

C-06-2021

Comunicación científico-técnica

Reflexiones sobre la Elaboración e Implantación de Planes de Emergencia en Balsas

Sánchez-Romero, F.J.^{a1}, Pérez-Sánchez, M.^b, Redón-Santafé, M.^{a2}, Torregrosa Soler J.B. ^{a3}, Ferrer Gisbert, C.^{a4}, Ferrán Gozálviz, J. J.^{a5}, Ferrer Gisbert, A.^{a6}, Zapata Raboso, F.A.^c

a Rural and Agroalimentary Engineering Department. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s/n 46022. España.^{a1} fco-sanro@agf.upv.es, ^{a2} miresan@agf.upv.es, ^{a3} jbtorreg@fis.upv.es, ^{a4} caferrer@agf.upv.es, ^{a5} jferran@agf.upv.es, ^{a6} aferrerg@agf.upv.es

b. Hydraulic Engineering and Environment Department. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s/n 46022. España. mopesan1@upv.es.

c. Agriculture, Rural Development, Climate Emergency and Ecological Transition. C/Profesor Sala,2 Alicante. zapata_fra@gva.es

Resumen: Las balsas de tierra impermeabilizadas con geomembranas son obras muy seguras, tanto por la tipología constructiva empleada, como por su tipo de explotación, tal y como demuestra la experiencia y la escasez de incidencias. En cualquier caso se debe ser consciente que cualquier infraestructura puede colapsar y causar daños, y en el peor de los casos la pérdida de vidas humanas. Aunque la probabilidad de colapso nula no existe, es obligación tanto de los usuarios, técnicos implicados el intentar conseguirla.

El desarrollo de las sociedades exige mayores niveles de seguridad, y en este sentido tanto para las balsas de tierra como para cualquier otro tipo de infraestructura, las exigencias en seguridad cada vez son mayores.

La seguridad en las balsas de tierra viene determinada por tres pilares fundamentales que son:

1. Criterios de proyecto y control durante la ejecución, en ciertos puntos críticos.
2. Mantenimiento de la seguridad a lo largo del tiempo, lo que requiere de unos planes eficaces de Vigilancia y Mantenimiento, dentro de unas normas de Explotación, acordes con las entidades titulares que las tienen que implementar.
3. En el peor de los casos, la infraestructura puede fallar, por lo que interesa analizar cuáles serían sus consecuencias y hacerlo con el suficiente detalle para que puedan adoptarse medidas eficaces que aminores, e incluso anulen los daños, y en especial de vidas humanas.

Esta preocupación por la seguridad en las balsas, se vio establecida con la inclusión de las balsas en el Real Decreto 9/2008. Una mala concepción de la seguridad en balsas ha querido trasladar a estas infraestructuras, los criterios y planteamientos de las presas, lo cual ha provocado una gran confusión, tanto administrativa como técnica, e incluso un rechazo del sector a la exigencia del establecimiento de un marco normativo para este tipo de infraestructuras.

En la presente ponencia se establecen una serie de reflexiones sobre los contenidos de los Planes de Emergencia, estableciendo la diferencia entre su aplicación a presas y balsas, las implicaciones sociales que pueden derivarse de los mismos, así como cuáles deben ser los criterios a seguir para incrementar la seguridad real de las balsas.

Palabras clave: Balsas, Emergencia, Normas Técnicas

C-06-2021

Scientific-technical communication

Reflections on the Elaboration and Implementation of Emergency Plans in Agricultural Water Reservoirs.

