

2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

AILÍN PERTIERRA

ORGANISMO REGULADOR DE SEGURIDAD DE PRESAS

09/07/2019

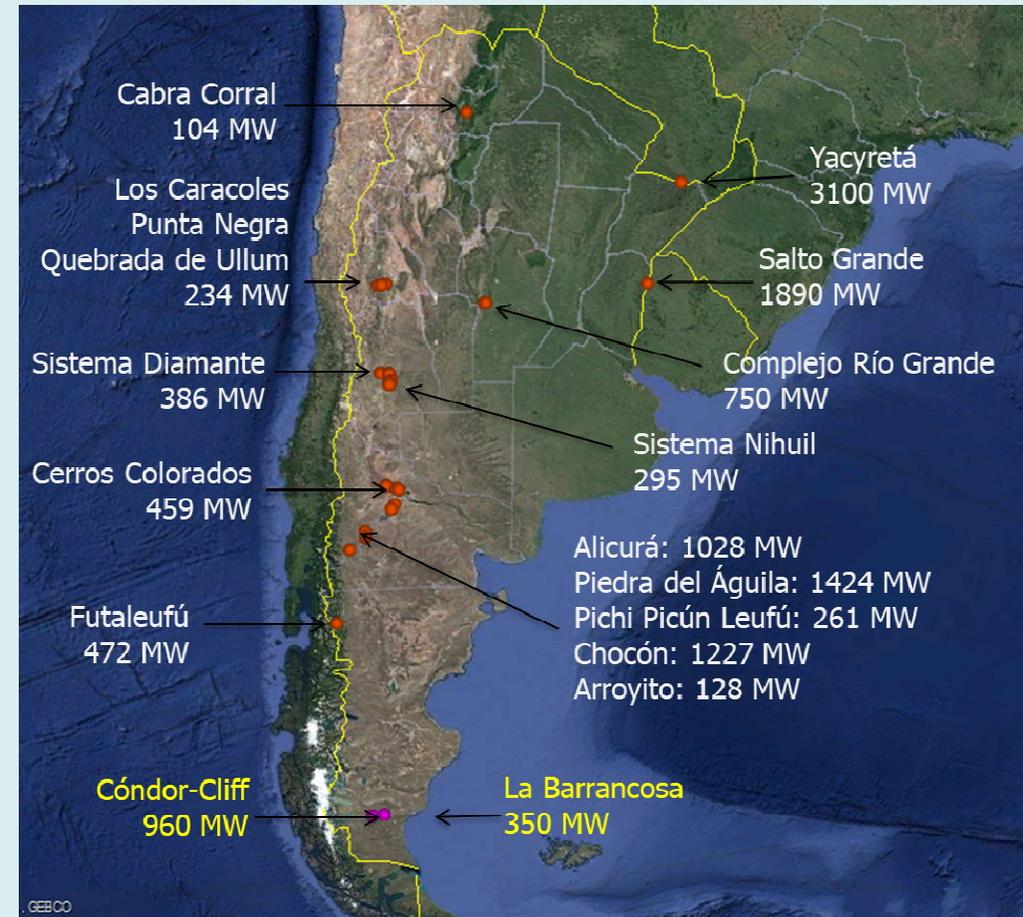




2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

GESTIÓN DE PRESAS EN ARGENTINA

- El agua, como el resto de los recursos naturales, es propiedad de las provincias.
- Existen aproximadamente 700 presas (de todo tipo) en Argentina, aproximadamente 125 son consideradas grandes presas por ICOLD.
- La mayoría de las presas en la Argentina son propiedad de **estados provinciales** y privados.
- **31** presas, azudes y centrales hidroeléctricas pertenecen al **Estado Nacional**. Estas se encuentran concesionadas a privados a través de la Secretaría de Energía y son controladas por ORSEP en cuanto a la seguridad estructural y operativa.
- Las Centrales Hidráulicas poseen 33% de la potencia eléctrica instalada de la Argentina. Las CH nacionales representan el 59% de esa potencia instalada.



