

# IMPLEMENTACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO A LA SEGURIDAD DE PRESAS APLICACIÓN AL COMPLEJO CERROS COLORADOS

Rodolfo Dalmati<sup>1</sup>, J. Facundo Souto<sup>2</sup>, Florencia Zarauz<sup>1</sup>, Ailín Pertierra<sup>1</sup> y Ricardo Vallejos<sup>3</sup>  
Ignacio Escuder-Bueno y Adrián Morales Torres<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Organismo Regulador de Seguridad de Presas (ORSEP) de Argentina y Universidad de Buenos Aires.

<sup>2</sup>Organismo Regulador de Seguridad de Presas (ORSEP) de Argentina y Universidad Tecnológica Nacional.

<sup>3</sup>Organismo Regulador de Seguridad de Presas (ORSEP) de Argentina .

<sup>4</sup>IPRESAS Risk Analysis y Universitat Politècnica de València.

E-mail: redalmati@orsep.gov.ar iescuder@hma.upv.es

## Introducción

El presente trabajo describe el proceso que se ha llevado a cabo para completar el análisis de riesgos para el sistema de presas del Complejo Cerros Colorados.

En el marco de este trabajo, se incluye el cálculo cuantitativo, la evaluación del riesgo para las presas del Complejo Cerros Colorados y el estudio de medidas de reducción de riesgo. Por último, para terminar el trabajo, se presenta un análisis de sensibilidad de ciertos parámetros y priorización de medidas.

## Descripción del Complejo Cerros Colorados

El Complejo Cerros Colorados está ubicado en el río Neuquén y se utiliza para la generación de energía hidroeléctrica, control de inundaciones y suministro de agua para uso agrícola, con un volumen total de embalse de 41605 hm<sup>3</sup> y una capacidad de generación de energía de 462 MW. Este sistema es operado por Orazul Energy una empresa privada y pertenece a la cuenca del río Negro, que tiene una autoridad de cuenca, la Autoridad Interjurisdiccional de la Cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro (AIC). Como se muestra en la Figura 1, este sistema está compuesto por cuatro presas principales:

- Portezuelo Grande: Presa de materiales sueltos de grava, de 15 m de alto y 3250 m de largo.
- Loma de la Lata: Presa de materiales sueltos de núcleo de arcilla, de 15 m de alto y 3768 m de largo.
- Planicie Bandेरита: Se encuentra aguas abajo del embalse Mari Menuco y contiene las dos turbinas hidroeléctricas. Es una presa de materiales sueltos de núcleo de arcilla, de 85 m de alto y 545 m de largo.
- El Chañar: Presa de materiales sueltos con núcleo de arcilla en una parte y con pantalla de hormigón en otra, de 17.5 m de alto y 6700 m de largo.



Figura 1.- Sistema Cerros Colorados.

## Revisión de la información y visita de campo

La revisión de la información disponible constituye un aspecto

fundamental para garantizar la robustez de los trabajos. Para la realización de este se ha revisado el Archivo Técnico de la presa y se ha consultado a los ingenieros responsables de la explotación de la presa.

El siguiente paso para la realización de un análisis de riesgos es la visita a la presa. Esta fase del proceso constituye una fuente de información muy valiosa en tanto que permite comprobar las condiciones aparentes en las que se encuentran las presas y detectar particularidades que, por su naturaleza, o simplemente por los constantes cambios que sufren las estructuras a lo largo del tiempo, no se encuentran detalladas en la documentación oficial escrita.

## Situación actual e identificación de modos de fallo

El entendimiento de la situación actual de las presas del sistema Cerros Colorados, en términos de comportamiento y seguridad en general, constituye un paso previo a la identificación de modos de fallo. El diagnóstico de la situación actual está basado en la revisión de la información disponible, las visitas realizadas a las presas y la discusión del estado de las presas realizadas previamente a la identificación de modos de fallo.

La identificación de modos de fallo consta de sesiones grupales en las cuales participan distintos actores vinculados al sistema, e incluye procesos de análisis de información, visitas técnicas, etc. Esto, con el objetivo último de identificación de modos de fallo, junto con sus correspondientes factores que hacen que dicho fallos sean más o menos posibles de ocurrir.

