

# MEJORA DE LA CAPACIDAD DE EMBALSE Y DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS ÓRGANOS DE DESAGÜE

**Jesús Granell Vicent**

*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*

*Director General de JESÚS GRANELL, Ingeniero Consultor, S.A., Madrid, España*

## TEMA 2

### PONENCIA GENERAL

#### 1.- INTRODUCCIÓN

La vida útil de cualquier obra pública es un concepto básico a tener en cuenta a la hora de planificar las inversiones y actuaciones de índole económica que, destinadas a la creación de cualquier infraestructura, persiguen el aprovechamiento de un determinado recurso natural. En el caso del desarrollo de infraestructuras hidráulicas, y en particular en el caso de las presas, este concepto toma especial relevancia, toda vez que este tipo de obras, por su naturaleza, entran a formar parte integrante del medio natural en el que se establecen, viéndose en consecuencia afectadas permanentemente por la acción del entorno —el río en este caso— como elemento natural vivo que jamás dejará de interactuar con ellas.

Así, la presa, y consecuentemente su embalse, se integran en el propio río, constituyendo un nuevo sistema o medio natural vivo que como tal, evolucionará ineludiblemente de acuerdo con el régimen hidrográfico e hidrológico que su cuenca receptora le proporciona.

Ello confiere a las presas una característica especial que las diferencia del resto de infraestructuras que el ser humano puede establecer en la Naturaleza. En efecto, en las presas no solamente deberemos planificar su mantenimiento en función de su desgaste por el uso, sino que además deberemos prever la evolución de este nuevo medio natural *río-embalse*, que va a incidir notablemente en sus características a lo largo de su vida.

En otras ocasiones sin embargo, será el ente beneficiario de la presa, ya sea la población abastecida de agua o de energía o bien la zona regable consolidada, quien demandará, —en función de su progresivo desarrollo, favorecido las más de las veces por la implantación de la propia presa— unos niveles más altos de suministro, cuya atención exigirá una revisión de los parámetros de dimensionamiento con los

que fue concebida la presa, originando su redimensionamiento.

Existe además otro aspecto a tener en consideración, que emana del carácter social de las presas. Éstas, lejos de afectar exclusivamente al medio natural, lo hacen también y de manera notable sobre el medio socioeconómico, en tanto en cuanto pueden afectar al entorno en el que se desarrolla el ser humano, su vida y sus bienes.

Aparece así en escena el concepto de seguridad de la presa. Este concepto exige la elaboración, por parte de la sociedad, de leyes, normativas y reglamentos que regulen su concepción, construcción y explotación, y cuya periódica revisión o actualización hace necesaria en muchos casos la *adecuación de las presas* a lo largo de sus décadas de vida.

Cabe señalar, por otra parte, que uno de los beneficios más importantes que las presas pueden aportar es aquel que se deriva de su efecto regulador y laminador del régimen hídrico de los cauces donde se implantan, máxime bajo condiciones extremas.

El concepto de presa como elemento de *defensa frente a las avenidas* —en muchas regiones del planeta de carácter devastador— exige, en muchos casos el diseño de órganos de desagüe especiales, generalmente de gran capacidad, que permiten al explotador de la presa manejar o alterar las avenidas, reduciendo sus efectos nocivos e incluso llegando a eliminarlos por completo, aguas abajo.

Estos tres factores: la permanente influencia del medio natural en la presa, la necesidad de adaptación de las presas a la situación socioeconómica y a los niveles de seguridad exigidos por la sociedad en cada momento y finalmente la mejora de su funcionalidad buscando obtener un mayor rendimiento y beneficio en su explotación, constituyen los tres motivos de tipo hidrológico e hidráulico por los cuales una presa puede requerir una o sucesivas ac-

tualizaciones, reformas o adecuaciones en el tiempo, a lo largo de su vida útil.

La presente ponencia trata de analizar ordenadamente todas las actuaciones a realizar en las presas en el campo de la ingeniería hidráulica, dirigidas a mantener un nivel de servicio óptimo en las mismas a lo largo de su vida, con el fin de dar respuesta, en todo momento, a la demanda de la sociedad en beneficio de la cual fueron creadas.

## **2.- NECESIDAD DE MEJORAR LA FUNCIONALIDAD DE LOS EMBALSES**

A lo largo de la vida de un embalse, y por las razones que antes se han señalado, su capacidad no se mantiene constante.

Éste, de alguna manera supone una “trampa de áridos” que, interpuesta en el cauce del río, provoca la decantación de los elementos sólidos que conjuntamente con el medio hídrico constituyen la aportación de la cuenca receptora al embalse en cuestión.

De esta forma, dependiendo de las características geomorfológicas de la cuenca receptora, la capacidad de un determinado embalse irá disminuyendo progresivamente desde el momento de su construcción.

### **2.1.- Aterramiento de embalses**

El aterramiento es, en consecuencia, un fenómeno natural al que va a estar sometido el embalse inexorablemente. Frente a este fenómeno se puede actuar a cuatro niveles diferentes:

#### **A. *Durante la fase de proyecto de la presa***

1. Asumiendo el hecho del aterramiento, evaluándolo y reservando una parte de la capacidad total del embalse que se destinará a ir almacenando los aportes sólidos del río.
2. Diseñando obras de corrección hidrológica en la cuenca receptora y de contención de aportes sólidos al embalse, con el fin de evitar que éstos lleguen hasta él, o al menos conseguir que lo hagan en menor cuantía.
3. Dotando a la presa de elementos de desagüe profundo apropiados que faciliten la labor periódica de limpieza de los fondos del embalse.

#### **B. *Durante la fase de explotación del embalse***

4. Actuando periódicamente en los desagües profundos, limpiando y evacuando los sedimentos del fondo del embalse.
5. Estableciendo una Normas de Explotación adecuadas que no solamente recojan

las operaciones señaladas en el punto anterior sino también en situaciones extraordinarias bajo el paso de crecidas por el embalse, durante las cuales se genera la mayor parte de los aportes sólidos al mismo.

#### **C. *Con actuaciones de rehabilitación y mejora en el embalse***

6. Aplicando sistemas especiales de retirada de fangos, tales como dragado y extracción de lodos y sedimentos del embalse.
7. Construyendo obras de corrección hidrológica en la cuenca receptora, o complementando las ya existentes, para contención de aportes sólidos al embalse, con el fin de evitar que éstos lleguen hasta él, o al menos en menor cuantía.
8. Procediendo a la estabilización del suelo mediante repoblación y regeneración de las laderas del embalse y de modo más general en su cuenca receptora.
9. Recreciendo la presa, recuperando así la capacidad del embalse, que había quedado mermada por su aterramiento.

#### **D. *Con actuaciones de mejora de la funcionalidad de los órganos de desagüe de la presa***

10. Rehabilitando los órganos de desagüe que han quedado fuera de servicio por el aterramiento del embalse, y mejorando su funcionalidad con el fin de poder combatirlo más eficazmente.
11. Dotando a la presa de nuevos órganos de desagüe profundos, adecuados para defender al embalse contra el aterramiento.

Existen sin embargo, aparte de la pérdida de capacidad del embalse por efecto del aterramiento, otros motivos por los que en un momento dado se debe proceder a la rehabilitación de una presa o de sus órganos de desagüe.

Tales motivos se concretan, tal y como exponíamos en la introducción, en la necesidad de adaptación de la presa a lo largo de su vida, a unas nuevas necesidades a cubrir, que bien de tipo hídrico, bien energético o incluso medioambiental, le son demandadas por la sociedad a la que sirve.

Finalmente, la actualización de los estudios hidrológicos —con aplicación de tecnologías cada vez más avanzadas y fidedignas— y la fijación de unos niveles de seguridad hidrológica más y más exigentes, conducen a una inevitable revisión y actualización de los órganos de evacuación y desagüe de las presas.

## **2.2.- Mejora de la funcionalidad de la presa y de sus órganos de evacuación y desagüe**

La adaptación de la presa a unas nuevas necesidades se concretará en actuaciones de rehabilitación y mejora en los siguientes términos:

- A. *Aumento de la capacidad del embalse, en función del aumento de la demanda*
  1. Recreando la presa.
- B. *Aumento de los caudales de diseño de los órganos de evacuación y desagüe*
  2. Adecuando y remodelando el aliviadero de superficie.
  3. Adecuando la presa para soportar el vertido sobre coronación.
  4. Rehabilitando y mejorando la funcionalidad de los desagües profundos.
  5. Incrementando el poder de laminación del embalse en avenidas, mediante la redefinición de los niveles característicos y resguardos del embalse así como con la remodelación de los órganos de evacuación y desagüe.

## **2.3.- Adaptación y mejora del medio ambiente**

En virtud de la incidencia que sobre el medio ambiente ejercen los embalses, no debemos olvidar entre los motivos de adaptación y actualización de los mismos los aspectos de mejora y conservación del entorno, durante su explotación.

Las operaciones a llevar a cabo en las presas, con los fines hasta aquí enunciados, se concretan por lo tanto, alrededor de tres líneas o campos de actuación de la Ingeniería Hidráulica. Son éstos:

- La recuperación y la mejora de la capacidad de los embalses.
- La mejora de la funcionalidad de los órganos de evacuación y desagüe de las presas.
- La rehabilitación medioambiental de embalses.