Principales Centrales Hidroeléctricas de la Argentina



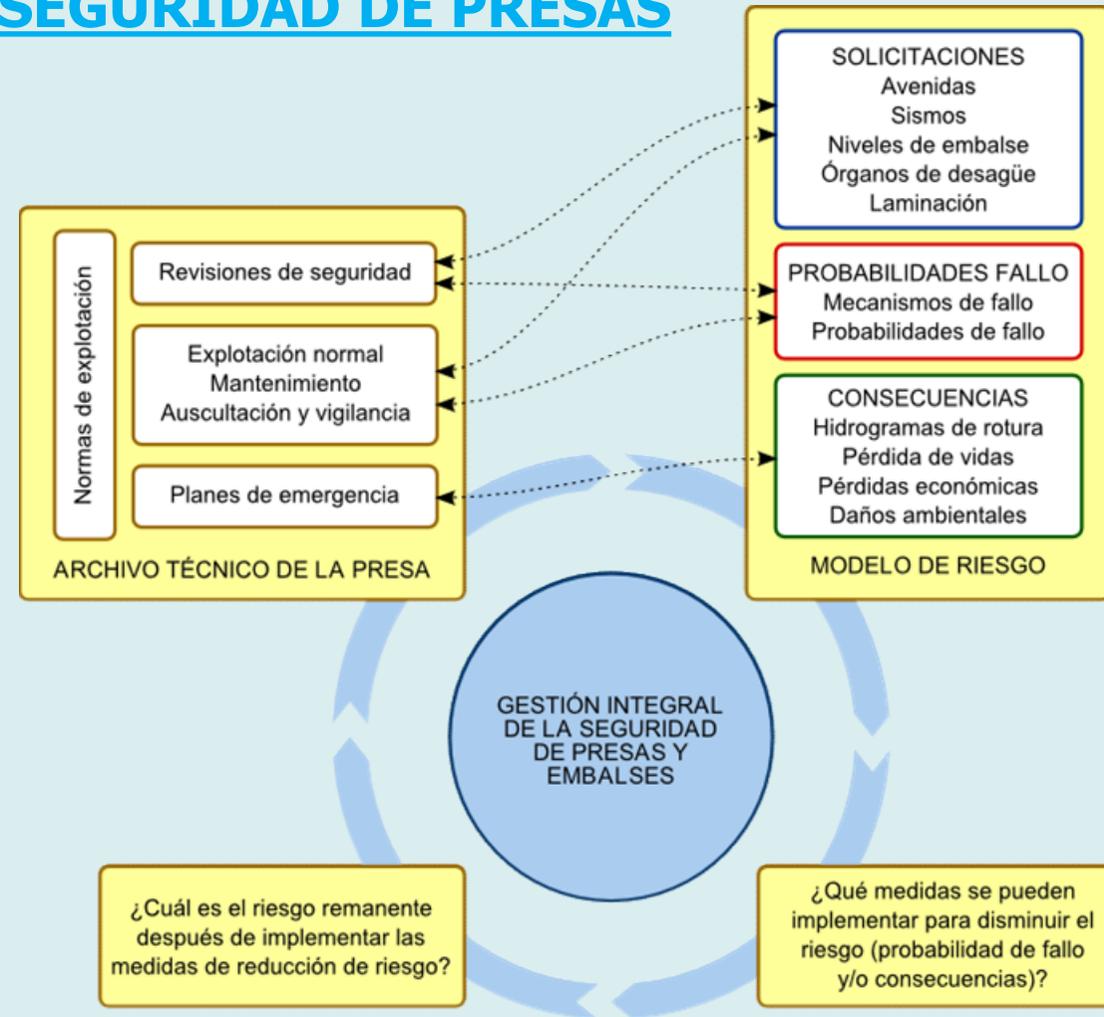
2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO APLICADO A LA SEGURIDAD DE PRESAS

RIESGO: oportunidad de producirse pérdidas o daños, entendidos como una medida de la probabilidad y severidad de los efectos adversos sobre la población y los bienes (salud, propiedad, el medio ambiente y todo otro elemento de valor).

Riesgo = Probabilidad x Consecuencias





2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO APLICADO A LA SEGURIDAD DE PRESAS

- 1) ORSEP, junto a iPresas, llevó a cabo un análisis de cribado (Screening) sobre **26** presas de las presas fiscalizadas por él. 2017.
- 2) ORSEP desarrolló una metodología general para la cuantificación de consecuencias económico – financieras producto de inundaciones fluviales. Se aplicó al caso del Complejo Cerros Colorados considerando economía regional. Luego, generó base de datos mínimos georreferenciados a nivel nacional. 2017.
- 3) ORSEP, junto a iPresas, completó el análisis de riesgo cuali–cuantitativo del Complejo Cerros Colorados. 2017.
- 4) ORSEP ha iniciado un plan para realizar el análisis de riesgo de las 22 presas restantes incluidas en el análisis de cribado en un plazo de 5 años. 2017-2021.
- 5) A través de un Convenio con la Comisión Técnica Mixta de Salto Grande, y en forma conjunta con iPresas, ORSEP está realizando el análisis de riesgo cuali-cuantitativo de la presa de Salto Grande.



2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

1

**ANÁLISIS DE CRIBADO
SOBRE 26 PRESAS
FISCALIZADAS POR ORSEP**



2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO A NIVEL CRIBADO: FUNDAMENTOS

- Metodología “Risk Based Profiling System” (RBPS) de análisis de riesgo. Se basa en el **concepto de riesgo** para estimar índices que permiten evaluar en forma comparativa un **grupo de presas**.
- Es una herramienta de análisis de riesgo simplificada desarrollada por el USBR que permite comparar de forma homogénea varias presas fiscalizadas por un mismo organismo de control.
- Se requiere:
 - Conocer la presa.
 - Recopilar y analizar la información técnica referida a las actividades ordinarias y a la documentación de proyecto.
- Es una **herramienta de gestión**:
 - Los resultados permiten **identificar** aquellas estructuras que potencialmente representan un **mayor riesgo** y que requieren un análisis en **mayor profundidad**.
 - Ayuda en la **planificación de los recursos** y actuaciones de seguridad entre presas de distintas características y circunstancias.



ANÁLISIS DE RIESGO A NIVEL CRIBADO: FUNDAMENTOS

RIESGO

El concepto de riesgo se basa en la probabilidad de ciertos eventos y en los efectos que estos eventos produzcan sobre la salud, la propiedad, el medio ambiente y todo otro elemento de valor.

$$R \approx \sum \left[P(\text{solicitaciones}) \cdot P\left(\frac{\text{rotura}}{\text{solicitaciones}}\right) \cdot \text{Consecuencias} \right]$$



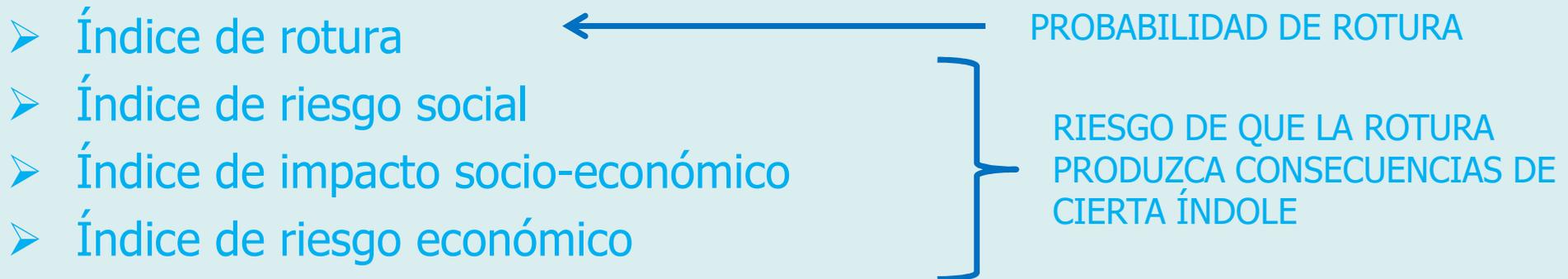
Los índices (rotura o riesgo) pueden caracterizar un escenario o la suma de los mismos



