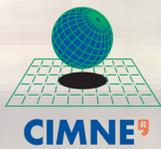




Investigación en Seguridad de Presas y Aliviaderos



Miguel Ángel Toledo Municio, Rafael Morán Moya, Francisco Javier Caballero Jiménez, León Morera González, Ricardo Manuel Monteiro Alves, Cristian Ponce Farfán y Raffaella Pellegrino (Grupo SERPA, UPM)
Fernando Salazar González, Antonia Larese de Tetto, Javier San Mauro Sáiz, Joaquín Irazabal González (CIMNE)
Luis Balairón Pérez, Tamara Ramos del Rosario, Angel Lara Domínguez, Rafael Cobo Rayán, Víctor Elviro García, Lucía Turrero Ruíz y José Luís García Ramos (CEDEX)

La creciente demanda de seguridad en las sociedades modernas ha dado lugar a la elaboración de nuevos reglamentos y manuales técnicos para proteger las infraestructuras críticas en países de todo el mundo.

Uno de estos grupos de infraestructuras críticas son las presas, y como resultado, será necesario en los próximos años actuar en numerosas presas existentes. Existe, por tanto, una necesidad de medidas rentables que han de conseguirse, ineludiblemente, a través de un avance tecnológico que puede proceder, en una parte importante, del avance en el conocimiento de lo que hoy conocemos como “medidas no convencionales”.

En este sentido, el Grupo de Investigación en SEguRidad de Presas y Aliviaderos (SERPA) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), el Centro Internacional de Métodos Numéricos para la Ingeniería (CIMNE) y el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX han establecido en los últimos tiempos una alianza estable para la investigación de diversos aspectos relacionados con la seguridad de las presas.

Sus líneas prioritarias de investigación son:

- ✓ Aliviaderos: Aumento de su capacidad en presas existentes y tipologías no convencionales.
- ✓ Mecanismos de rotura de presas de materiales sueltos y sistemas de protección para mejorar su seguridad.
- ✓ Análisis del comportamiento de presas y evaluación de su seguridad con el apoyo de técnicas de inteligencia artificial.

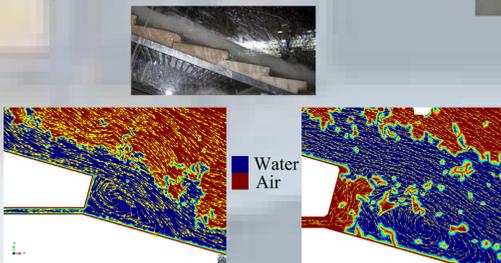
Entre los integrantes de los equipos de investigación se cuenta con ingenieros con amplia experiencia profesional en el sector de la ingeniería de presas, lo que ha permitido orientar sus líneas de investigación a la resolución de problemas prácticos relevantes en el contexto actual de la tecnología.

Protecciones de presas: ACUÑA/DIABLO

Múltiples técnicas de protección de presas de tierra se han aplicado con éxito en todo el mundo, aunque muchas de ellas todavía no se han testado adecuadamente para darles generalidad. Esto deriva en una falta de credibilidad para los usuarios potenciales que prefieren soluciones más convencionales y costosas. Por tanto, aún son necesarias investigaciones adicionales para mejorar los criterios y metodologías de diseño actuales de protecciones y aliviaderos no convencionales, para que se generalice su uso.

Un caso particular de técnica de protección y aliviadero no convencional son los bloques prefabricados de hormigón en forma de cuña (WSB). Esta tecnología tiene una larga historia y ha demostrado su fiabilidad práctica, pero tuvo un desarrollo lento a través de décadas.