## **3.- RECUPERACIÓN Y MEJORA DE LA CAPACIDAD DE LOS EMBALSES**

### **3.1.- Sistemas de determinación y simulación del fenómeno de la sedimentación**

Los nuevos y cada vez más amplios avances de la tecnología en el campo del cálculo numérico, aplicados a la hidráulica bidimensional y tridimensional permiten vislumbrar un futuro claro y prometedor en la determinación a priori del fenómeno de la sedimentación en un embalse, así como en la definición de las estrategias adecuadas de operación de

los desagües profundos para su control posterior durante la explotación del embalse.

De entre los modelos de simulación que se vienen aplicando cada vez con mayor profusión, cabe destacar el presentado por Satoshi Yamaoka (Japón) en su comunicación "*Development and application of sediment simulation system*". El modelo aludido fue aplicado en un embalse en Java occidental, Indonesia.

### **3.2.- Sistemas de extracción de sedimentos**

#### **3.2.1.- Extracción de sedimentos mediante la operación de los desagües profundos**

Los desagües de fondo representan la principal herramienta que el explotador de un embalse posee para luchar contra el aterramiento de un embalse.

Su diseño debe, por lo tanto, ser acorde con esta importantísima función y en cualquier caso su operación debe estar regulada en las correspondientes Normas de Explotación.

Las Normas de Explotación deberán fijar las maniobras a realizar con los desagües profundos, tanto en situación normal como en situación extraordinaria de avenidas para combatir eficazmente el fenómeno del aterramiento.

Es destacable, en este sentido, el trabajo recogido en la comunicación de Esmail Tolouie (Irán) "*Rehabilitation of Sefidrud reservoir*", en el cual se relatan las operaciones de limpieza de sedimentos llevadas a cabo en el embalse de Sefidrud, en Irán, mediante este tipo de actuaciones.

#### **3.2.2.- Dragado y bombeo de sedimentos**

El empleo de dragas en los embalses es, con una tecnología similar a las técnicas empleadas en obras portuarias, uno de los métodos más comúnmente utilizados en la extracción de lodos del fondo de un embalse.

Otro de los procedimientos a emplear consiste en la utilización de pontonas flotantes para el emplazamiento de bombas de succión sumergidas de gran caudal. Normalmente, esta técnica requiere la inyección de aire y agua combinada alternativamente con la succión y bombeo de los fangos en estado de suspensión.

Todas estas técnicas requieren además, de la realización de estudios medioambientales complementarios destinados a la elección y tratamiento posterior de la zona de deposición de los sedimentos extraídos del embalse.

Es digno de ser destacado el trabajo aportado a este Congreso por H. M. Osman, M. K. Osman y A. S. Karmy (Egipto) "*Siltting-up of high Aswan dam. Design, investigation and removal of deposits*"

Asimismo, merece especial mención la comunicación presentada por Rafael Romeo, Honorio Morlans y Jorge García (España) "*Dispositivo de dragado y contención de lodos para acceso subacuático a la embocadura de conducciones en presas aterradas de paramento vertical*" en relación con la aplicación de un método especial de desatarquinamiento en la presa de Moneva, en Zaragoza.

Finalmente, destacamos el trabajo presentado por A. Maurandi y G. Sánchez (España) "*Eliminación de sedimentos en el embalse de Alfonso XIII*" referente a la extracción de fangos consolidados en el embalse de Alfonso XIII, mediante su fluidificación previa con aire y agua y posterior bombeo desde una pontona o barcaza flotante.

### **3.2.3.- Extracción de sedimentos mediante excavación y carga**

En ocasiones, la recuperación de un embalse no se puede llevar a cabo mediante la extracción de los sedimentos, por razones de tipo económico o medioambiental. En estos casos, hay que acudir al recrecimiento de la presa, y en aquéllos en los que éste haya que hacerlo por aguas arriba o cuando se trate de construir una nueva presa aguas arriba de la primitiva, se hará necesario extraer parte de los sedimentos, a cielo abierto, con medios normales de excavación, carga y transporte.

Tal es el caso de la Nueva Presa de Puentes. La regeneración del embalse exigió la construcción de una nueva presa justamente aguas arriba de la existente, al no ser posible la retirada de los 13 Hm<sup>3</sup> de fangos que habían colmatado su embalse.

La retirada de 1 Hm<sup>3</sup> de fangos en parte consolidados y en parte fluidos se llevó a cabo mediante su excavación a cielo abierto como si de una explotación minera se tratase, accediendo al tajo con maquinaria pesada gracias al extendido previo de una capa progresiva de material granular drenante.

Los fangos se depositaron extendidos en una vaguada o barranco lateral que se encontraba en mal estado ambiental, con lo que se consiguió complementariamente su recuperación ambiental.

## **3.3.- Sistemas de defensa contra el aterramiento**

### **3.3.1.- Obras de corrección hidrológica en la cuenca**

Una solución muy empleada en la defensa contra el aterramiento consiste en la construcción de pequeñas presas o azudes permeables en los cauces o barrancos laterales que afluyen al embalse.

Mediante esta disposición, los sedimentos son retenidos fuera del embalse, antes de llegar a él, de manera que además, su limpieza y extracción se puede hacer en seco y más fácilmente.

### **3.3.2.- Obras de estabilización del suelo y recuperación ambiental de márgenes en los embalses**

Otro procedimiento de combatir el aterramiento consiste en reducir la aportación de sedimentos generada en la cuenca aportante, procediendo a la estabilización de la capa vegetal del suelo mediante su repoblación.

Tal es el caso que se presenta en la comunicación de F. González, A. Colino, F. Ledesma y N. García (España) "*Recuperación de la cubierta vegetal en las márgenes del embalse de Santa Teresa*". En ella se expone cómo se ha previsto llevar a cabo la recuperación de la cubierta vegetal de las laderas del embalse de Santa Teresa, situado sobre el río Tormes, en Salamanca, con el fin minimizar la erosión del terreno y consecuentemente la aportación de sedimentos al embalse.

### **3.4.- Modificación del aprovechamiento sin extraer los sedimentos**

Puede darse el caso de ser posible la recuperación de un determinado aprovechamiento hidroeléctrico, sin proceder a la retirada de los sedimentos del embalse, ni siquiera al recrecimiento de la presa o a la construcción de una nueva.

Así, en el caso del proyecto hidroeléctrico de Ambuklao (Filipinas), presentado por J.P. Huraut, O. Cazaillet, X. Ducos y R.V. Samorio (Francia) "*Ambuklao Hydroelectric scheme. Sedimentation of reservoir and rehabilitation program*" se adoptó la solución de modificar la toma de la central hidroeléctrica, construyendo una nueva por encima del nivel de los sedimentos. La central fue transformada en una de caudal fluyente, es decir, sin el efecto regulador de caudales del embalse.

### **3.5.- Recrecimiento de las presas**

Las diferentes tipologías que pueden adoptarse para el recrecimiento de una presa han sido expuestas en dos comunicaciones de tipo general sobre el tema.

La primera que cabe señalar es la correspondiente a Manuel Alonso Franco (España) "*Recrecimiento de presas*" en la que presenta de manera magistral una referencia sobre las presas recrecidas en España, para a continuación exponer los diferentes métodos o tipologías que se pueden emplear en esta función. Finalmente hace referencia explícita al recrecimiento de la presa de Guadalcaçín, sobre el río Majaceite en Cádiz.

La otra comunicación presentada corresponde a R.A.N. Hughes y C.W. Scott (Reino Unido) "*Dam heightening. The U.K. perspective*", referente al estado del arte en el Reino Unido, tanto en presas de materiales sueltos como en el caso de presas de fábrica.

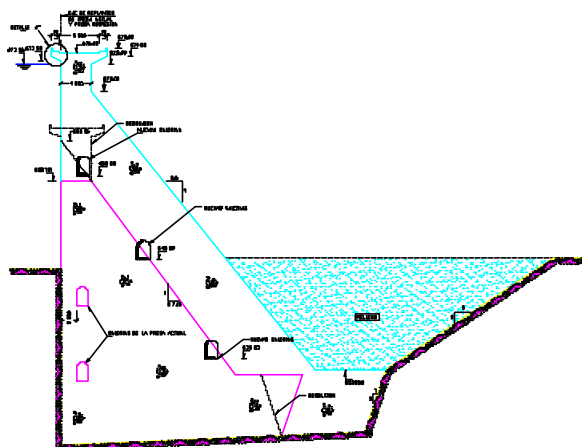
### 3.5.1.- Recrecimiento por aguas abajo

Esta tipología de recrecimiento ofrece la ventaja de poder evitar el vaciado total del embalse para su ejecución.

En las presas de fábrica, conviene resaltar, por su importancia, la necesidad de compatibilizar las dos partes de la nueva presa recrecida, es decir, el cuerpo de presa antiguo y el hormigón nuevo colocado sobre el paramento de aguas abajo. Esto se logrará mediante dos operaciones:

- Anclaje de ambos hormigones, para absorber los esfuerzos cortantes que se generarán en la superficie de unión.
- Drenaje eficaz de la superficie de unión, que evite la acumulación de la carga del embalse sobre la cara de aguas arriba del nuevo hormigón.

En el siguiente esquema se pueden apreciar estas dos operaciones a considerar.



SECCION TIPO ZONA CENTRAL

En cualquier caso es de primordial importancia la definición previa del nivel inicial de carga de la presa en el momento de la anección del nuevo hormigón, ya que él impondrá la distribución tensional posterior a plena carga.