2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO A NIVEL CRIBADO: ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA

- La metodología considera 3 escenarios de sollicitación (explotación ordinaria, hidrológico y sísmico), pero además establece un cuarto componente / índice, con menor incidencia, que considera los aspectos humanos y conyunturales. Este aspecto no representa una sollicitación en sí, pero representa un factor de potencial riesgo. El índice de rotura de la presa es la suma de 4 índices.
- Se han obtenido los siguientes índices que caracterizan la probabilidad de fallo y el riesgo (combinación de probabilidad de fallo y severidad de las consecuencias):





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO A NIVEL CRIBADO: ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA

- **Índice de riesgo social.** El factor de pérdidas de vidas humanas representa la cantidad de personas que potencialmente podrían perder su vida en caso de rotura de la presa. Su estimación de basa en la población en riesgo, la distancia a la presa, el tiempo de aviso y el tipo de rotura.
- **Índice de riesgo socio – económico.** Para resaltar la efectividad e importancia de esas medidas no estructurales, cuyo exponente más claro es la implantación de los planes de acción durante emergencia (P.A.D.E.), el análisis de cribado proporciona un Índice socio-económico que equivale al riesgo bruto que la presa impone, puesto que se obtiene operando directamente con los valores de la población en riesgo y los índices de rotura.

Población en riesgo: conjunto de personas que estarían directamente expuestas a los efectos de una avenida en caso de no resultar evacuadas.

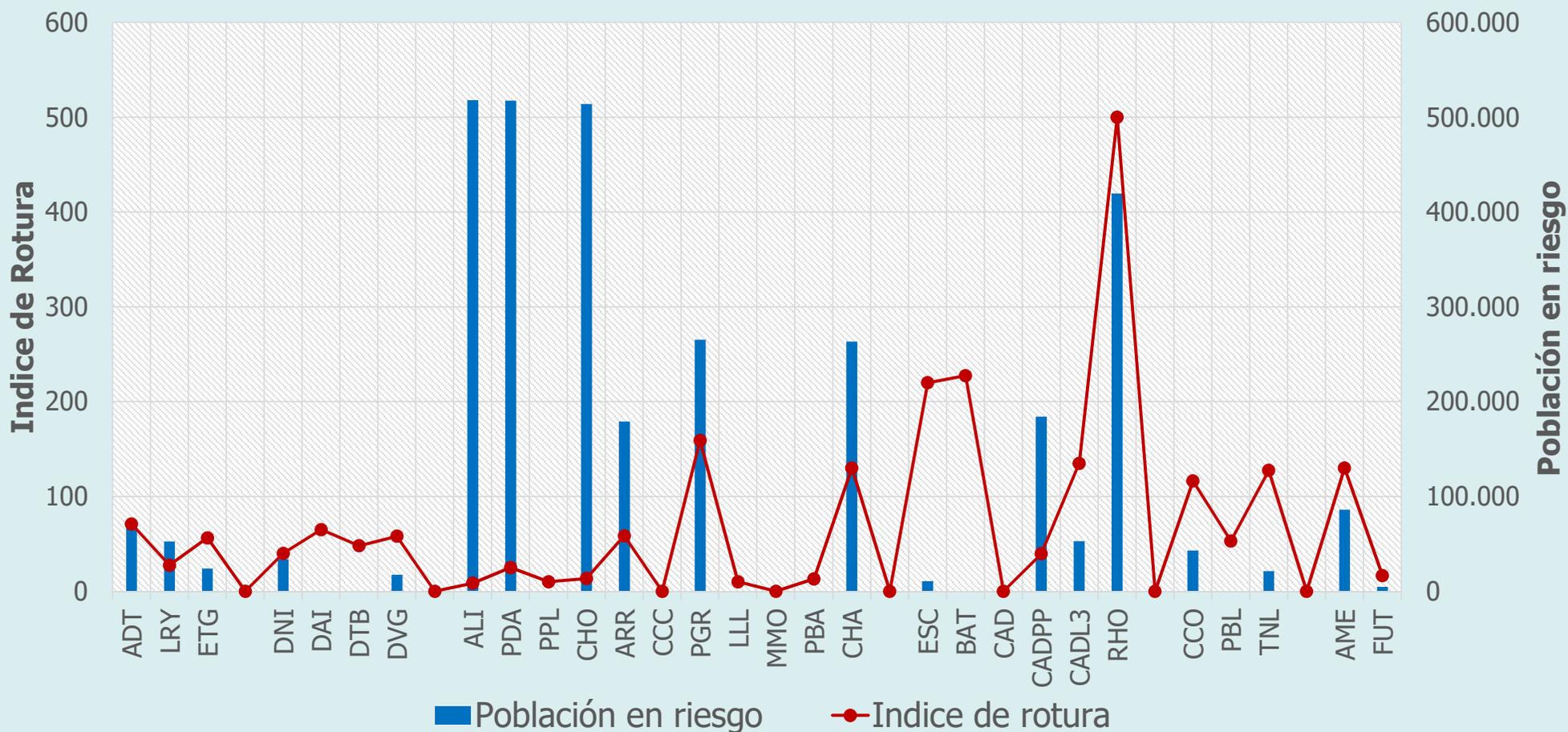
- **Índice de riesgo económico.** ORSEP realizó pequeñas adaptaciones en la metodología original del USBR, en particular se ha incorporado un factor para analizar las consecuencias económicas similar al utilizado por la Confederación del Duero. Este factor refleja la implicancia que tienen estas obras en la producción hidroeléctrica y el abastecimiento tanto para riego como para agua potable.