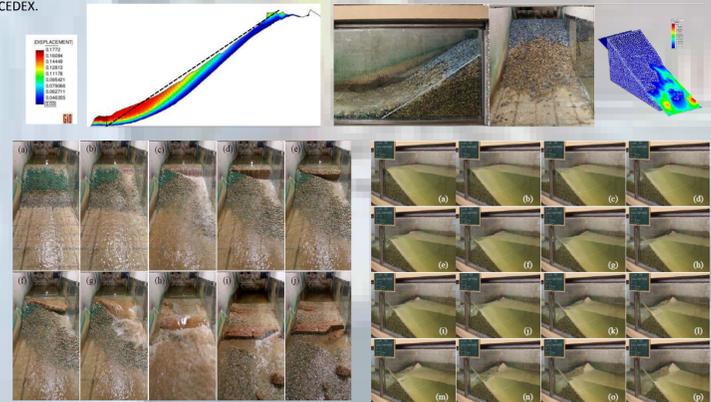
Tras la construcción de la presa de Barriga (2007) en España, en la que se dispuso un aliviadero WSB sobre el propio cuerpo de presa de escollera, se puso de manifiesto la falta de criterios generales de diseño, y se planteó el proyecto de investigación ACUÑA, que tendrá continuidad en los próximos tres años (2015-2017) con el proyecto DIABLO. El objetivo final de ambos proyectos es completar el conjunto de conocimientos necesarios para disipar las incertidumbres teóricas en cuanto a los criterios generales de diseño de protecciones WSB y mejorar el diseño hidráulico y estructural de los bloques WSB disponibles en la actualidad.



Mecanismos de rotura de presas de materiales sueltos: XPRES/eDAMS

La actualización de la información hidrológica y los criterios de diseño a menudo conducen a que los caudales con que fueron diseñados las antiguas presas sean insuficientes. Además, las sociedades cada vez más conscientes de los riesgos de inundación requieren un análisis más riguroso de los efectos de la rotura de una presa incluyendo la evaluación del inicio y avance de la rotura, la estimación del caudal de rotura de la presa, la formación de la brecha, la propagación de la onda de inundación y los sistemas de alerta temprana. Dentro de este escenario las presas de materiales sueltos son especialmente vulnerables a los procesos de sobrevertido que pueden conducir a su fallo estructural.

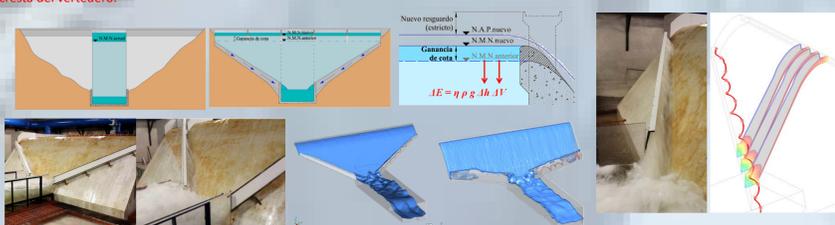
El objetivo de esta línea de investigación es caracterizar el proceso de rotura de una presa de escollera por sobrevertido y obtener una herramienta de cálculo que permita a los encargados de la explotación de una presa conocer las condiciones críticas durante un proceso de sobrevertido como: estimar el caudal de inicio de la rotura, el grado de avance de la rotura y el caudal de rotura del espaldón de escollera (proyecto XPRES) y del elemento impermeable una vez pierde el apoyo en el espaldón (proyecto eDAMS). Para ello se han realizado ensayos en modelo físico en las instalaciones del Laboratorio de Hidráulica de la Escuela de Caminos de la Universidad Politécnica de Madrid (U.P.M.) y del Centro de Estudios Hidrográficos (CEDEX). El modelo numérico del proceso de rotura lo viene desarrollando el Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería (CIMNE), teniendo en cuenta para la calibración y validación del código los resultados experimentales obtenidos en la U.P.M. y el CEDEX.



Aliviaderos: ALCON/ LABERINTOS/ POLILAB

Los proyectos de investigación centrados en aliviaderos no convencionales persiguen definir criterios generales para el diseño de aliviaderos de forma que los mismos permitan un importante aumento en la capacidad de descarga con respecto a la que tendría un aliviadero convencional en su lugar, aspecto que resulta de interés en las directrices más recientes de seguridad de presas.

Así, el proyecto ALCON aborda los aliviaderos de cajeros altamente convergentes. Esta tipología, que se ubica sobre el cuerpo de presas de hormigón gravedad, se caracterizan por permitir que una longitud mucho más amplia de la coronación que la restringida a la anchura del cauce pueda ser empleada en el vertido. Así mismo permite también una mejora en la capacidad de generación de energía hidroeléctrica pues da lugar a una maximización de la capacidad de embalse y salto como consecuencia de la reducción de la carga hidráulica sobre la cresta del vertedero.