Sánchez-Romero, F.J.^{a1}, Pérez-Sánchez, M.^b, Redón-Santafé, M.^{a2}, Torregrosa Soler J.B. ^{a3}, Ferrer Gisbert, C.^{a4}, Ferrán Gozávez, J. J.^{a5}, Ferrer Gisbert, A.^{a6}, Zapata Raboso, F.A.^c

- a Rural and Agroalimentary Engineering Department. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s/n 46022. España.^{a1} fco-sanro@agf.upv.es, ^{a2} miresan@agf.upv.es, ^{a3} jbtorreg@fis.upv.es, ^{a4} caferrer@agf.upv.es, ^{a5} jfferran@agf.upv.es, ^{a6} aferrerg@agf.upv.es
- b. Hydraulic Engineering and Environment Department. Universitat Politècnica de València. Camino de Vera s/n 46022. España. mopesan1@upv.es.
- c. Agriculture, Rural Development, Climate Emergency and Ecological Transition. C/Profesor Sala,2 Alicante. zapata_fra@gva.es

Abstract: Agricultural Water Reservoirs waterproofed with geomembranes are very safe works, both because of the construction technology used and the type of operation, as shown by experience and the scarcity of incidents. In any case, one must be aware that any infrastructure can collapse and cause damage, and in the worst case, the loss of human lives. Although the probability of zero collapse does not exist, it is the obligation of both the users and the technicians involved to try to achieve it.

The development of societies demands higher levels of safety, and in this sense, both for Agricultural Water Reservoirs and for any other type of infrastructure, the safety requirements are increasingly higher.

Safety in Agricultural Water Reservoir is determined by three fundamental pillars:

1. Criteria for design and control during execution, at certain critical points.
2. Maintenance of safety over time, which requires effective surveillance and maintenance plans, within the framework of operating standards, in accordance with the entities that have to implement them.
3. In the worst case scenario, the infrastructure may fail, so it is important to analyze the consequences and to do so in sufficient detail so that effective measures can be adopted to reduce or even eliminate the damage, especially in terms of human lives.

This concern for raft safety was established with the inclusion of rafts in Royal Decree 9/2008. A bad conception of safety in Agricultural Water Reservoir has wanted to transfer to these infrastructures, the criteria and approaches of dams, which has caused great confusion, both administrative and technical, and even a rejection of the sector to the demand for the establishment of a regulatory framework for this type of infrastructure.

This paper sets out a series of reflections on the contents of the Emergency Plans, establishing the difference between their application to dams and agricultural reservoirs, the social implications that may derive from them, as well as the criteria to be followed in order to increase the real safety of reservoirs.

Keywords: Agricultural Water Reservoirs, Emergency, Technical Standard

1. Introducción

Aunque desde el punto de vista Administrativo, “ A efectos de seguridad, los diques de cierre de las balsas son presas, y las balsas son embalses”, la diferente naturaleza de las infraestructuras e idiosincrasia del sector requiere enfoques diferentes en materia de seguridad, para que realmente sean efectivos y puedan implantarse en el sector.

El “éxito” logrado en la solución de las emergencias que se tienen noticia en balsas, sin la aplicación de ningún protocolo escrito ni la activación de mecanismos de comunicación complejos, se debe a una serie de características de las infraestructuras que vale la pena resaltar y que deberían ser tenidas en cuenta:

- Las balsas en sus más de 60 años de existencia han demostrado un comportamiento “noble” debido a su propia naturaleza, tanto estructural como social.
- Excelente comportamiento estructural con un protagonismo indiscutible de las barreras geosintéticas, que se traduce en unas obras hidráulicas de gran seguridad, siendo incrementada ésta a lo largo de los años debido al análisis exhaustivo del comportamiento estructural observado, introduciendo los drenes estructurales.
- En el caso de las balsas dotadas con dren chimenea y dren de envuelta, estos no solo advierten de las filtraciones, sino que además protegen de la erosión interna, tanto de las potenciales filtraciones que se produzcan en el cuerpo del dique, como de las ocurridas a lo largo de las vías preferentes asociadas a las estructuras que atraviesan el dique, todo lo cual prácticamente anula la probabilidad de una rotura de la balsa [1].

A pesar de todo la obra puede fallar, por lo que interesa saber las consecuencias, y hacerlo con el suficiente detalle para que puedan adoptarse medidas eficaces que aminoren, e incluso anulen los daños, y especialmente el de vidas humanas.

2. Diferencias entre balsas y presas

Aunque las balsas y presas se tratan de obras con ciertas analogías, presentan notables diferencias, que obliga a un tratamiento diferente tanto en temas de seguridad estructural como de seguridad frente a posibles colapsos de estas infraestructuras.