2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO A NIVEL CRIBADO: RESULTADOS





2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO A NIVEL CRIBADO: CONCLUSIONES

La aplicación de esta herramienta sobre 26 aprovechamientos bajo jurisdicción del ORSEP en materia de seguridad de presas ha permitido:

- Hacer un análisis rápido de la situación de cada presa.
- Detectar puntos sobre los cuales hacen falta más estudios.
- Establecer un orden de magnitud de las consecuencias asociadas.
- Establecer un orden de prioridad sobre los aprovechamientos que requieren un estudio más profundo de riesgo.
- Evaluar los resultados según los estándares internacionales establecidos por el USBR.

A partir de las conclusiones obtenidas, el ORSEP ha definido los lineamientos a seguir en los próximos años en materia de seguridad de presas basados en la metodología de análisis de riesgo. Sería interesante la aplicación de la metodología a presas no fiscalizadas por ORSEP.

Por otra parte, en la próxima ejecución del análisis de riesgo a nivel de cribado, se deberá efectuar una revisión de la metodología de estimación de consecuencias para esta herramienta incorporando características regionales adicionales.



2

METODOLOGÍA GENERAL PARA LA CUANTIFICACIÓN DE CONSECUENCIAS ECONÓMICO – FINANCIERAS PRODUCTO DE INUNDACIONES FLUVIALES. CASO: COMPLEJO CERROS COLORADOS



2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

CONSECUENCIAS ECONÓMICAS: OBJETIVOS DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA GENERAL

- Elaborar una metodología de cálculo sencilla para evaluar las consecuencias económicas por el paso de crecidas fluviales en cuencas reguladas por presas, útil como herramienta en Análisis de Riesgo Cuantitativo. Aplicación a caso de estudio: Complejo Cerros Colorados.
- Estimar las pérdidas máximas que generaría una crecida fluvial extraordinaria en cuencas reguladas por presas, evaluación de activos protegidos. Aplicación a caso de estudio: Complejo Cerros Colorados.
- Estimación ex-ante de consecuencias económicas producto de inundaciones.

Proceso de Análisis de Riesgo aplicado a la seguridad de las presas

Reconocimiento y entendimiento de los distintos factores de riesgo

Apoyo en la toma de decisiones de inversión en seguridad

GESTIÓN INTEGRAL DE LA SEGURIDAD DE PRESAS



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

CONSECUENCIAS ECONÓMICAS: DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

- Metodología base: “Manual para la evaluación de desastres” (CEPAL, 2014)

Consecuencias económicas

Costos Directos

Impactos sobre **activos físicos** relacionados a la actividad productiva, los servicios y la infraestructura existente.

Costos Indirectos

Impactos sobre los **flujos económicos**.

OBJETIVO:
Evaluar los efectos a corto y mediano.

NO se consideraron:

- Costos por fallecidos.
- Costos secundarios.
- Otros costos derivados de consecuencias sociales producto de la inundación.



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

CONSECUENCIAS ECONÓMICAS: DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Rubros

- 1) Evacuación y alojamiento
- 2) Infraestructura vial
- 3) Agua y saneamiento
- 4) Agricultura
- 5) Riego
- 6) Ganadería
- 7) Industria
- 8) Comercio
- 9) Turismo
- 10) Educación
- 11) Salud
- 12) Vivienda
- 13) Electricidad
- 14) Hidrocarburos
- 15) Gas