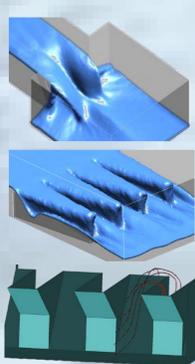


En general, los proyectos de investigación con aliviaderos no convencionales combinan los modelos físicos y numéricos, que interactúan en un proceso de retroalimentación. Inicialmente, los modelos computacionales apoyan el diseño del modelo hidráulico y facilitan la definición de la campaña de ensayos, que una vez comenzada sirve como referencia para la calibración y la optimización de los modelos numéricos. La calibración y validación del modelo numérico, permite una medición mucho más abundante y la introducción de más variaciones en los parámetros del problema.

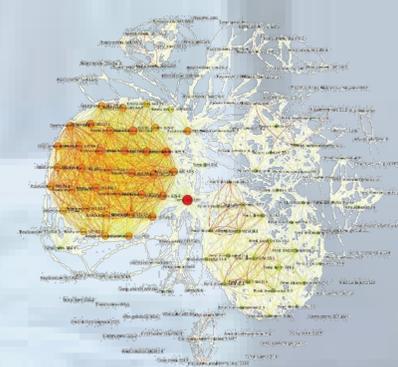


El proyecto LABERINTOS, en colaboración con Jesús Granell Ingenieros Consultores S.L., pretende caracterizar el comportamiento hidráulico de los vertederos tipo laberinto, marcadamente tridimensional y por lo tanto, complejo, pero simplificable si se consiguen aislar los distintos fenómenos hidráulicos que confluyen al objeto de cuantificar su efecto en la capacidad hidráulica. Estos fenómenos son la oblicuidad de las caras del vertedero, la interferencia de láminas en los vértices de aguas arriba y la depresión gradual de la lámina en la aproximación a los vértices de aguas abajo, siendo su estudio detallado el principal objetivo de la primera fase de la investigación, de cara a definir criterios de predimensionamiento y de dimensionamiento óptimo de este tipo de aliviaderos.

La segunda fase, el proyecto POLILAB, pretende obtener un prototipo de compuerta que combine la forma de los aliviaderos en laberinto y el fondo inclinado de los de tecla de piano, con la posibilidad de diseñar la compuerta de modo que vuelque a partir de un cierto nivel de agua y que además cuente con un sistema de seguridad que permita recuperar fácilmente la compuerta, minimizando los daños y el coste que supone dicha pérdida.



Análisis y predicción del comportamiento: SEPRISIS/iCOMPLEX/AIDA



Existe a nivel mundial un patrimonio importantísimo de infraestructuras críticas y/o de alto riesgo potencial. En función de su tipología, muchas de estas infraestructuras críticas están dotadas de una cantidad importante de instrumentos de medida que sirven al gestor para evaluar la seguridad de la infraestructura a través del control de multitud de variables.

Con el transcurso de la explotación de la infraestructura, los registros de datos de las variables controladas van creciendo a un ritmo importante, pudiendo acumularse miles de valores que contienen información potencialmente útil sobre el comportamiento del sistema. Sin embargo, los procedimientos de análisis e interpretación de estos datos son en general limitados, no se han adecuado a la capacidad de cálculo de los ordenadores actuales y desaprovechan gran cantidad de información. Al amparo de este crecimiento de la capacidad de cálculo, se han desarrollado un conjunto de novedosas técnicas (minería de datos, redes bayesianas, redes neuronales, teoría de sistemas complejos) capaces de extraer mucha más información de utilidad, desmenuzando fenómenos y relaciones hasta el momento desconocidos, pudiendo detectar comportamientos anómalos y permitiendo hacer predicciones en base al comportamiento conocido, habiéndose aplicado con éxito a otros campos de la ciencia.

La misión principal de estos proyectos es el desarrollo de un paquete informático, que implemente el proceso de adquisición, tratamiento y análisis de los datos registrados en el conjunto de sensores de control de las infraestructuras críticas, así como de presentación de los resultados, destacando por la incorporación de procedimientos de análisis de gran potencia. "iCOMPLEX" será la base de una línea de productos informáticos comercializables de control y evaluación de la seguridad específicos para cada tipo de infraestructura crítica.

La principal innovación de este proyecto radica en la puesta de todas estas técnicas a disposición de la gestión y la seguridad de las infraestructuras críticas, ya que a día de hoy esto aún no ha sido realizado en la gran mayoría de instalaciones, existiendo únicamente antecedentes de aplicación de estas novedosas técnicas de forma separada y en muchos casos solo a nivel de investigación.