La naturaleza de las balsas para riego es totalmente diferente a las presas por diferentes razones como [2] [3] [4]:

- En relación a los caudales recibidos o aportados, las presas reciben caudales muy variables y con una gran incertidumbre, ya que cortan cauces naturales y su cálculo presenta una gran incertidumbre en algunos casos. Los caudales de entrada y salida de las balsas son caudales regulados dentro de un rango conocido e incluso controlados por el ser humano, lo que permite su regulación a voluntad.

Los aliviaderos en presas son elementos fundamentales en la seguridad, mientras que en balsas al estar los caudales de entrada regulados y conocidos, hacen que los aliviaderos (obligatorios) sean elementos no tan importantes en la seguridad como lo podrían ser otros elementos (drenes estructurales, drenes de fondo, etc.).

- Presentan tipologías estructurales totalmente diferentes, solo asimilables a las presas de tierra. Existiendo una gran diferencia en relación a su tamaño, siendo las presas de dimensiones del orden de los centeneras de Hm^3 y las balsas de dimensiones mas “modestas” dentro de un amplio rango pero del orden de miles de m^3 .

- En presas la impermeabilización se centra en el dique de cierre y en su cimentación, confiando en el resto del vaso la impermeabilización al terreno que lo conforma. En balsas la impermeabilización se extiende a todo el vaso, siendo habitualmente de tipo artificial.
- Las balsas se construyen donde se necesitan, siendo su emplazamiento más común fuera de los cauces, con el material existente sin que exista generalmente una elección del lugar en base a criterios de impermeabilidad, resistentes, etc... como en presas ni una selección del material para la ejecución de los diques. Precisamente este aspecto exige en las balsas la ejecución de una pantalla impermeabilizante (generalmente geomembranas) para proteger al dique anárquicamente heterógeno de posibles filtraciones. En caso de filtración desde el vaso de la balsa (por ejemplo por rotura de la geomembrana), este flujo de agua producirá preferentemente una tubificación, sin llegar a saturar el dique, que en el peor de los casos podría desembocar en orificio y finalmente en una brecha de rotura. Actualmente es común ejecutar drenes estructurales como del dren de envuelta y el dren chimenea que protegen al dique de posibles filtraciones y que disminuyen en gran medida la probabilidad de rotura.
- Respecto a su número en España existen 1300 presas mientras que el número de balsas no se sabe exactamente, cifrándose entre 50000 y 80000, incluso algunos autores opinan que podría llegar a las 100000.
- Para presas en la mayoría de casos el coste del agua es nulo, mientras que para balsas el agua suele tener un coste, por lo que no puede existir ningún tipo de pérdidas por infiltración.
- Para presas es abundante la normativa, bibliografía y experiencia tanto a nivel nacional e internacional. Sin embargo, para balsas no existe prácticamente normativa aplicable ni bibliografía específica, siendo un tipo de construcción y su problemática casi específicamente asociada a España, ya que ha sido en este tipo de infraestructura pionera a nivel mundial. Es verdad que a día de hoy este tipo de obras empieza a ser común en países en procesos de modernización de las superficies de regadío. La casi nula existencia de normativa y bibliografía ha propiciado la extrapolación de conceptos y soluciones de las presas a las balsas, no siendo en la mayoría de los casos las soluciones más adecuadas e idóneas desde el punto de vista de la seguridad.
- El encuadre sociológico y económico de cada una de las infraestructuras es totalmente diferente. Las presas son explotadas por la propia Administración, empresas hidroeléctricas con suficientes recursos tanto materiales, humanos y económicos. Sin embargo las balsas quedan enmarcadas dentro de un sector agrario, donde la escasez de recursos es la tónica general.
- En presas la operación, vigilancia y mantenimiento es más complicada que en balsas, que suelen tener explotaciones más simples y sencillas.
- La forma de rotura de presas principalmente es por sobrevertido y en segundo lugar por erosión interna o tubificación, mientras que para las balsas la principal es por erosión interna, siendo secundaria por sobrevertido.
- La capacidad destructiva de las presas es mucho mayor que las balsas, aunque al estar las balsas cerca de zonas pobladas y vulnerables, los potenciales daños que pueden ocasionar pueden ser importantes en algunos casos.