Relevamiento

Tratamiento

Cómputo y cálculo

Gobiernos provinciales



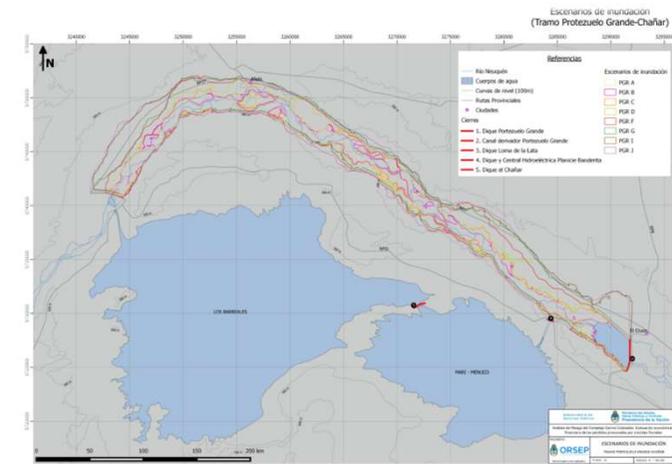
Organismos provinciales



Organismos nacionales



Softwares empleados





2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

CONSECUENCIAS ECONÓMICAS: CASO CERROS COLORADOS

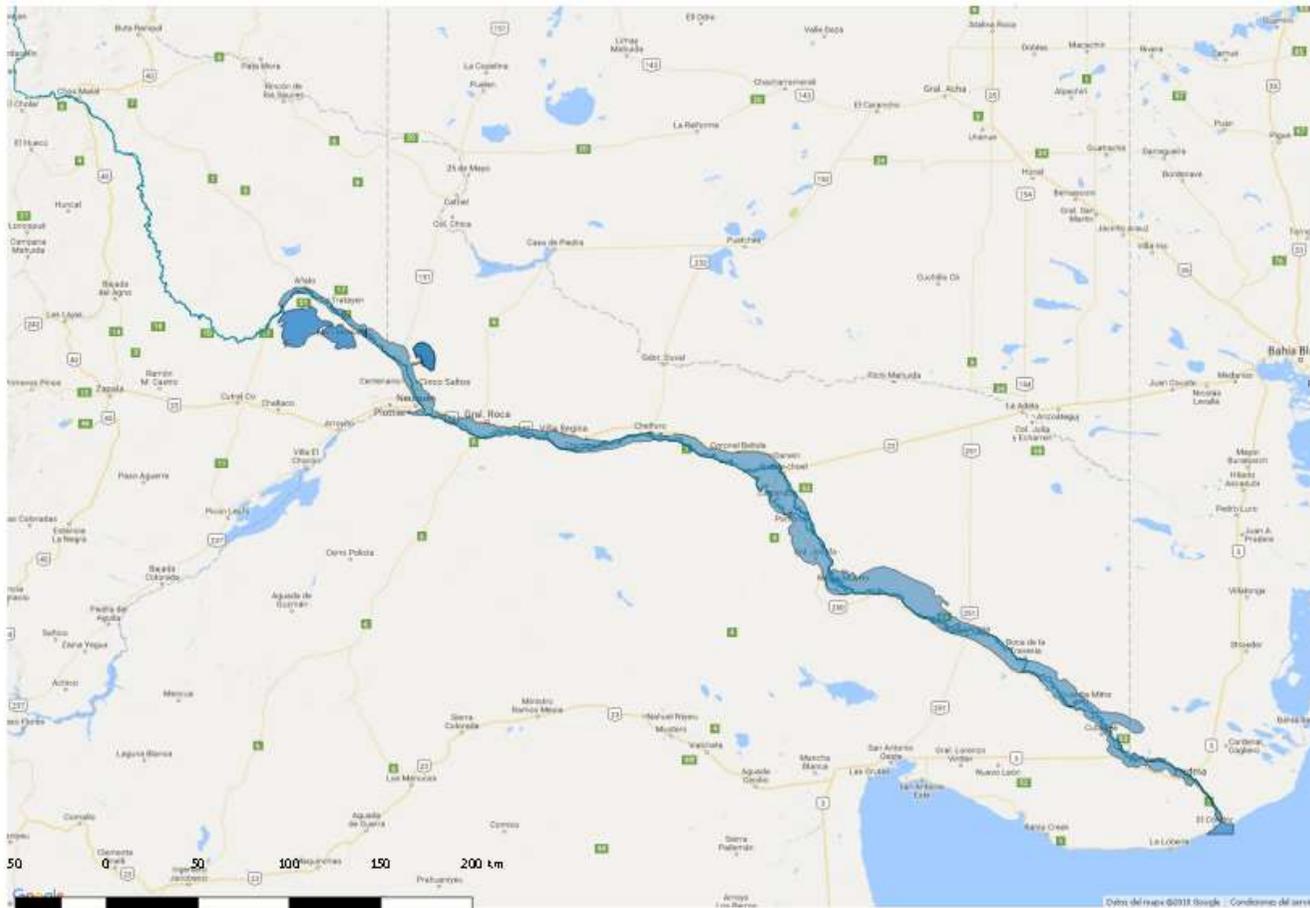
- División por tramos (60 – 660 km).
- Identificación de rubros relevantes de acuerdo con las actividades productivas regionales e infraestructura relevante.
- Manchas de inundación elaboradas por AIC.
- Escenarios:
 - Sin daños económicos: definidos a partir de los registros recientes de caudales erogados.
 - No rotura.
 - Rotura.
- Generación de curvas de daños para todo entorno de caudales factibles a partir de escenarios propuestos (rotura y no rotura).





2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

CONSECUENCIAS ECONÓMICAS: CASO CERROS COLORADOS



ESCENARIO CRECIDA MÁXIMA PROBABLE CON ROTURA DE PRESA

- 5140 km² área de inundación
- 300.000 personas afectadas
- Necesidad de reconstrucción de las presas.
- Pérdidas por generación eléctrica.

Costo total 3.900 millones de USD, equivalente a casi el 1% del PBI de la Argentina (2018).



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

CONSECUENCIAS ECONÓMICAS: CONCLUSIONES GENERALES

- En el caso particular del Complejo Cerros Colorados, la rotura de las presas aumentaría exponencialmente las consecuencias económicas. El peor de los escenarios que podría afectar a la cuenca, causado por la potencial rotura del Complejo Cerros Colorados, implicaría un costo económico de 3.900 millones de USD, equivalente al 0,9% del PBI de la Argentina, aún sin considerar costos por fallecidos, costos secundarios, costos por consecuencias sociales y algún otro rubro aquí no analizado.
- Se deben revisar otras metodologías que se encuentran en proceso de desarrollo y aplicación en Argentina.
- Es fundamental incorporar las actividades económicas regionales y otros rubros no desarrollados para el caso piloto.
- Los resultados afirman la **importancia de velar por la seguridad de estas presas**, como así del resto de las que se encuentran en territorio nacional.