En total, para el sistema Cerros Colorados se identificaron veinte potenciales modos de fallo resumidos en la Figura 2.

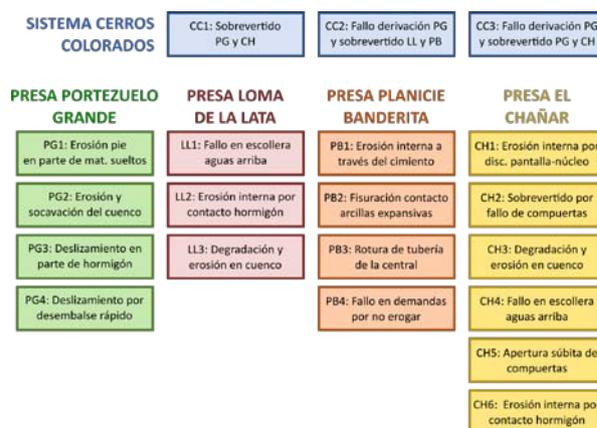


Figura 2.- Resumen de los modos de fallo identificados en el sistema de Cerros Colorados.

De estos, los que más preocupan a los participantes de las sesiones, son los relacionados a factores hidrológicos.

Se realizó su clasificación por grados basada en las recomendaciones de FERC (Federal Energy Regulatory Commission)<sup>1</sup> de Estados Unidos. A partir de esta clasificación, se decidió incluir en el modelo de riesgo cuantitativo

únicamente los modos de fallo relacionados con el sobrevertido (modos de fallo 1, 2, 3 y 16) y el modo de fallo por pérdida de abastecimiento a demandas (modo de fallo 14).

### Arquitectura del modelo de riesgo

La arquitectura del modelo de riesgo ha sido desarrollada mediante el software iPresas Calc, que permite calcular el riesgo en una presa mediante la utilización de un árbol de eventos y su diagrama de influencia. Esta arquitectura vincula los modos de fallo con la probabilidad de las solicitaciones que los producen (escenario normal o hidrológico) así como con sus consecuencias por rotura de la presa.

La Figura 3 muestra la arquitectura completa del modelo de riesgo elaborado para el sistema Cerros Colorados para los modos de fallo por sobrevertido.

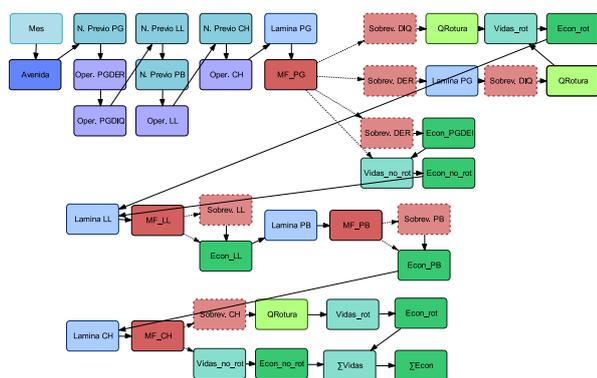


Figura 3.- Arquitectura del modelo de riesgo del Sistema Cerros Colorados.

Cabe destacar que el riesgo calculado es exclusivamente el derivado de las consecuencias incrementales por rotura de la presa, es decir, descontando todas aquellas consecuencias que habrían sucedido, para el mismo evento, sin ocurrencia de la rotura o fallo de la presa. Las consecuencias se estiman, por separado, en términos económicos (siendo las unidades de riesgo anual millones de dólares por año) y de pérdida potencial de vidas humanas (siendo las unidades de riesgo anual vidas por año). Finalmente, cabe destacar que se estimó también el riesgo total de inundación aguas abajo de las presas, lo que permitió tener una visión más global y analizar los daños totales por inundación aguas abajo en los casos de rotura y de no rotura.

### Evaluación del riesgo

La evaluación de riesgo es el proceso en el cual se evalúa la importancia del riesgo asociado a la rotura de una presa. Para ello, se compara el riesgo obtenido para la situación inicial (caso base) con recomendaciones de tolerabilidad o estándares internacionales existentes.