Aunque las balsas de riego y las presas son obras hidráulicas, presentan importantes diferencias entre ellas que determinan el modo de proyectarlas y construir las, de explotarlas y de los criterios de actuación ante situaciones de emergencia.

3. Consideraciones.

En relación al posible fallo y aminoración de los posibles daños producidos, la normativa española obliga a la elaboración e implantación de unos Planes de Emergencia. Esta obligatoriedad nace de la “Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones” publicada en el año 1996 [5]. Esta directriz define el concepto y las funciones básicas de los Planes de Emergencia en Presas y propone las diferentes escalas de Clasificación en función de los daños provocados por la posible rotura (A, B y C), obligando a todas aquellas que sean A y B, a elaborar e implantar un Plan de Emergencia.

En este sentido en el año 2001 el Ministerio publicó la “Guía para la elaboración de Planes de Emergencia para presas” [6], para posteriormente en el año 2010 “adaptar” esta Guía a balsas, publicando la “Guía para la elaboración de Planes de emergencia en balsas” . Esta última Guía “adaptada” a las balsas, aunque supone una aproximación al entorno agrario, debe ser matizada en algunos aspectos. La inclusión de las balsas en el marco normativo a raíz de su aparición en el Real Decreto del 2008 [7] obliga a todas aquellas con un Volumen mayor que 100000 m³ o una altura mayor que 5 metros a presentar propuesta de Clasificación.

No obstante los seres humanos, no entienden si el agua que les afecta en una potencial inundación como fallo de una infraestructura hidráulica, proviene de una Presa o de una Balsa, es decir lo que le importa es la altura de la lámina de agua y su velocidad. Para las Balsas y dentro del entorno que las caracteriza, se deberían plantear e implantar unos Planes de Emergencia eficaces y redunden en aumentar la “Seguridad Real”.

Si analizamos el éxito de aplicación de la normativa tanto a Presas como Balsas, los resultados a día de hoy no son nada esperanzadores.

- En Presas en 25 años de aplicación de la normativa aproximadamente el 100 % de todas ellas están clasificadas, siendo un 53% clasificadas como A ó B. Un 72% de las clasificadas como A ó B, tiene el Plan de Emergencia Elaborado y en fase de aprobación (50% de PE aprobados) [8]. No existen datos oficiales de la implantación de Planes de Emergencia de Presas, pero se estiman en un 12% (\approx 100 Presas) los Planes implantados. Es decir, que la propia normativa, pensada para presas y creada desde el enfoque de las Presas NO está teniendo los resultados esperados, y a día de hoy gran parte del parque nacional de Presas NO dispone de Planes de Emergencia elaborados y mucho menos implantados.
- Para Balsas NO se disponen datos oficiales accesibles ni a nivel nacional ni autonómico, pero las noticias que se tienen del número de balsas clasificadas respecto al total a clasificar estarían del orden entre el 1-5% del total, siendo muy reducido el número de balsas con Planes de Emergencia elaborados e implantados, y casi anecdótico las balsas con Planes de Emergencia implantados.

Este fracaso en la aplicación de la normativa tanto a nivel de Presas como en Balsas demuestra que el enfoque actual debería ser replanteado, tanto el proceso administrativo-burocrático, como las exigencias y requerimientos por parte de la Administración, estableciendo procedimientos más ágiles y siempre teniendo en cuenta la realidad del sector al que va dirigido y que finalmente todos estos documentos sean eficaces para el objetivo de aminorar los daños y proteger a la población potencialmente afectada.