Se presentan dos comunicaciones sobre esta tipología de recrecimiento. La primera corresponde a S.Y. Shukla, D.R. Kandi y V.M. Deshpande (India) “*Dam heightening. Barvi dam in Maharashtra state*” y se refiere al recrecimiento de una presa de gravedad de mampostería; la segunda corresponde a H.J. Buhac, Fellow, ASCE y P.J. Amaya (Estados Unidos) “*Raising of Cardinal fly ash retention dam*”, referente al recrecimiento de una presa de materiales sueltos de contención de residuos procedentes de la combustión del carbón en centrales térmicas. El recrecimiento de la presa se logra mediante el empleo de hormigón compactado sobre la coronación y la colocación de un manto de relleno

de materiales sueltos sobre el talud de aguas abajo de la presa primitiva.

### 3.5.2.- Recrecimiento por aguas arriba

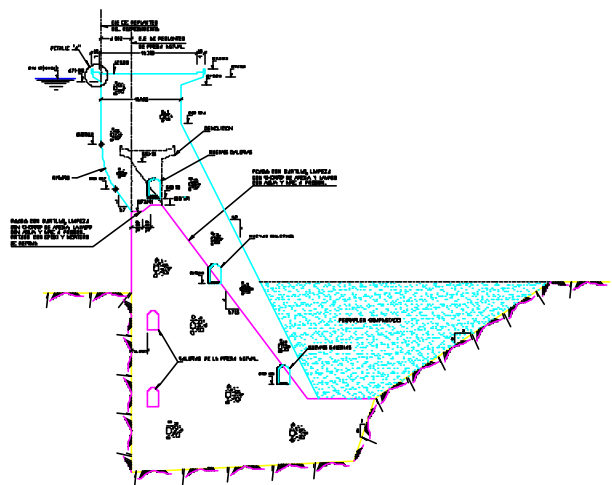
En esta tipología de recrecimiento, la nueva estructura se apoya directamente sobre la presa primitiva. También aquí, para las presas de fábrica, se hace importante controlar, inyectar, anclar y drenar la superficie de contacto de las dos partes de la estructura, con el fin de facilitar la transmisión del esfuerzo cortante entre ellas.

Se han recibido dos comunicaciones al respecto. Una de ellas corresponde a A. Álvarez, M. Cabrera y F.J. Flores (España) “*Recrecimiento de la presa de El Vado*”, donde se contempla la idea de recrecer por aguas arriba una presa de gravedad con planta recta mediante la construcción de una sección complementaria, también de gravedad pero arqueada ésta y apoyada sobre la primitiva. La otra presentada por F. Del Campo, M. G. Mañueco y H. J. Morlans (España) “*Recrecimiento de la presa de Santolea*”, relata el recrecimiento por aguas arriba de una presa de gravedad de hormigón ciclópeo y paramentos de mampostería.

### 3.5.3.- Recrecimiento de la coronación

El recrecimiento de la coronación es una solución muy atractiva desde el momento que permite la ejecución de la obra sin necesidad de bajar el embalse, y sin necesidad de tocar el cimiento de la presa. Sin embargo, es apta sólo en el caso de recrecimientos de altura limitada.

En el esquema adjunto se puede apreciar una disposición típica de este tipo de recrecimiento. En el caso de que éste llegue a afectar a una parte significativa del cuerpo de presa y su paramento de aguas abajo, será también necesario tener en cuenta el estado inicial de carga de la presa en el momento de proceder al recrecimiento.



SECCION TIPO ZONA CENTRAL

Mencionaremos la comunicación presentada por J. G. Muñoz, J. M. Ruiz y A. Granados (España) “*Recrecimiento de la presa de Camarillas*”, referida al recrecimiento de la coronación de una presa de gravedad y planta recta. La altura de recrecimiento es de 6 metros.

También se ha presentado el caso de un recrecimiento en coronación de una presa de materiales sueltos. Corresponde a la comunicación de A. Capote, F. Sáenz de Ormijana y E. Martínez (España) “*Modificación del aliviadero y recrecimiento de la presa de Los Molinos*”.

#### **4.- MEJORA DE LA FUNCIONALIDAD DE LOS ÓRGANOS DE EVACUACIÓN Y DE DESAGÜE DE LAS PRESAS**

##### **4.1.- Rehabilitación y mejora de la capacidad de aliviaderos de superficie**

La necesidad en algunas presas de tener que soportar avenidas de diseño superiores a aquéllas para las que fueron concebidas, por los diversos motivos ya comentados en esta ponencia y expuestos con gran claridad en la Conferencia de Chris J. Veesaert del U. S. Bureau of Reclamation, (Denver, Colorado) abriendo la Cuestión Nº 2 del presente Congreso, se puede abordar, en principio de dos diferentes maneras:

- Aumentando la capacidad del aliviadero y/o de los órganos de desagüe.
- Aumentando la capacidad de laminación del embalse.

Posteriormente se van a comentar casos concretos de las diferentes metodologías a aplicar para este fin, pero de modo genérico, merece la pena destacar de entrada tres comunicaciones.

La primera, presentada por T. H. Zedan, H. M. Osman y M. K. Osman (Egipto) “*Improving flood control capacity of High Aswan Dam and elevation of flooding*” analiza el caso de la presa de Aswan sobre el río Nilo, equipada con dos aliviaderos de superficie y describe la construcción de un tercer aliviadero con objeto de incrementar el control de avenidas en el tramo inferior del río Nilo.

La segunda, presentada por H. J. Morlans, F. Del Campo, M. G. Mañueco y J. L. Blanco (España) “*Evolución y desarrollo del aliviadero de la presa de Santolea*”, narra las cuatro modificaciones que ha sufrido el aliviadero de la presa de Santolea, situada sobre el río Guadalope, Teruel.

La tercera hace referencia a criterios de modificación de cuencos amortiguadores de resalto hidráulico, con vistas a aumentar su caudal de funcionamiento. Está redactada por J. F. Fernández-Bono, F. J. Vallés y A. Canales (España) “*Criterios metodo-*

*lógicos para la adaptación del diseño de cuencos de disipación de energía a pie de presa mediante resalto hidráulico, a caudales de avenida superiores a los de diseño*”.

##### **4.1.1.- Recrecimiento de la presa o del aliviadero**

El recrecimiento de la presa, persiguiendo aumentar la lámina vertiente en los aliviaderos, es una de las posibles alternativas para incrementar su capacidad.

Un ejemplo de este tipo de actuaciones se presenta en dos comunicaciones de A. Capote, F. Sáenz de Ormijana y E. Martínez (España) “*Modificación del aliviadero de la presa de Los Molinos*” y de F. Aranda y J. L. Sánchez (España) “*Rehabilitación por condiciones de seguridad en la presa de Los Molinos*”. Las obras comprenden el recrecimiento de la presa y la remodelación del canal de descarga del aliviadero.

##### **4.1.2.- Colocación de compuertas**

La instalación de compuertas en los aliviaderos es otro de los procedimientos para conseguir el aumento de la capacidad de los embalses. Ello, puede ir o no acompañado del recrecimiento de la presa, dependiendo del resguardo disponible que haya en cada caso. Dos casos de instalación de compuertas hinchables sobre el umbral del vertedero y otro de compuertas automáticas ilustran esta alternativa.

A. C. O. Ramos y A. F. Díaz (Méjico), en su comunicación “*Instalación de rubber dam en vertederos de la presa Fco. I. Madero, Chihuahua*” recogen la descripción de una presa de contrafuertes dotada de dos aliviaderos de labio fijo, uno sobre la presa y otro lateral con vertedero de planta circular. Para recuperar la capacidad del embalse, parcialmente aterrado, hubo de sobreelevarse su nivel máximo normal mediante la colocación de compuertas hinchables de caucho de 3 metros de diámetro.

O. Moreno y G. Noguera (Chile) han enviado su comunicación “*Aumento de la capacidad del embalse de Cogotí*”. La recuperación de la capacidad del embalse se logra, en este caso, gracias a la instalación de compuertas hinchables sobre el umbral del vertedero, de planta mixtilínea.

P. D. Townshend (Sudáfrica), describe en su comunicación “*Automatic, self actuating equipment to improve dam storage*”, dos tipos de compuerta automática empleados con éxito en dos presas en Sudáfrica y una tercera en Namibia.

##### **4.1.3.- Vertederos en laberinto**

El vertedero en laberinto se viene usando cada vez con mayor asiduidad para resolver el problema de dotar de una mayor capacidad a un aliviadero ya existente, sin sacrificar para ello la capacidad del embalse ni recrecer la presa.



En definitiva, lo que este tipo de estructura hidráulica aporta es la posibilidad de controlar y evacuar un determinado caudal con una altura de lámina mucho menor que en el caso de un vertedero recto convencional. El vertedero en laberinto permite multiplicar por cuatro o más la longitud efectiva del vertedero, si bien su efectividad se ciñe a un determinado rango de alturas de lámina vertiente.

Ya se comprende que para el caso que nos ocupa, es decir, frente a la problemática de aumentar la capacidad de un determinado aliviadero de manera notable, y sin recurrir a ensanchamientos de su sección de control, será casi siempre una alternativa atractiva para el proyectista.

