia de la gestión, la conservación, negando toda función a las presas y a las actuaciones estructurales, y por el otro lado el que la única manera de mitigar las sequías e inundaciones son las medidas estructurales (presas, trasvases, obras hidráulicas).

Con esta visión holística deben considerarse todas las alternativas viables, y la experiencia en los países desarrollados muestra el papel importante que juegan las presas en la gestión de los recursos hídricos.

### VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS EXTERNALIDADES

Uno de los problemas que tiene el Análisis Coste-Beneficio, CBA, es la dificultad de incorporar todos los efectos sociales y medioambientales, ya sean positivos o negativos, que se presentan en forma de externalidades. En muchos casos se ha asimilado esta incorporación de las externalidades a la valoración únicamente de las externalidades medioambientales. En realidad se trata de una simplificación, ya que es importante considerar también incluidas dentro de las externalidades los efectos sobre la salud y el bienestar, la calidad de vida, la reducción de pérdida de vidas debido a las inundaciones, y otros importantes efectos e impactos sociales.

Para la incorporación de las externalidades en el CBA, han de seguirse los tres pasos básicos del análisis: identificación, cuantificación y valoración de los efectos e impactos. Aunque la evaluación de las externalidades ocupa un importante lugar en la teoría económica del CBA, en la práctica presenta importantes limitaciones, que hacen que su aplicación a la evaluación económica de grandes presas sea muy limitada, y se haya sólo empezado a usar durante la última década en muy pocos análisis. Entre las importantes limitaciones de la valoración de las externalidades sociales y medioambientales cabe citar las siguientes (9):

- En las grandes presas existe un gran número de interrelación entre los efectos sociales y medioambientales, lo que hace incluso difícil su correcta identificación.
- Los métodos actuales tienden a simplificar el análisis teniendo en cuenta únicamente las externalidades medioambientales. Es necesario considerar también las importantes y esenciales externalidades sociales positivas y negativas.
- Dificultad de establecer y predecir las relaciones conceptuales y cuantitativas entre actuaciones y efectos físicos, químicos y biológicos producidos por los embalses.
- Dificultad de aplicar la metodología de la valoración de manera objetiva, teniéndose que basar en muchos casos en análisis y evaluaciones subjetivas.
- Dificultad de aplicación a los efectos más intangibles, y problemas de limitación del área afectada.

Por ello la actual evaluación de las externalidades sociales y medioambientales está sujeta a las siguientes críticas:

1. Imposibilidad de incorporar TODOS los efectos sociales y medioambientales.
2. Dificultad en identificar, pero principalmente cuantificar y valorar las externalidades.
3. Aplicación de las tasas de descuento a largo plazo a los impactos medioambientales.
4. Evaluaciones, en la mayor parte de los casos, de tipo cualitativo, y muy subjetivas, que hacen que el método sea muy polémico.

En el futuro esta metodología debería ser mejorada sustancialmente para su aplicación práctica, investigando y desarrollando técnicas aceptables y fiables para la evaluación de los ecosistemas, así como desarrollando métodos para la valoración de los efectos sociales en la salud y bienestar, y en el valor económico de la vida. ■

### REFERENCIAS

- 1. ICOLD. (1995). "Position paper on dams and environment". Icold.París
- 2. ICOLD.(2003). "Transactions XXI International Congress on Large Dams". Vol. 1.June 2003 Montreal. Icold. París.
- 3.BERGA, L.(2003). "Economic Evaluation of Hydraulic Projects, including Dams". General Report. Q.81. Transactions XXI International Congress on Large Dams". Vol. 1, pp 671-737.June 2003 Montreal. Icold. París.
- 4. ICID. (2000). "Role of dams for irrigation, drainage and flood control". Icid Position Paper.
- 5. ICOLD. TURFAN, M. Ed. (1999). "Workshop on Benefits of and concerns about dams". TRCOLD.Antalya, Turkey.
- 6. ICOLD. (2000). Q77. "Benefits and concerns about dams". 20 th International Congress on large dams. Beijing.
- 7. ICOLD. (2001). "Benefits and concerns about dams". Icold 69 th Annual Meeting. Dresden. Germany.DTK.
- 8. AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS. ASCE. (1988). "Evaluation procedures for hydrologic safety of dams". Asce. New York.
- 9. AYLWARD, B., BERKHOFF, J., GREEN, C., GUTMAN, P., LAGMAN, A., MANION, M., MARKANDYA, A., MCKENNEY, B., NAUDASCHERJANKOWSKI, K., OUD, B., PENMAN, A., PORTER, S., RAJAPAKSE, C., SOUTHGATE, D., UNSWORTH, R. (2001). "Financial, Economic and Distributional Analysis". Thematic Review III, prepared as an input to the World Commission on Dams. Cape Town.