En este sentido existen algunos aspectos para Balsas que se deberían analizar, replantear y reconsiderar su aplicación. Estos aspectos son:

Respecto a la Clasificación y Elaboración de los Planes de Emergencia

- La obligatoriedad de Clasificar a todas las Balsas con alturas mayores que 5 metros, obligaría a elaborar una propuesta de clasificación para un número de balsas entre 25000 y 50000, de las que la gran mayoría (>50%) se clasificarían como A ó B, por lo que serían miles de Balsas (>10000) [9] [10] para las que habría que elaborar el Plan de Emergencia e implantarlo. Actualmente con los mecanismos actuales sería imposible llevar a cabo esta ardua tarea.
- Las NTS de Presas gradúa las exigencias en seguridad (coeficientes de seguridad, períodos de retorno, etc..) según la clasificación de la Presa, lo que implica diferentes niveles de seguridad. La aplicación de coeficientes menores de seguridad para Balsas (o Presas) clasificadas como C compromete a la obra durante toda su vida, ya que un cambio de clasificación por modificación de su entorno, podría aumentar la clasificación, y además si los criterios de diseño no han sido holgados, la Balsa (o Presa) pasaría a una situación de inseguridad.
- Las Balsas son construcciones que en muchas zonas de España se ubican en zonas habitadas, por lo que cualquier modificación de su entorno (construcción de nuevas infraestructuras, edificaciones, etc...), podría llevar a un cambio de categoría. En caso de un aumento de la categoría (por ejemplo de C a A ó B) y exigencia de un Plan de Emergencia y posibles modificaciones en la Balsa, para aumentar su nivel de seguridad, ¿quién debería realizarlo, el titular de la Balsa o el responsable de las nuevas infraestructuras?. Este aspecto controvertido ha sido debatido en numerosos foros, sin que exista un criterio a día de hoy.
- Aunque los conceptos de Altura movilizable y Volumen movilizable se manejan habitualmente en la modelización de las roturas en balsas, no quedan reflejados ni definidos en ninguna normativa, por lo que en casos de balsas enterradas parcialmente o totalmente, que cumplan con alguno de los requisitos para ser clasificadas y dependiendo del criterio de la Administración competente, se exige su clasificación y por tanto la simulación de una rotura irreal, que podría obligar a la elaboración e implantación de un PE.
- Las hipótesis de rotura que habitualmente se manejan en Presas, no se ajustan a las Balsas, ya que para Balsas no existe una Avenida Extrema (excepto la que podemos considerar como lluvia sobre la Balsa para el cálculo del aliviadero), y además existen diferencias significativas al considerar una rotura por sobrevertido o por tubificación.[11] Además al estar las balsas ubicadas en puntos altos y collados de donde pueden partir una o varias vaguadas, suele implicar el estudio de varias roturas a lo largo del dique con características diferentes de tiempo de formación y anchura media de brecha. Este aspecto en un estudio riguroso de todas las posibles roturas e hipótesis implica un esfuerzo adicional de trabajo y recursos que se puede ver ampliado por ubicaciones con geometrías complejas, rotura encadenada y/o inducida de otras balsas, obstrucciones en la propagación de la onda de rotura e inundación de llanuras (flujos bidimensionales). En contraposición, para Presas no suele existir diferencia entre la rotura por sobrevertido o tubificación, y la propagación generalmente se realiza por un cauce definido y preferentemente mediante un flujo unidireccional [12].
- En la zonificación territorial de la potencial rotura tanto la propuesta de Clasificación como el Plan de Emergencia se tratan de ejercicios teóricos, intentando determinar, en las condiciones más adversas posibles, cuál sería la envolvente de la máxima zona afectada que se podría originar, qué afecciones se producirían y qué posibles daños se podrían ocasionar. La utilización de modelos matemáticos complejos, no implica necesariamente la

modelización correcta de una realidad compleja. En Balsas donde los recursos actuales son limitados y existe un gran número de estas infraestructuras, los métodos simplificados manuales tanto en la Clasificación como en los Planes de emergencia, deben ser una herramienta útil que permita el estudio de la hipotética rotura, estableciéndose metodologías simples que permitan el análisis de este fenómeno de una manera rápida y fiable.

- A efectos burocráticos la Clasificación simplemente es la justificación de la categoría de la Presa o Balsa. Esta clasificación se puede realizar con gran detalle, calculando y representando mapas de inundación de todas las zonas afectadas e hipótesis, y sentando las bases para el posterior desarrollo del Plan de Emergencia, o justificando la clasificación mediante juicio ingenieril, y en todo caso empleando métodos simplificados justificados. En los casos donde la clasificación sea obvia, el propio juicio ingenieril debe ser suficiente para poder formular la Clasificación debiéndose crear mecanismos y formularios simples de aplicación.