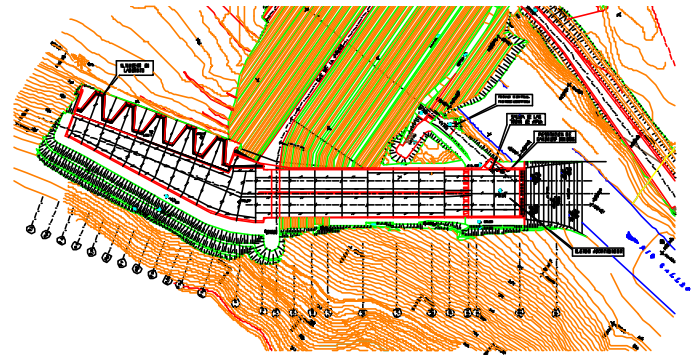
El dimensionamiento de aliviaderos en laberinto, basado en ábacos deducidos experimentalmente a través de ensayos en modelo hidráulico reducido, tales como los elaborados por Pinto Magalhaes (L.N.E.C. Lisboa) se han venido utilizando en casos recientes con excelentes resultados.

Tal es el caso, por ejemplo de la Obra de Regulación Provisional de la Nueva Presa de Puentes. El diseño realizado ( $l/w = 3,2$ ;  $Q = 879,7 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $h/p = 0,5$ ;  $p = 3,0 \text{ m}$ ; 9 módulos de 32 m de longitud desarrollada, cada uno) funcionó de forma totalmente satisfactoria, con un caudal cercano a  $500 \text{ m}^3/\text{s}$ , como se muestra en la fotografía adjunta:



Como diseño especialmente innovador, se quiere mostrar aquí el aliviadero diseñado y ensayado para

la Presa de Biscarrués, sobre el río Gállego. La idea consiste en la combinación de dos tipologías de aliviadero: la de alimentación lateral y la de laberinto.

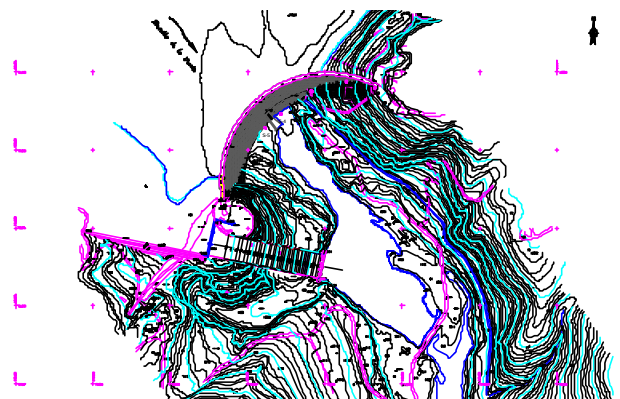


El vertedero en laberinto ( $l/w = 2$ ;  $Q = 6.739 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $h/p = 0,60$ ;  $p = 7,5 \text{ m}$ ; 5 módulos de 75 m de longitud desarrollada, cada uno) sirve de primera sección de control del aliviadero de alimentación lateral.

Esta estructura, aún no construida en caso alguno en el mundo, fue ensayada en modelo reducido en el Laboratorio de Hidráulica del C.E.D.E.X. según se muestra en la fotografía, con excelentes resultados.



Un caso recentísimo es el del aliviadero de la presa de María Cristina, sobre la Rambla de La Viuda, en Castellón. La presa, del tipo arco-gravedad, fue construida a principios del pasado siglo XX y posee un aliviadero en canal por la margen derecha capaz de evacuar un caudal máximo de  $600 \text{ m}^3/\text{s}$ .

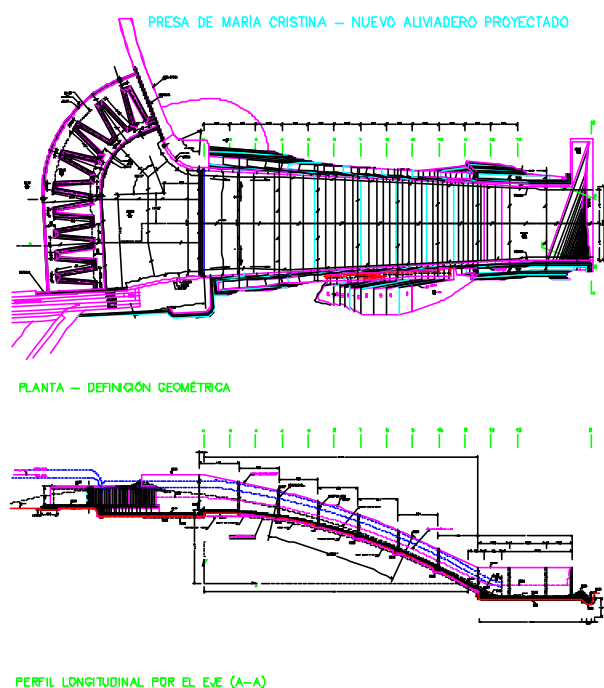


SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRESA DE MARÍA CRISTINA

El pasado año 2000 durante el mes de octubre, la presa hubo de soportar el paso de una crecida que la rebasó sobre coronación. Si bien la presa no sufrió daños por efecto del over-topping, los informes de seguridad y los recientes estudios hidrológicos desarrollados han puesto de manifiesto una notoria insuficiencia en la capacidad de dicho aliviadero, ya que la avenida de diseño actualizada presenta una punta de  $3.154 \text{ m}^3/\text{s}$  (periodo de retorno de 1.000 años), como se ve, más de cinco veces la capacidad actual de evacuación.

Como dificultad añadida, existe una gran falla paralela al actual aliviadero, cercana a su cajero derecho, que imposibilita cualquier solución de ensanchamiento de éste.

La solución elegida, actualmente en fase de proyecto constructivo y de ensayo hidráulico en modelo reducido, se muestra en el gráfico adjunto, donde se puede ver la estructura de control en laberinto, que descargará sobre una amplia cubeta amortiguadora la cual, a su vez, alimentará al canal de descarga a través de una segunda sección de control.



Con esta solución se podrá evacuar la nueva avenida de diseño ( $T = 1.000$  años), manteniendo los actuales niveles de explotación en el embalse, así como los resguardos. Con esta remodelación, el aliviadero de la presa de María Cristina será capaz de evacuar un caudal máximo de  $3.941 \text{ m}^3/\text{s}$  agotando el resguardo de la presa en coronación. Este caudal equivale al de punta de la avenida con periodo de retorno de 10.000 años, considerada como avenida extrema.

#### 4.1.4.- Construcción de aliviaderos nuevos o complementarios

En ciertos casos no será posible la adecuación del aliviadero existente, ya sea por la magnitud de la necesaria ampliación, o por el grado de deterioro del aliviadero existente.

Se han recibido dos comunicaciones a este respecto. Una de ellas procedente de Z. Prusza, P. Perrazo y G. Maradey (Venezuela) y titulada “Rehabilitación de la presa El Guapo” nos muestra los trabajos de reconstrucción del aliviadero con nuevo diseño, debido a la rotura del existente por socavación del cimiento al haberse sobrepasado ampliamente su caudal de máximo de funcionamiento.

A. F. Belmonte y J. M. Hontoria (España) han preparado la comunicación denominada “Ampliación de aliviaderos y mejora de la capacidad de desagüe en las presas de El Rumblar (Jaén) y Guadiloba (Cáceres)”. En ella se describen las obras de construcción de sendos aliviaderos nuevos; en la presa de El Rumblar sustituyendo al antiguo, y en la presa de Guadiloba complementándolo.

#### 4.2.- Adecuación de las presas para soportar el vertido sobre coronación

En aquellas ocasiones en que no se encuentren soluciones técnica o económicamente factibles para que una determinada presa pueda soportar avenidas mayores que las previstas en su diseño inicial, se viene desarrollando en el mundo de la ingeniería hidráulica —si bien por el momento con aplicación a casos de reducida altura de presa— la adecuación del paramento de aguas abajo de la misma para admitir el vertido sobre coronación, con alturas de lámina limitadas.

##### 4.2.1.- Presas de fábrica

En las presas de fábrica, la adecuación debe resultar, en principio más sencilla. Dependiendo del estado del paramento de aguas abajo, puede ser necesario su refuerzo o tratamiento más o menos superficial, pero en cualquier caso lo más necesario será la protección del pie de la presa a todo lo largo de ella.

También habrá que prever ciertas modificaciones en la coronación al objeto de evitar los efectos nocivos que pueden producir los voladizos, barandillas y otras estructuras que la presa posea a ese nivel, frente al paso del agua vertiente.

##### 4.2.2.- Presas de materiales sueltos

En las presas de materiales sueltos, la experiencia existente en el mundo en este campo se limita, por el momento, como decimos, a alturas de presa y de lámina vertiente limitadas.



Para la adecuación del talud de aguas abajo, con vistas a soportar el over-topping, se puede actuar de acuerdo con las siguientes alternativas:

- A) Vegetación del talud
- B) Revestimiento con escollera
- C) Revestimiento con escollera armada
- D) Revestimiento con gaviones
- E) Revestimiento con losas de hormigón armado
- F) Revestimiento con bloques de hormigón trabados con cables
- G) Revestimiento con bloques en forma de cuña
- H) Revestimiento de HCR

En todas estas alternativas se debe garantizar siempre la sujeción del revestimiento así como su correcto y eficaz drenaje bajo él, de manera que el agua no pueda circular entre el espaldón y el revestimiento, con el fin de evitar arrastres de material de dicho espaldón.

En cualquier caso, será conveniente limitar la anchura vertiente, para no afectar a toda la cimentación de la presa en su pie de aguas abajo y evitar además corrientes de agua a favor de la pendiente de las laderas.

Otro aspecto importante a tener en consideración es la preparación de la geometría de la coronación, para favorecer el vertido sin efectos perniciosos sobre ella.