3

ANÁLISIS DE RIESGO CUALI-CUANTITATIVO DEL COMPLEJO CERROS COLORADOS



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO DEL COMPLEJO CERROS COLORADOS: OBJETIVOS

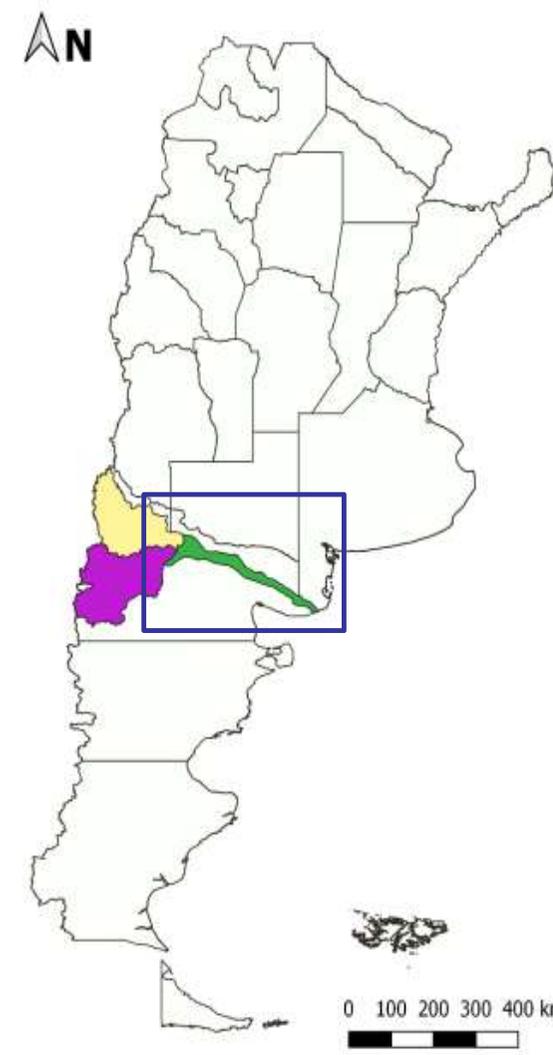
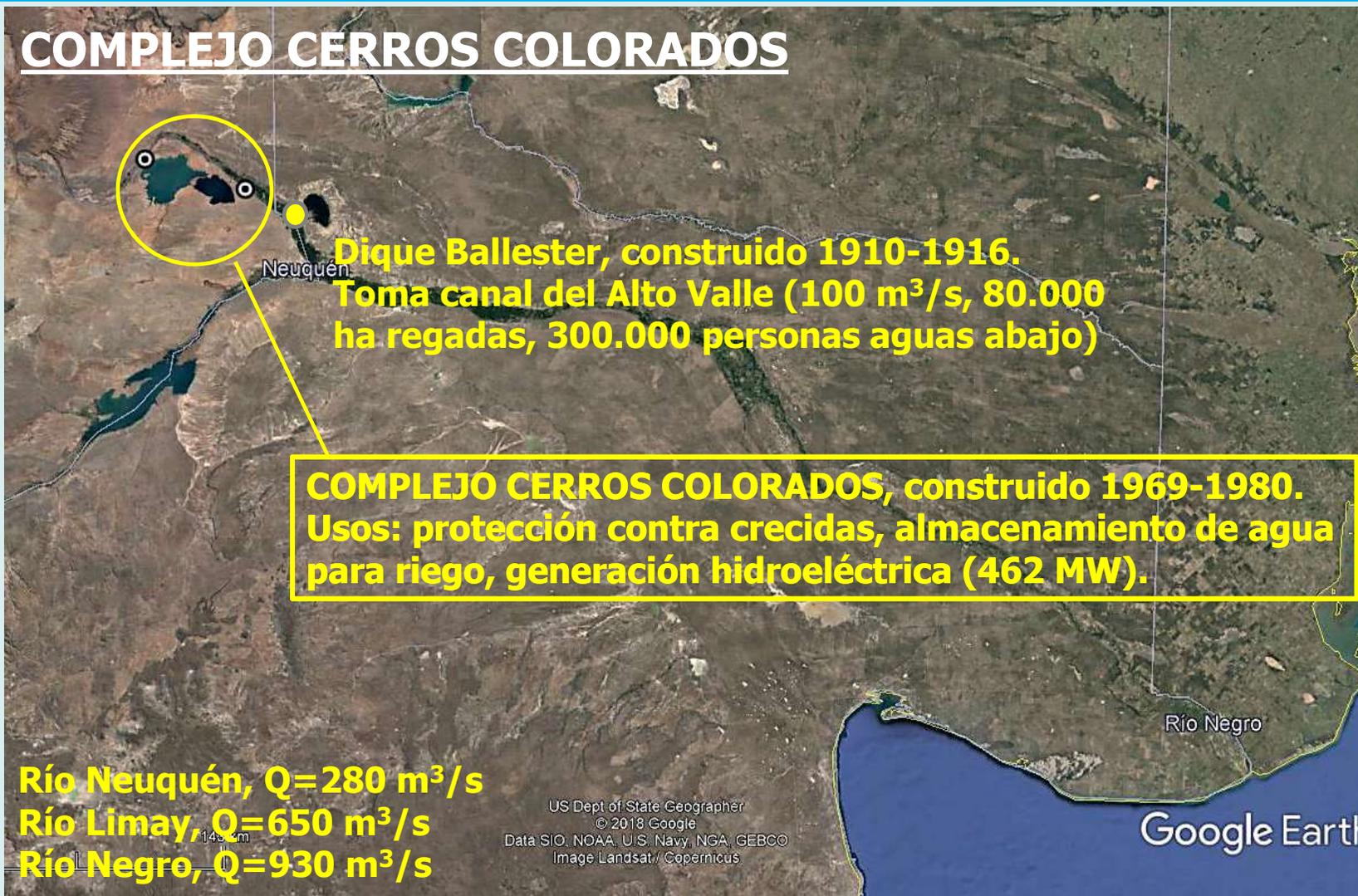
- ORSEP tiene como misión el lograr que las presas concesionadas por el Estado Nacional cumplan con los estándares internacionales de seguridad, tanto estructural como operativamente, con el objeto de **proteger a la población y resguardar el patrimonio nacional**.
- El presente trabajo constituye un paso clave dentro del proceso de implantación de las técnicas de análisis de riesgos para informar a la gestión de la seguridad de presas por parte del ORSEP.
- Iniciar un proceso de conocimiento de los beneficios y riesgos que generan las presas en la cuenca de los ríos Neuquén, Limay y Negro, para **reducir el riesgo de inundaciones urbanas y rurales**, protegiendo activos y personas.
- Identificar líneas de trabajo e inversión para mejorar las condiciones de seguridad de la población potencialmente afectada.