Las mismas se toman del USBR y están basadas en valores de riesgo promedio y se representan en gráficos del tipo fN. En estos gráficos se representa en el eje vertical la probabilidad de rotura ( $f$ ) y en el horizontal la pérdida de vidas ( $N$ ). Así, el riesgo sería la dimensión que combina los dos ejes.

### Medidas de reducción del riesgo

Se han analizado diferentes acciones de reducción de riesgo, para comparar su efecto en los resultados de riesgo. Estas son:

- 1- Construcción de una nueva presa aguas arriba llamada Chihuido I.

- 2- Ampliación del aliviadero lateral de Portezuelo Grande
- 3- Nuevas reglas de Operación de compuertas.
- 4- Mejora de confiabilidad de compuertas en El Chañar.
- 5- Mejor coordinación en los procedimientos de emergencia

### Resultados de riesgo

El efecto sobre los resultados de riesgo de estas acciones se muestra en un gráfico fN en la Figura 4.

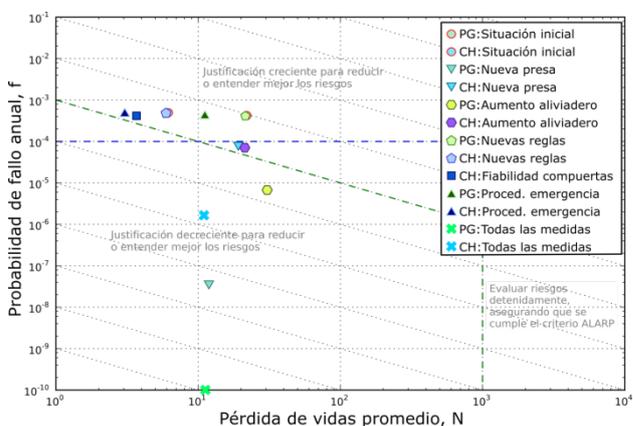


Figura 4.- Efecto de las medidas de riesgo analizadas representadas en un gráfico fN.

### Conclusiones

La aplicación del análisis de riesgos en las presas de Cerros Colorados presentó algunos beneficios derivados directamente de la naturaleza del proceso en sí ya que permitió crear un amplio grupo de trabajo con la participación de expertos internacionales. Este intercambio de conocimiento, combinado con la revisión detallada de la información disponible, fue muy importante para caracterizar el estado de seguridad actual de las presas durante las sesiones de identificación de modos de fallo. En este sentido, la AIC ha sido un fuerte apoyo para obtener información hidrológica y datos de cuencas.

Los resultados obtenidos se utilizarán para orientar y justificar actividades futuras de informes de respuesta a presas y acciones para mejorar la seguridad de la presa.

### Bibliografía

- Universidad Politécnica de Valencia, IPRESAS, "Procedimiento para la identificación y análisis de modos de falla en presas", 2014.
- IPRESAS, "Manual de Usuario. iPresas calc. Versión 1.0.2". Valencia, España. 2014.
- Comité Nacional Español de Grandes Presas (SPANCOLD), "Análisis de Riesgo Aplicado a la Seguridad de la Presa. Guía técnica sobre el Funcionamiento de Presas y Embalses", vol. 1. Madrid: Asociación Profesional de Ingenieros Civiles. 2012.
- United States Bureau of Reclamation, "Dam Safety Public Protection Guidelines - A Risk Framework to Support Dam Safety Decision-Making", 2011.
- Dr. M. C. Quick, F. Losano, A. Martín, "Revisión de la estimación de la crecida máxima probable (CMP) del Río Neuquén, Argentina", 2008.
- A. Morales-Torres, A. Serrano-Lombillo, I. Escuder-Bueno, Y L. Altarejos-García, "La idoneidad de los indicadores de reducción de riesgos para informar la gestión de la seguridad de las presas", Vol. 12, N°. 11, pp. 1465-1476, 2016.
- United States Bureau of Reclamation, "Risk Based Profiling System", 2011.