Respecto a la Elaboración e Implantación de los Planes de Emergencia

- La causa principal de rotura para Presas es el Sobrevertido, mientras que para Balsas es la Tubificación. Este tipo de rotura se produce progresivamente en unos intervalos de tiempo lo suficientemente grandes para su posible detección temprana y la toma de medidas inmediatas por el equipo de Explotación. Las medidas a tomar en caso de una incidencia serán:
 - Interrupción del llenado.
 - Vaciado.
 - Aviso urgente (si procede) a los organismos implicados (112) y/o elementos afectados.

Esta oportunidad de tiempo en la toma de medidas y de aviso, íntimamente ligada a una vigilancia de la obra, posibilita una gran variedad de sistemas de aviso a la población, así como el uso de sistemas de comunicación convencionales.

Las experiencias extraídas de las diferentes situaciones de emergencia de las que se tienen noticias, es que las medidas adoptadas para disminuir los posibles daños, han sido eficaces, resolviendo las situaciones de emergencia satisfactoriamente, sin la causa de daños personales, y en la mayoría de los casos sin aviso a instancias superiores o solo con aviso a Protección Civil.

- En Presas las situaciones de emergencia (Sobrevertido por Avenida) suelen estar asociadas a factores meteorológicos que pueden llegar a alterar las comunicaciones y por tanto sí que parece recomendable el uso de sistemas redundantes y con fiabilidad extrema. En Balsas las situaciones de emergencia suelen venir causadas a procesos de tubificación (no asociadas a factores meteorológicos extremos), por lo tanto parece más razonable que se utilicen las comunicaciones que habitualmente se utilizan por las entidades explotadoras (teléfono móvil principalmente, teléfono convencional, fax, internet, etc.) y que además el personal de la entidad está familiarizado con su uso. En este sentido la "Guía de Implantación para Planes de Emergencia en Presas" recomienda tener en cuenta el uso de las tecnologías aplicables en el momento de la implantación, ya el desarrollo de la tecnología permite un mayor número de posibilidades a la hora de la implantación.
- Los sistemas de aviso a la población deben responder al objetivo esencial de aviso a la población para su autoprotección, y dependiendo de cada infraestructura se podrá contar con un tipo de sistema único o una solución mixta [6]. En este sentido existen varias alternativas

como sistemas acústicos, telefónicos, luminosos, apps, avisos personalizados, que pueden ser implantados.

- La “Guía para la elaboración de Planes de Emergencia en balsas” para cada Escenario de rotura, indica como y con quién debe comunicar el Director del Plan de Emergencia. Con el fin de simplificar las actuaciones y centrarse en la situación de emergencia parece más eficaz la comunicación con un solo organismo (Protección Civil), y que Protección Civil comunique al resto de organismos en función del Escenario. Se tienen noticias de situaciones de emergencia solucionadas eficazmente solo con el aviso a Protección Civil.
- En Balsas prácticamente no existe auscultación, siendo casi imposible fijar umbrales, siendo el Director del Plan de Emergencia, apoyado por su equipo, quien determine el paso de un Escenario a otro. Además existe una lista interminable de indicadores dentro de la “Guía para la elaboración de Planes de Emergencia en balsas”, difíciles de interpretar. Estos indicadores deberían simplificarse a un número menor y fácilmente interpretable por el Director del Plan y equipo.