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

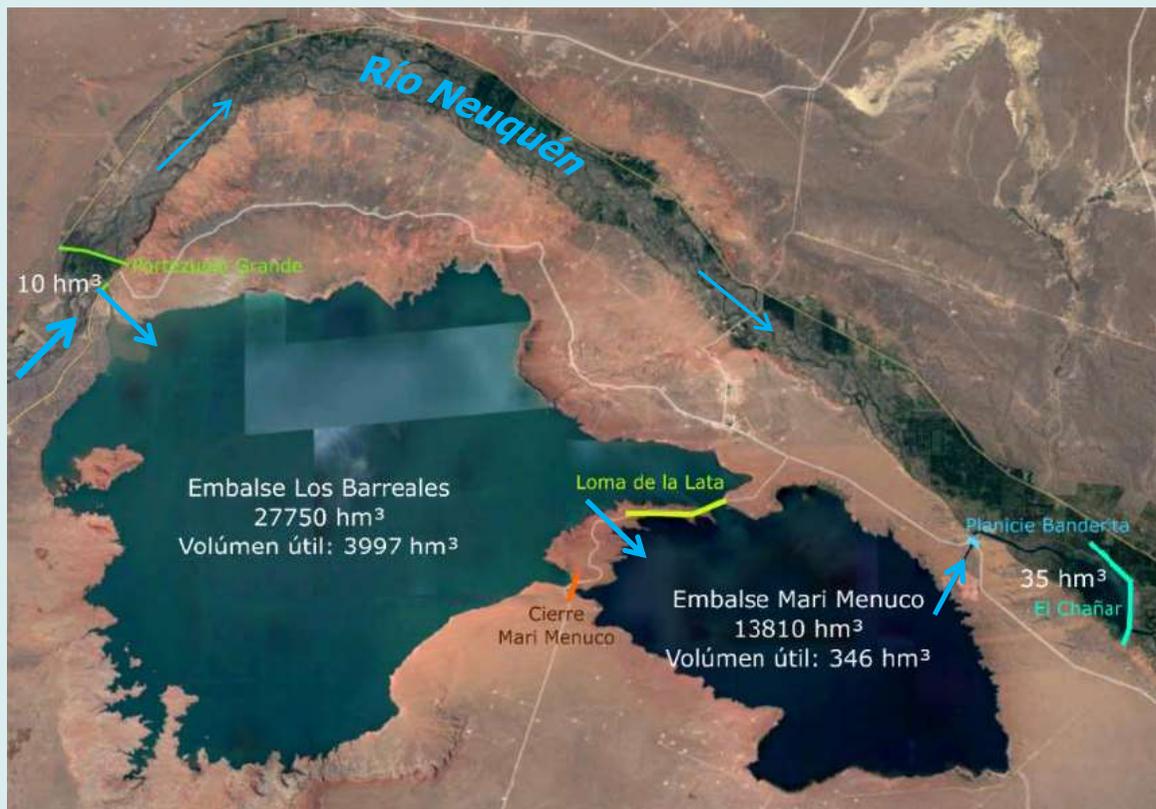
COMPLEJO CERROS COLORADOS



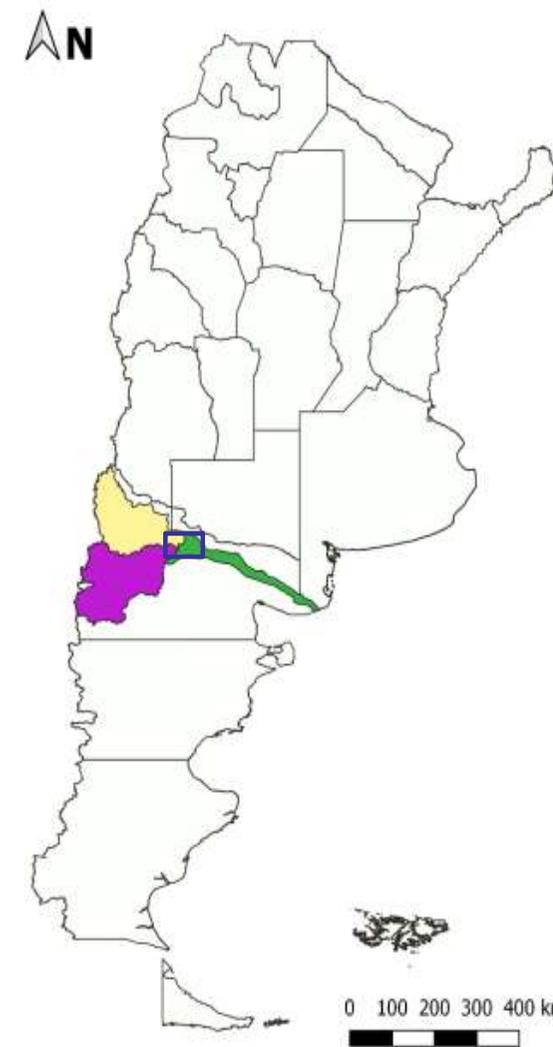


2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

COMPLEJO CERROS COLORADOS



Incertidumbre solicitud hidrológica





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

COMPLEJO CERROS COLORADOS

Portezuelo Grande



Año: 1972
Tipo: Mat. sueltos homogénea
Altura máx.: 12 m
Longitud: 3250 m
Vol. de embalse: 9 hm³
Capac. vertedero: 3600 m³/s
Capac. derivador: 7900 m³/s

Loma de la Lata



Año: 1978
Tipo: Mat. sueltos zonificada
Altura máx.: 15 m
Longitud: 3768 m
Vol. de embalse: 27.750 hm³
Capac. de vertedero: 800 m³/s