Todas estas alternativas se han aplicado en determinadas presas, siendo, tal vez, en este momento las más aceptadas o las que se muestran con más futuro las correspondientes a los apartados **G** y **H**.

Se han recogido 5 comunicaciones sobre el tema, todas ellas de gran interés. Son éstas:

*“Spillways over earth dams lined with wedge-shaped pre-cast concrete blocks. Design criteria, construction aspects and cost estimate”*, A. N. Pinheiro, C. M. Custódio y A. T. Relvas (Portugal).

*“Efficient surface protection by macro-roughness linings for overtopped embankment dams”*, S. André, J. L. Boillat y A. J. Schleiss (Suiza).

*“Improvement of embankment dam safety against overflow by downstream face concrete macro-roughness linings”*, P. A. Manso y A. J. Schleiss (Suiza).

*“Adecuación de presas de materiales sueltos para soportar vertidos sobre coronación”*, M. A. Toledo (España).

*“Roller compacted concrete and stepped spillways. From new dams to dam rehabilitation”*, J. Matos (Portugal).

Todas ellas muestran las actuales tendencias en la ingeniería, que apuntan hacia soluciones de protección de los paramentos de aguas abajo de presas de materiales sueltos mediante bloques prefabricados trabados o mediante el empleo del hormigón compactado con rodillo.

#### **4.3.- Rehabilitación y mejora de la funcionalidad de desagües profundos**

Una de las consecuencias más frecuentes y graves del aterramiento de embalses es la pérdida de operatividad de los desagües profundos de las presas. Es bastante frecuente, por desgracia, encontrarse con presas que al cabo de unas pocas décadas de vida han perdido los desagües de fondo, incluso algunas, hasta las tomas de agua.

Los desagües de fondo son, sin duda, el elemento más necesario en una presa ya que es el único que permite el control de los niveles de carga en la misma, y en consecuencia, ante una emergencia, es el único órgano de que se dispone para proceder al descenso del nivel del embalse o incluso a su vaciado rápido. Es importante, por consiguiente, recordar la necesidad de tener en cuenta el fenómeno del aterramiento a la hora de dimensionar los desagües profundos de una presa, de la misma manera que lo es su mantenimiento mediante maniobras periódicas y la conservación de sus elementos hidromecánicos de control.

Hay que recordar pues, que unos desagües profundos correctamente dimensionados, bien mantenidos e inteligentemente manejados son la mejor arma de que se dispone para combatir eficazmente, desde la propia presa, el fenómeno del aterramiento del embalse.

##### **4.3.1.- Desobturación de desagües profundos**

Se han presentado dos comunicaciones relativas a las labores de recuperación de desagües de fondo aterrados.

La primera de A. Puértolas (España), titulada *“Rehabilitación total de los desagües de fondo y obras accesorias de la presa de Barasona”*. En ella se describen ampliamente los trabajos de rehabilitación de los desagües de fondo, del aliviadero y de los paramentos y juntas de la presa de Barasona, situada sobre el río Ésera, en Huesca.

La segunda, procedente de M. Alonso Franco y M. A. Lobato (España) *“Reparación de los desagües de fondo de la presa de Sau”*, narra con detalle los trabajos de rehabilitación de los desagües de fondo de la presa de Sau, situada sobre el río Ter en Barcelona. Los trabajos, subacuáticos, se llevaron a cabo bajo una carga de agua de 50 metros, con submarinistas especializados.

### 4.3.2.- Sustitución de compuertas

En ocasiones, puede ser necesaria la sustitución de los elementos de control de los desagües profundos. Su deterioro, la mayoría de las veces provocado por el envejecimiento y la falta de mantenimiento, puede verse, en ocasiones, acelerado y agravado por la acción de las aguas agresivas de determinados embalses.

Se han recibido tres comunicaciones al respecto.

*“Rehabilitación funcional de la presa de El Vicario”*, M. Rivera y P. Casatejada (España). La comunicación trata los trabajos realizados para la sustitución de las válvulas averiadas de los desagües de fondo de la presa de El Vicario, sobre el río Guadiana, en Ciudad Real.

*“Renovación de los desagües de fondo de la presa de Iznájar y su incidencia en el aliviadero”*, J. Riera y F. Delgado (España). La comunicación describe detalladamente los trabajos de rehabilitación de los siete desagües de fondo, con modernización de las compuertas de paramento y sustitución de las de regulación en la presa de Iznájar sobre el río Genil, en Granada y Córdoba.

*“Actuaciones de rehabilitación en la presa de Doiras”*, E. Ortega (España). La comunicación se refiere a los trabajos de modernización de los desagües de fondo y aliviadero de la presa de Doiras, sobre el río Navia, en Asturias.

### 4.3.3.- Nuevas tendencias en el diseño y construcción de equipos hidromecánicos

Sobre el tema de elementos de control singulares e innovadores para desagües de fondo, se han presentado cinco comunicaciones muy interesantes. Son éstas:

*“Toma flotante para abastecimiento en la presa de Iznájar”*, J. M. Palero y J. Riera (España). Se describe el diseño, fabricación y montaje de una toma flotante en la presa de Iznájar, sobre el río Genil, en Granada y Córdoba. El caudal de toma es de 1 m<sup>3</sup>/s y consta de una estructura flotante que soporta la toma en sí y de una conducción articulada o manguera sumergida en el embalse.

*“Nuevas tendencias en el diseño y la utilización de compuertas radiales en desagües de fondo”*, A. Andreu y J. García (España). Se describen las peculiaridades de una compuerta radial para desagües de fondo dotada de un sistema de cierre retráctil complementario, utilizada en la presa de La Sotonera, sobre el río Astón en Huesca y en el canal navegable de Xerta en Tortosa.

*“Válvulas compuerta, de paso circular y asiento plano y su aplicación en las tomas de agua y desagües de fondo de las presas”*, J. A. Marín y J. García (España). En esta comunicación se presentan las

características y ventajas de un tipo de válvula de compuerta de paso circular y asiento inferior recto, con aplicación en varias presas en España.

*“Ataguías flotantes para aliviaderos”*, F. L. Salinas (España). Se describe una ataguía para aliviaderos que se lleva a su posición mediante flotación a través del embalse. Aplicación en la Isla de la Cartuja en Sevilla y en la presa de Colomé, sobre el río Ter en Gerona.

*“Elementos hidromecánicos de la presa y central de Caruachi”*, F. Abadía y F. Vega (España). La comunicación describe los elementos hidromecánicos de la presa de Caruachi, sobre el río Caroní en Venezuela, todos ellos de dimensiones excepcionales, con especial mención a las compuertas de cierre del sistema de desvío.

## 4.4.- Incremento del poder de laminación de avenidas de los embalses

### 4.4.1.- Reserva de capacidad del embalse para laminación de avenidas

La fijación de resguardos estacionales en los embalses resuelve, en ocasiones, el problema de la insuficiente capacidad de los aliviaderos de superficie. Ello implica la definición de unas Normas de Explotación estrictas del embalse que deberán ser de ineludible aplicación. Presenta el inconveniente, no obstante, de exigir una reducción del volumen almacenado en el embalse en épocas de avenida.

### 4.4.2.- Utilización de sistemas de embalses para el control de avenidas

En zonas de alto riesgo hidrológico, como por ejemplo en las cuencas de la vertiente mediterránea, en España, es frecuente la redacción de Planes de Defensa contra avenidas.

Éstos, apoyados en modelos matemáticos de simulación y complementados con los actuales Sistemas Automáticos de Información y predicción Hidrológica, permiten establecer las estrategias a seguir en una determinada cuenca hidrográfica para afrontar un evento hidrológico extraordinario.

Sobre este tema se han presentado 2 comunicaciones.

La primera, procedente de A. Asarin (Rusia), *“Consecuencias previstas e inesperadas de laminación de avenidas por algunos embalses en Rusia”*, se refiere al sistema de embalses hidroeléctricos de los ríos Volga, Kama y Angara, y su explotación para el control de avenidas.

La segunda, procedente de J. Patrone, A. Plat y G. Failache (Uruguay), *“Actualización de los criterios de operación durante crecidas normales y extraordinarias de los embalses en cadena del río Negro en Uruguay”*, describe el modelo de gestión de un con-

junto de tres embalses en cascada en el río Negro, ante crecidas.

#### 4.4.3.- Desagües de fondo y de medio fondo de gran capacidad

El empleo de desagües de fondo y de medio fondo de gran capacidad es una de las maneras más efectivas de controlar y laminar las grandes crecidas, y su instalación en presas ya existentes les puede proporcionar un notable incremento en su poder de laminación de avenidas.

En el caso de la vertiente mediterránea española, y más concretamente en la cuenca del río Júcar, el Plan de Defensas contra avenidas determinó la construcción de tres embalses clave en la estrategia de control de sus devastadoras crecidas. Son los de Tous en el Júcar, Escalona en el Escalona y Bellús en el Albaida, todos en Valencia. Las presas de estos tres embalses están dotadas de desagües profundos de gran capacidad que les comunican un extraordinario poder de laminación, llegándose a reducir los caudales de pico de los hidrogramas hasta en un 75%, (Escalona).

Otro caso muy significativo es el de la presa de Contreras sobre el río Cabriel, en Cuenca y Valencia, en la cual la transformación de un antiguo aliviadero complementario en pozo en desagüe de medio fondo, con una capacidad de 400 m<sup>3</sup>/s, permite abordar su definitiva puesta en carga, al suponer un elemento de control de niveles del embalse muy eficaz.