Respecto a la Implantación de los Planes de Emergencia

- Las inundaciones naturales (que pueden producir un sobrevertido en Presas) son un fenómeno periódico de origen natural, por lo que la población que permanece en la zona afectada, a lo largo de su vida tendrá que hacer frente a este fenómeno varias veces. Esta población está acostumbrada y por lo tanto es fácil ante la implantación de un Plan de Emergencia que reconozca el riesgo y dispuesta a contribuir. Sin embargo en las inundaciones por rotura en Balsas, es un fenómeno que posiblemente no se produzca nunca, y además tenemos la posibilidad de reducir la probabilidad para que no ocurra este fenómeno. Las zonas afectadas en este caso suelen ser zonas que nunca se han inundado. En este sentido habría que repensar el enfoque de la divulgación de la información a la población y posiblemente buscar alternativas para una divulgación más eficaz.
- Las NTS de Presas exigen que el Plan de Emergencia esté elaborado e implantado antes de la primera puesta en carga. Actualmente las tramitaciones suelen ser muy largas, del orden de años, lo que puede implicar un retraso para este tipo de obras, y por lo tanto una pérdida de oportunidad para la ejecución de estas infraestructuras.
- Según la Directriz cualquier anomalía o acontecimiento extraordinario que aconseje una intensificación de la vigilancia debe ser puesta en conocimiento de los organismos implicados. En Balsas son muy comunes incidencias y patologías que mal interpretadas podrían desencadenar alarmas injustificadas y colapso en la Administración. Se deberían buscar alternativas que permitan flexibilizar este tipo de situaciones.

4. Reflexiones Finales

Todo ello implica que se deba replantear el enfoque que actualmente se está aplicando, basado en:

1. El enfoque actual se traduce en una maraña burocrática lenta, ineficaz y de dudosa eficacia real para las posiblemente 50000-80000 balsas estimadas en España, debiéndose reflexionar sobre que tamaño (capacidad y/o altura de dique) se les exige aplicar la normativa. En este sentido una posible solución sería:
 - A corto plazo, sólo contabilizar $V > 100000 \text{ m}^3$ o $H > 10 \text{ m}$.
 - Aplicación por fases:
 - Fase a corto plazo: Actuación sobre las balsas en las que la Administración ejerza como entidad explotadora, y todas aquellas balsas de mayor entidad. En esta fase

también se deberían incluir aquellas balsas, con conocimiento de la Administración, que por su situación y estado de conservación, estén generando una situación de riesgo no aceptable.

- Fase a medio plazo: En esta fase se analizarían todas aquellas balsas con volúmenes superiores a 100000 m³ o alturas superiores a 10 m, tanto públicas como privadas.
 - Fase a largo plazo: En esta fase se analizarían el resto de balsas.
2. Es fundamental la incorporación de la gestión de la emergencia desde las primeras incidencias por parte de Protección Civil, como ha quedado demostrado en diversos incidentes, donde Protección Civil gestionó y organizó el aviso a los puntos e infraestructuras afectadas por toda la zona inundada eficazmente, siendo buenos ejemplos de eficacia por parte de los Organismos preparados para ello.
 3. La incorporación de Protección Civil activa desde el principio de la Emergencia, tomando el control de las comunicaciones y avisos. Lo que implica eliminar el aviso en la primera media hora por parte del Director del Plan de Emergencia.
 4. Eliminación del sistema de aviso a la población mediante sirenas y sustitución por sistemas asociados a las nuevas tecnologías de comunicación y drones o aquellos que considere más adecuados Protección Civil.
 5. Integración de los Planes de Emergencia dentro del sistema de Explotación de la Balsa. Los equipos de explotación e técnicos relacionados con la obra, han resuelto de forma eficaz la emergencia. Estos equipos son conocedores de la obra y de su entorno, lo que permite una respuesta rápida y eficaz frente a cualquier evento.
 6. Mismos criterios de Seguridad para Balsas que dependan de la Administración central y Autonómica, en un mismo territorio.
 7. Habría que reflexionar sobre los recelos y desconfianza que se está creando entre la población en contra de las obras hidráulicas, pudiendo acarrear mayores daños de los que se intenta resolver, creando finalmente un rechazo tanto de la población en general como de las propias entidades a este tipo de exigencias. El sistema actual con reparto de trípticos de la zona inundable crea una falsa alarma injustificada, que indirectamente genera una oposición a la obra hidráulica en general, y a las balsas en particular, paradójicamente creado por el propio sector hidráulico. Se trata de proteger a la población NO de alarmar a la población.
 8. Desde el punto de vista de Seguridad, se debería realizar un mayor esfuerzo en la fase de Explotación, debiéndose garantizar unos planes de Vigilancia y Explotación efectivos y que realmente aseguren un buen estado de la infraestructura y un aviso en caso de emergencia. En este sentido es importante que se busquen mecanismos para la rehabilitación de balsa, que permitan la reimpermeabilización y que por lo tanto realmente se aumente el nivel de Seguridad. Una balsa de más de 20 años, con una geomembrana envejecida, NO es más segura por que tengamos un documento como el Plan de Emergencia. La Administración debería implicarse para desarrollar sistemas que permitan la financiación para la sustitución de las geomembranas envejecidas y aumento del nivel de seguridad en general, pudiéndose vincular estos trabajos a la implantación de los Planes de Emergencia.
 9. Las futuras NTS de Balsas se deberían adaptar a la realidad del sector, y resolver los impedimentos que a día de hoy retrasan alarmantemente el establecimiento de un marco normativo para las Balsas, que finalmente permita un desarrollo y explotación sostenible tanto del sector como del parque de balsas. También sería necesario la elaboración de diferentes guías, documentos y metodologías