J. López, S. Rubio y M. D. Ortuño (España), han presentado una comunicación titulada "*Incremento de regulación mediante la implantación de desagües intermedios. Adecuación de las presas de Escalona y Contreras*", en la que se describen las actuaciones llevadas a cabo en estas dos presas conducentes a habilitar sendos desagües de medio fondo de gran capacidad, con vistas al control de avenidas.

J. López, P. De Luis y L. M. Viartola (España), presentan la comunicación "*Empleo de rozadoras en el cuerpo de presa para actuaciones en sus órganos de desagüe*". Se describen los procesos y medios constructivos empleados en las obras de adecuación de los desagües de medio fondo de las presas de Escalona y Contreras.

El Plan de Defensa contra avenidas en la Cuenca del río Segura, fijó como pieza fundamental, el embalse de Puentes. Éste, para su rehabilitación, requirió la construcción de una nueva presa justamente aguas arriba de la antigua, cuyo embalse había quedado completamente aterrado. La presa, situada sobre el río Guadalentín, en Murcia, está equipada con dos desagües de fondo con una capacidad global de 850 m<sup>3</sup>/s, y con un desagüe de medio fondo de 450 m<sup>3</sup>/s de capacidad. La presa, gracias a estos desagües, es

capaz de laminar la avenida de diseño (1.000 años de periodo de retorno) desde 3.600 m<sup>3</sup>/s hasta 2.200 m<sup>3</sup>/s, y la P.M.F desde 5.600 m<sup>3</sup>/s hasta 3.300 m<sup>3</sup>/s.

J. M. Somalo y J. Carvajal (España), han redactado la comunicación denominada "*Mejora de la capacidad de desagüe y de laminación de avenidas. Presa de Puentes*". En ella se analiza el reparto de la capacidad de desagüe entre el aliviadero superficial, los desagües de fondo y el desagüe de medio fondo que aprovecha el antiguo aliviadero en pozo, durante la ocurrencia de avenidas extraordinarias.

## 5.- REHABILITACIÓN MEDIOAMBIENTAL DE EMBALSES

La adecuación de determinados embalses por razones de tipo medioambiental, así como su adaptación a usos recreativos y sociales, es cada vez más frecuente en nuestros días.

En este campo se han recibido dos comunicaciones de gran interés. Son las siguientes:

"*Rehabilitación medioambiental en la Presa de los Canchales*", F. Aranda y J. Sereno (España). Se basa en las medidas correctoras adoptadas con motivo del recrecimiento del aliviadero de la presa de Los Canchales, sobre el río Lácara en Badajoz, debido a la necesaria conservación del entorno del embalse por su importancia medioambiental.

"*Problemática que plantea la conservación y rehabilitación de presas ubicadas en espacios de interés medioambiental*", N. Cifuentes, M. Aparicio y P. Giménez (España). Esta comunicación describe las líneas de actuación en materia medioambiental en los casos de las presas de Los Canchales, sobre el río Lácara en Badajoz y El Andévalo, sobre el río Malagón en Huelva, entre otras.

## 6.- LISTADO DE COMUNICACIONES

Se han recibido un total de 46 comunicaciones que ordenadas y agrupadas de acuerdo con los epígrafes anteriormente desarrollados, se muestran en la siguiente tabla, con indicación de sus autores y títulos.

| SUBTEMA   | NOMBRE DEL AUTOR  | PAÍS  | TÍTULO DE LA COMUNICACIÓN   |  |
|---|---|---|---|--|
| RECUPERACIÓN Y MEJORA DE LA CAPACIDAD DE LOS EMBALSES | 3.1   | Satoshi Yamaoka<br>Katsushige Morita  | JAPAN   | DEVELOPMENT AND APPLICATION OF SEDIMENT SIMULATION SYSTEM  |
|   | 3.2   | Esmail Tolouie  | IRAN  | REHABILITATION OF SEFIDRUD RESERVOIR, IRAN   |
|   | 3.2   | H.M. Osman, M.K. Osman<br>A.S. Karmy  | EGYPT   | SILLTING-UP OF HIGH ASWAN DAM, DESIGN, INVESTIGATION AND REMOVAL OF DEPOSITS   |
|   | 3.2   | Rafael Romeo, Honorio J. Morlans<br>Jorge García  | ESPAÑA  | DISPOSITIVO DE DRAGADO Y CONTENCIÓN, PARA ACCESO SUBACUÁTICO A LA EMBOCADURA DE CONDUCCIONES, EN PRESAS ATERRADAS DE PARAMENTO VERTICAL  |
|   | 3.2   | Antonio Maurandi Guirado<br>G. Sánchez  | ESPAÑA  | ELIMINACIÓN DE SEDIMENTOS EN EL EMBALSE DE ALFONSO XIII  |
|   | 3.3   | F. González, A. Colino<br>F. Ledesma, N. García   | ESPAÑA  | RECUPERACIÓN DE LA CUBIERTA VEGETAL EN LAS MÁRGENES DEL EMBALSE DE SANTA TERESA (SALAMANCA)  |
|   | 3.4   | J.P. Huraut, O. Cazaillet<br>X. Ducos, R.V. Samorio   | FRANCE  | AMBUKLAO HYDROELECTRIC SCHEME. SEDIMENTATION OF THE RESERVOIR AND SCHEME REHABILITATION PROGRAM  |
|   | 3.5   | S.Y. Shukla, D.R. Kandi<br>V. M. Deshpande  | INDIA   | DAM HEIGHTENING BARVI DAM IN MAHARASHTRA STATE (INDIA)   |
|   | 3.5   | R.A.N. Hughes, C.W. Scott   | U. KINGDOM  | DAM HEIGHTENING - THE UK PERSPECTIVE   |
|   | 3.5   | Alfonso Álvarez Martínez<br>Miguel Cabrera, F. Javier Flores                                  | ESPAÑA  | RECRECIMIENTO DE LA PRESA DE EL VADO   |
|   | 3.5   | H.J. Buhac, Fellow<br>ASCE, P.J. Amaya  | USA   | RAISING OF CARDINAL FLY ASH RETENTION DAM  |
|   | 3.5   | Juan Ginés Muñoz<br>J.M. Ruiz, A. Granados  | ESPAÑA  | EL RECRECIMIENTO DE LA PRESA DE CAMARILLAS   |
|   | MEJORA DE LA FUNCIONALIDAD DE LOS ÓRGANOS DE EVACUACIÓN Y DESAGÜE DE LAS PRESAS | 3.5   | Fernando del Campo<br>M <sup>a</sup> Gabriela Mañueco<br>Honorio J. Morlans   | ESPAÑA   |
| 3.5   |   | Manuel Alonso Franco  | ESPAÑA  | RECRECIMIENTO DE PRESAS  |
| 4.1   |   | Antonio Capote del Villar<br>Fidel Sáenz de Ormijana<br>Eduardo Martínez                      | ESPAÑA  | MODIFICACIÓN DEL ALIVIADERO Y RECRECIMIENTO DE LA PRESA DE LOS MOLINOS   |
| 4.1   |   | Fernando Aranda Gutiérrez<br>J.Luis Sánchez Carcaboso   | ESPAÑA  | EJEMPLO DE ACTUACIÓN DE REHABILITACIÓN EN EL ÁMBITO DEL GUADIANA: REHABILITACIÓN POR CONDICIONES DE SEGURIDAD EN LA PRESA DE LOS MOLINOS |
| 4.1   |   | Z. Prusza, P. Perrazo<br>G. Maradey   | VENEZUELA   | REHABILITACIÓN DE LA PRESA DE 'EL GUAPO' VENEZUELA   |
| 4.1   |   | A.C.O. Ramos, A. F. Díaz  | MÉXICO  | INSTALACIÓN DE RUBBER DAM EN VERTEDORES DE LA PRESA FCO. I. MADERO, CHIHUAHUA  |
| 4.1   |   | T.H. Zedan, H.M. Osman<br>M.K. Osman  | EGYPT   | IMPROVING FLOOD CONTROL CAPACITY OF HIGH ASWAN DAM AND ELEVATION OF FLOODING   |
| 4.1   |   | Orlando Moreno Díaz<br>Guillermo Noguera Larraín  | CHILE   | AUMENTO DE LA CAPACIDAD DEL EMBALSE COGOTÍ. NORTE DE CHILE   |
| 4.1   |   | A. F. Belmonte Sánchez<br>J.M. Hontoria Asenjo  | ESPAÑA  | AMPLIACIÓN DE ALIVIADEROS Y MEJORA DE LA CAPACIDAD DE DESAGÜE EN LA PRESA DEL RUMBLAR (JAÉN) Y EN LA PRESA DE GUADILoba (CÁCERES)        |
| 4.1   |   | Honorio J. Morlans<br>Fernando del Campo<br>M <sup>a</sup> Gabriela Mañueco<br>J. Luis Blanco | ESPAÑA  | EVOLUCIÓN Y DESARROLLO HISTÓRICO DEL ALIVIADERO DE LA PRESA DE SANTOLEA  |
| 4.1   |   | Peter Townshend   | SOUTH AFRICA  | AUTOMATIC, SELF ACTUATING EQUIPMENT TO IMPROVE DAM STORAGE   |
| 4.1   | Juan F. Fernández-Bono<br>F. J. Vallés<br>A. Canales                            | ESPAÑA  | CRITERIOS METODOLÓGICOS PARA LA ADAPTACIÓN DEL DISEÑO DE CUENCOS DE DISIPACIÓN DE ENERGÍA A PIE DE PRESA MEDIANTE RESALTO HIDRÁULICO, A CAUDALES DE AVENIDA SUPERIORES A LOS DE DISEÑO. |  |

| SUBTEMA   | NOMBRE DEL AUTOR   | PAIS   | TITULO DE LA COMUNICACIÓN   |   |
|---|--|--|---|---|
| MEJORA DE LA FUNCIONALIDAD DE LOS ÓRGANOS DE EVACUACIÓN Y DESAGÜE DE LAS PRESAS | 4.2  | A. M. Pinheiro, C. M. Custódio<br>A. T. Relvas                   | PORTUGAL  | SPILLWAYS OVER EMBANKMENT DAMS MADE WITH WEDGE SHAPED PRE-CAST CONCRETE BLOCKS. DESIGN CRITERIA, CONSTRUCTION ASPECTS AND COST ESTIMATE   |
|   | 4.2  | S. André, J. L. Boillat<br>A. J. Schleiss                        | SWITZERLAND   | EFFICIENT DOWNSTREAM SURFACE PROTECTION FOR OVERTOPPED EMBANKMENT DAMS BY MACRO-ROUGHNESS OVERLAYS  |
|   | 4.2  | Pedro Almeida Manso<br>Antón J. Schleiss                         | SWITZERLAND   | IMPROVEMENT OF EMBANKMENT DAM SAFETY AGAINST OVERFLOW BY DOWNSTREAM FACE CONCRETE MACRO-ROUGHNESS LININGS   |
|   | 4.2  | Miguel Ángel Toledo Municio                                      | ESPAÑA  | ADECUACIÓN DE PRESAS DE MATERIALES SUELTOS PARA SOPORTAR VERTIDOS SOBRE CORONACIÓN  |
|   | 4.2  | Jorge Matos  | PORTUGAL  | ROLLER COMPACTED CONCRETE AND STEPPED SPILLWAYS. FROM NEW DAMS TO DAM REHABILITATION  |
|   | 4.3  | Manuel Rivera Navia<br>Pedro Casatejada Barroso                  | ESPAÑA  | EJEMPLO DE ACTUACIÓN DE REHABILITACIÓN EN EL ÁMBITO DEL GUADIANA: REHABILITACIÓN FUNCIONAL DE LA PRESA DE EL VICARIO  |
|   | 4.3  | Jaime Riera Rico<br>F. Delgado Ramos                             | ESPAÑA  | RENOVACIÓN DE LOS DESAGÜES DE FONDO DE LA PRESA DE IZNÁJAR Y SU INCIDENCIA EN EL ALIVIADERO   |
|   | 4.3  | Juan M. Palero<br>Jaime Riera Rico                               | ESPAÑA  | TOMA FLOTANTE PARA ABASTECIMIENTO EN LA PRESA DE IZNÁJAR  |
|   | 4.3  | Eduardo Ortega Gómez   | ESPAÑA  | ACTUACIONES DE REHABILITACIÓN EN LA PRESA DE DOIRAS   |
|   | 4.3  | Ángel Andreu Escario<br>Jorge García                             | ESPAÑA  | NUEVAS TENDENCIAS EN EL DISEÑO Y LA UTILIZACIÓN DE COMPUERTAS RADIALES EN DESAGÜES DE FONDO   |
|   | 4.3  | Juan Antonio Marín de Mateo<br>Jorge García                      | ESPAÑA  | VÁLVULAS, COMPUERTA DE PASO CIRCULAR Y ASIENTO PLANO Y SU APLICACIÓN EN LAS TOMAS DE AGUA Y DESAGÜES DE FONDO, DE LAS PRESAS  |
|   | 4.3  | Federico Salinas Morales   | ESPAÑA  | ATAGUÍA FLOTANTE PARA ALIVIADEROS   |
|   | 4.3  | Antonino Puértolas Tobías  | ESPAÑA  | REHABILITACIÓN TOTAL DE LOS DESAGÜES DE FONDO Y OBRAS ACCESORIAS DE LA PRESA DE BARASONA (HUESCA)   |
|   | 4.3  | Manuel Alonso Franco<br>M. Ángel Lobato Kropnick                 | ESPAÑA  | REPARACIÓN DE LOS DESAGÜES DE FONDO DE LA PRESA DE SAU (BARCELONA)  |
|   | 4.3  | Fernando Abadía Anadón<br>Fernando Vega Carrasco                 | ESPAÑA  | ELEMENTOS HIDROMECAÑICOS DE LA PRESA Y CENTRAL DE CARUACHI (VENEZUELA)  |
|   | 4.4  | Alexander Asarin   | RUSSIA  | CONSECUENCIAS PREVISTAS E INESPERADAS DE LAMINACIÓN DE AVENIDAS POR ALGUNOS EMBALSES EN RUSIA   |
|   | 4.4  | Julio C. Patrone, Álvaro Plat<br>Guillermo Failache              | URUGUAY   | ACTUALIZACIÓN DE LOS CRITERIOS DE OPERACIÓN DURANTE CRECIDAS NORMALES Y EXTRAORDINARIAS DE LOS EMBALSES EN CADENA DEL RÍO NEGRO (URUGUAY)   |
|   | 4.4  | José López Garulet<br>Pablo de Luis González<br>Luis M. Viartola | ESPAÑA  | EMPLEO DE ROZADORAS EN EL CUERPO DE PRESA PARA LAS ACTUACIONES EN SUS ÓRGANOS DE DESAGÜE  |
| 4.4   | José López Garulet<br>Salvador Rubio Catalina<br>M <sup>a</sup> Dolores Ortuño Gutiérrez | ESPAÑA   | INCREMENTO DE REGULACIÓN MEDIANTE LA IMPLANTACIÓN DE DESAGÜES INTERMEDIOS. ADECUACIÓN DE LAS PRESAS DE ESCALONA Y CONTRERAS |   |
| 4.4   | José Manuel Somalo Martín<br>Juan Carvajal Fdez. de Córdoba                              | ESPAÑA   | MEJORA DE LA CAPACIDAD DE DESAGÜE Y DE LAMINACIÓN DE AVENIDAS   |   |
| REHABILITACIÓN MEDIOAMBIENTAL DE EMBALSES                                       | 5.1  | Fernando Aranda Gutiérrez<br>Juan Sereno Martínez                | ESPAÑA  | EJEMPLO DE ACTUACIÓN DE REHABILITACIÓN EN EL ÁMBITO DEL GUADIANA: REHABILITACIÓN EN MATERIA MEDIOAMBIENTAL EN LA PRESA DE LOS CANCHALES   |
|   | 5.1  | Nicolás Cifuentes de La Cerra<br>M. Aparicio P. Giménez          | ESPAÑA  | EJEMPLO DE ACTUACIONES AMBIENTALES EN EL ÁMBITO DEL GUADIANA Y PROBLEMÁTICA QUE PLANTEA LA CONSERVACIÓN Y REHABILITACIÓN DE PRESAS UBICADAS EN ESPACIOS DE INTERÉS MEDIOAMBIENTAL |



Si cuantificamos las comunicaciones recibidas por los grupos o epígrafes desarrollados en esta ponencia general, se puede ver que al primer grupo *Recuperación y mejora de la capacidad de los embalses* corresponden 14 de ellas, al segundo grupo *Mejora de la funcionalidad de los órganos de evacuación y desagüe de las presas* corresponden otras 30 de ellas y al tercer grupo *Rehabilitación medioambiental de embalses* corresponden las 2 restantes. Ello indica claramente la actualidad de la remodelación de aliviaderos y desagües en las presas, debido sin duda a la reconsideración de los parámetros hidrológicos de diseño impuesta por el creciente nivel de seguridad exigido.

En cuanto a la ordenación por países, las 46 comunicaciones recibidas se clasifican de la siguiente manera:

|                       |    |
|-----------------------|----|
| • España.....         | 28 |
| • Portugal.....       | 2  |
| • Egipto.....         | 2  |
| • Suiza.....          | 2  |
| • Reino Unido.....    | 1  |
| • Estados Unidos..... | 1  |
| • Irán.....           | 1  |
| • Japón.....          | 1  |
| • India.....          | 1  |
| • Venezuela.....      | 1  |
| • Méjico.....         | 1  |
| • Chile.....          | 1  |
| • Francia.....        | 1  |
| • Sudáfrica.....      | 1  |
| • Rusia.....          | 1  |
| • Uruguay.....        | 1  |
| TOTAL.....            | 46 |

## 7.- CONCLUSIONES

A lo largo de la presente ponencia general he tratado de exponer los rasgos generales que definen la problemática que encierra el TEMA 2 de este Congreso Internacional: *“Mejora de la capacidad de embalse y del funcionamiento de los órganos de desagüe”*.

El tema, de contenido amplísimo, aborda en realidad todos los aspectos hidráulicos de las presas, afectando directamente a todas sus estructuras,

desde la propia presa, en los aspectos de recrecimiento, pasando por los aliviaderos y terminando en los desagües profundos.

Es indudable la actualidad del tema de actualización y rehabilitación de las presas en el mundo. Con el devenir de los años, cada uno de los países que configuran la geografía mundial, han ido unos y van otros, completando sus infraestructuras hidráulicas precisas para la correcta gestión de sus recursos naturales hídricos.

Poco a poco pues, en los diferentes países, la aplicación de la tecnología de presas comienza a derivar hacia los proyectos y las obras de conservación, adecuación y rehabilitación de sus parques presísticos.