que permitan de una manera eficaz, segura y sencilla regularizar y normalizar estas infraestructuras.

Es necesario precisamente por la seguridad, la simplificación y el replanteamiento de las Propuestas de Clasificación, Planes de Emergencia y sobre todo su Implantación, en Balsas, para que sean realmente eficaces.

Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por el proyecto SISIFO (Desarrollo de herramientas analíticas para caracterizar la Sostenibilidad de los sistemas hidráulicos Indicadores que definen Objetivos de desarrollo sostenible) PID2020-114781RA-I00 del Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica e Innovación 2017-2020.

Referencias

- [1] J. Adalid, C. Ferrer, and J. Torregrosa, Guías para el proyecto, construcción, explotación, mantenimiento, vigilancia y planes de emergencia de las balsas de riego con vistas a la seguridad. Valencia: Consellería de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge https://www.cma.gva.es/comunes_asp/documentos/agenda/Cas/62949-balsas_indices.pdf, 2009.
- [2] J. M. Gonzalez Ortega, "Reflexiones acerca de la situación actual y la seguridad de las balsas en España.," in X Jornadas de Presas. Valladolid., 2010, pp. 1–10.
- [3] J. M. Gonzalez Ortega, R. Segura Graiño, and F. J. Sánchez Cabezas, "Situación actual de las balsas y los pequeños embalses en España.," in II Congreso Internacional de Impermeabilización sobre Proyecto, Construcción e Impermeabilización de balsas (Palma de Mallorca, Abril de 2009), 2009.
- [4] F.-J. Sánchez-Romero, "Criterios de seguridad en balsas de tierra para riego," Universitat Politècnica de València, 2014.
- [5] Gobierno de España, Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones. 1995, p. 29.
- [6] Ministerio de Medio Ambiente de España, Guía técnica para la elaboración de los planes de emergencia de presas. 2001, p. 164.
- [7] Gobierno de España, Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril. 2008, pp. 3141–3149.
- [8] MITECO, "No Title," 2020. [Online]. Available: <https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/seguridad-de-presas-y-embalses/gestion-seguridad-presas/planes.aspx>. [Accessed: 20-Sep-2021].
- [9] F. A. Zapata Raboso, "Análisis del comportamiento histórico de balsas de tierra en la Provincia de Alicante. Criterios de Diseño.," Universidad Politécnica de Valencia, 2003.
- [10] F.-J. Sánchez-Romero, "Water management and safety issues in Agricultural Water Reservoirs in Spain."
- [11] F. J. Sánchez-Romero et al., "Estudio numérico para la elaboración de mapas de inundación considerando la hipótesis de rotura en balsas para riego ," Ing. del agua, vol. Vol. 23, N, 2019.
- [12] F. J. Sánchez-Romero et al., "Planes de Emergencia en Balsas: La influencia del coeficiente de rugosidad en la definición de los grados de afección por hipótesis de rotura en balsas."