No quiere ello decir que no se deban ni se vayan a construir nuevas presas. No están completamente cubiertas las necesidades de regulación y defensa contra avenidas en todo el mundo, pero lo que sí es cierto es que existe una gran cantidad de ellas que, en virtud de su edad, requieren una atención cada vez más intensa, dedicada a su actualización.

Al haber sido encargado por la Sociedad Española de Presas y Embalses de la preparación y redacción de la presente Ponencia General, he podido constatar el notable grado de concienciación que el tema ha creado en el colectivo de ingenieros presistas e hidráulicos de todo el mundo. Tal vez en España, con un patrimonio presístico tan elevado y antiguo, se haga más patente la problemática que nos ocupa.

En cualquier caso la respuesta internacional ante la convocatoria de este Congreso ha sido excelente; muestra fehaciente de ello es el destacado nivel técnico de las 46 comunicaciones recibidas, las cuales me cabe el honor de haber estudiado y analizado. Todas ellas van a ser, sin duda, documentos de consulta para cualquier ingeniero que se deba aplicar a los temas aquí tratados.

Por ello, me siento obligado a manifestar, en nombre del Comité Organizador del Congreso, mi agradecimiento a todos los comunicantes por su magnífica colaboración

Quiero reservar en mi alocución una mención especial para nuestro conferenciante Chris J. Vee-saert, que nos ha deleitado con su magistral conferencia prólogo de esta sesión.

## 8.- CONSIDERACIONES FINALES

El agua es, sin duda alguna, el más preciado bien que tenemos en nuestro mundo. De ella surgió la vida en el planeta, y ella sigue siendo germen de vida, de riqueza y de bienestar para todos los seres que lo poblamos.

Por esta razón, desde sus orígenes, la humanidad se ha esforzado en encontrarla, guardarla y administrarla, ideando y construyendo obras de infraestructura hidráulica que la hiciesen más y más asequible a sus necesidades vitales y sociales.

Así, el hombre, a lo largo de la historia, ha tratado de acercar el agua a su entorno vital, captándola en los cursos naturales, almacenándola, administrándola y sirviéndola allí donde pueda seguir generando vida y bienestar.

Y no solamente satisface su más primigenia necesidad: La de saciar la sed de los seres vivientes, sino que además les proporciona la energía más natural y limpia que existe: Sin contaminar, simplemente aprovechando la fuente de energía más elemental: La gravedad.

Para poder beneficiarse de este maravilloso recurso, el hombre construyó y construye presas, modificando el curso natural de los ríos, adaptándolo a sus necesidades de almacenamiento y regulación, en una labor que en contra de equivocadas y a veces maliciosas tendencias que la califican como de antiecológica, produce en la mayoría de los casos un enriquecimiento natural y medioambiental incontestable, estableciendo zonas húmedas y reverdecido parajes desertizados, regenerando así la vida sobre ellos.

La regulación del curso de un río es la razón y ser de las presas: así es efectivamente, pero no hay que olvidar el papel de las presas como instrumento de defensa contra la propia Naturaleza, cuando en ocasiones ésta se manifiesta de manera poco propicia a nuestro bienestar. Esta función protectora de las presas frente a los eventos hidrológicos extraordinarios, completa su notable rol dentro de la sociedad civilizada.

Consecuentemente, las presas han llegado a formar parte de nuestro patrimonio, constituyéndose en pieza fundamental para el desarrollo y el sostenimiento de la civilización, de la cultura y del bienestar de la sociedad.

Acuden a mi memoria unas sencillas palabras pero no por ello menos profundas que escuché en los albores de mi vida profesional a un sabio diplomático ya mayor, embajador en un país vecino, haciendo alusión a las obras de infraestructura y equipamiento en general. Decía así: *“Los países desarrollados son aquellos que saben conservar su patrimonio”*.

Tenemos, efectivamente, la obligación de conservar y de mantener nuestro patrimonio, y cuánto más si se trata del patrimonio presístico, del que en tan gran medida depende el bienestar de nuestra sociedad.

Y debemos hacerlo, además desde el respeto y la admiración hacia nuestros predecesores, quienes con medios, herramientas y conocimientos mucho más limitados que aquéllos de los que actualmente disponemos nosotros, fueron capaces de edificar, con enorme mérito, presas y obras hidráulicas de gran valor, envergadura y belleza, de cuya explotación nos podemos beneficiar hoy sus descendientes.

Quisiera desde esta tribuna, aprovechando la oportunidad que me ha brindado la Sociedad Española de Presas y Embalses, transmitir a todos ustedes la necesidad de concienciar a la sociedad a la que servimos nosotros los técnicos, sobre la obligación irrenunciable que la propia sociedad tiene de conservar y mantener en perfecto estado de servicio sus presas. Son un bien demasiado precioso como para desatenderlo, costó demasiado esfuerzo a nuestros mayores como para olvidarlo.

Pidamos, exijamos pues a cada uno de los estamentos sociales involucrados en ello, gobernantes, administradores, funcionarios, consultores, proyectistas y constructores una acción eficaz en este sentido, para que lo antes posible sea una realidad que nuestras presas estén bien mantenidas y conservadas.

Y nosotros, como ingenieros hidráulicos que dedicamos nuestra vida profesional al noble oficio de sacar provecho de ese maravilloso recurso natural que es el agua, apliquémonos con profesionalidad a la labor de conservar y mantener, así como de actualizar y modernizar cuando sea necesario, las obras que idearon nuestros mayores, empleando en ello nuestros mejores medios y conocimientos, pero actuando siempre desde el respeto y la admiración hacia ellos.

Así y solamente así daremos cumplida respuesta a aquello que la sociedad, a la que servimos con nuestro trabajo, demanda de nosotros.

## SUMARIO

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 1.-     | INTRODUCCIÓN .....   | 1  |
| 2.-     | NECESIDAD DE MEJORAR LA FUNCIONALIDAD DE LOS EMBALSES .....                                  | 2  |
| 2.1.-   | Aterramiento de embalses .....   | 2  |
| 2.2.-   | Mejora de la funcionalidad de la presa y de sus órganos de evacuación y desagüe .....        | 3  |
| 2.3.-   | Adaptación y mejora del medio ambiente .....   | 3  |
| 3.-     | RECUPERACIÓN Y MEJORA DE LA CAPACIDAD DE LOS EMBALSES .....                                  | 3  |
| 3.1.-   | Sistemas de determinación y simulación del fenómeno de la sedimentación.....                 | 3  |
| 3.2.-   | Sistemas de extracción de sedimentos .....   | 3  |
| 3.2.1.- | Extracción de sedimentos mediante la operación de los desagües profundos .....               | 3  |
| 3.2.2.- | Dragado y bombeo de sedimentos .....   | 3  |
| 3.2.3.- | Extracción de sedimentos mediante excavación y carga .....                                   | 4  |
| 3.3.-   | Sistemas de defensa contra el aterramiento .....   | 4  |
| 3.3.1.- | Obras de corrección hidrológica en la cuenca .....   | 4  |
| 3.3.2.- | Obras de estabilización del suelo y recuperación ambiental de márgenes en los embalses ..... | 4  |
| 3.4.-   | Modificación del aprovechamiento sin extraer los sedimentos .....                            | 4  |
| 3.5.-   | Recrecimiento de las presas .....  | 4  |
| 3.5.1.- | Recrecimiento por aguas abajo .....  | 5  |
| 3.5.2.- | Recrecimiento por aguas arriba.....  | 5  |
| 3.5.3.- | Recrecimiento de la coronación.....  | 5  |
| 4.-     | MEJORA DE LA FUNCIONALIDAD DE LOS ÓRGANOS DE EVACUACIÓN Y DE<br>DESAGÜE DE LAS PRESAS .....  | 6  |
| 4.1.-   | Rehabilitación y mejora de la capacidad de aliviaderos de superficie.....                    | 6  |
| 4.1.1.- | Recrecimiento de la presa o del aliviadero .....   | 6  |
| 4.1.2.- | Colocación de compuertas .....   | 6  |
| 4.1.3.- | Vertederos en laberinto .....  | 6  |
| 4.1.4.- | Construcción de aliviaderos nuevos o complementarios .....                                   | 8  |
| 4.2.-   | Adecuación de las presas para soportar el vertido sobre coronación.....                      | 8  |
| 4.2.1.- | Presas de fábrica.....   | 8  |
| 4.2.2.- | Presas de materiales sueltos .....   | 8  |
| 4.3.-   | Rehabilitación y mejora de la funcionalidad de desagües profundos .....                      | 9  |
| 4.3.1.- | Desobstrucción de desagües profundos .....   | 9  |
| 4.3.2.- | Sustitución de compuertas .....  | 10 |
| 4.3.3.- | Nuevas tendencias en el diseño y construcción de equipos hidromecánicos.....                 | 10 |
| 4.4.-   | Incremento del poder de laminación de avenidas de los embalses .....                         | 10 |
| 4.4.1.- | Reserva de capacidad del embalse para laminación de avenidas.....                            | 10 |
| 4.4.2.- | Utilización de sistemas de embalses para el control de avenidas .....                        | 10 |
| 4.4.3.- | Desagües de fondo y de medio fondo de gran capacidad .....                                   | 11 |
| 5.-     | REHABILITACIÓN MEDIOAMBIENTAL DE EMBALSES .....  | 11 |
| 6.-     | LISTADO DE COMUNICACIONES .....  | 11 |
| 7.-     | CONCLUSIONES .....   | 14 |
| 8.-     | CONSIDERACIONES FINALES .....  | 14 |