El Chañar



Año: 1979
Tipo: Mixta
Altura máx.: 18 m
Longitud: 6670 m
Vol. de embalse: 35 hm³
Capac. vertedero: 3600 m³/s

Planicie Banderita



Año: 1978
Tipo: Mat. sueltos zonificada
Altura máx.: 35,5 m
Longitud: 545 m
Vol. de embalse: 13.810 hm³
Potencia Instalada: 460 MW
Caudal Instalado: 720 m³/s
Generación Media: 1510 GWh/año



2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

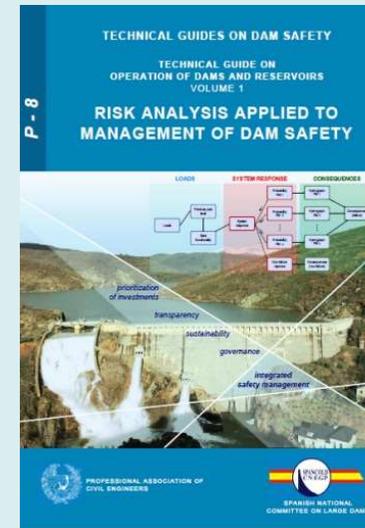
ANÁLISIS DE RIESGO DEL COMPLEJO CERROS COLORADOS: PROCESO

Fase I Cualitativa

1. Determinación del alcance de estudio
2. Revisión de la información
3. Visita de campo
4. Discusión del estado actual
5. Identificación de modos de fallo
6. Arquitectura del modelo de riesgo

Fase II Cuantitativa

7. Cálculo del riesgo
8. Evaluación del riesgo
9. Medidas de reducción de riesgo

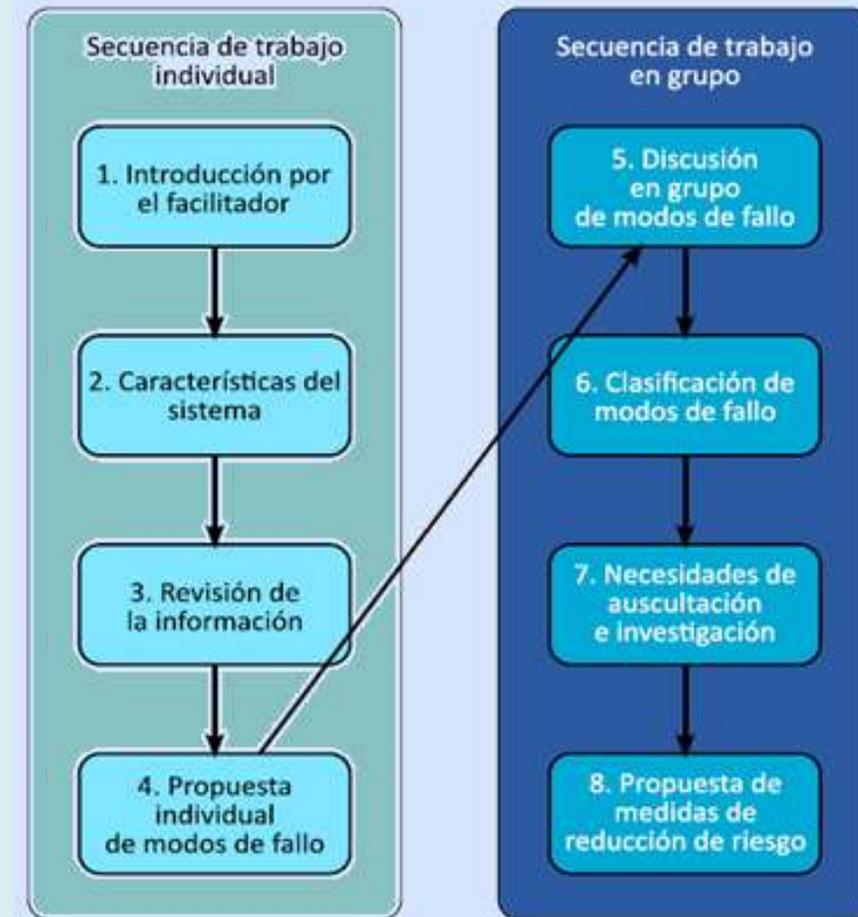




2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO DEL COMPLEJO CERROS COLORADOS: PROCESO DE IDENTIFICACIÓN DE MODOS DE FALLO

- **Visita técnica** previo revisión de la información relevante.
- Presencia de más de **50 participantes** relacionadas con la gestión de la seguridad de las presas en la sesión de identificación de modos de fallo.
- Identificación de **20 modos de fallo**.





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO DEL COMPLEJO CERROS COLORADOS: MODOS DE FALLO IDENTIFICADOS

SISTEMA CERROS COLORADOS

CC1: Sobrevertido PG y CH

CC2: Fallo derivación PG y sobrevertido LL y PB

CC3: Fallo derivación PG y sobrevertido PG y CH

PRESA PORTEZUELO GRANDE

PG1: Erosión pie en parte de mat. sueltos

PG2: Erosión y socavación del cuenco

PG3: Deslizamiento en parte de hormigón

PG4: Deslizamiento por desembalse rápido

PRESA LOMA DE LA LATA

LL1: Fallo en escollera aguas arriba

LL2: Erosión interna por contacto hormigón

LL3: Degradación y erosión en cuenco

PRESA PLANICIE BANDERITA

PB1: Erosión interna a través del cimient

PB2: Fisuración contacto arcillas expansivas

PB3: Rotura de tubería de la central

PB4: Fallo en demandas por no erogar

PRESA EL CHAÑAR

CH1: Erosión interna por disc. pantalla-núcleo

CH2: Sobrevertido por fallo de compuertas

CH3: Degradación y erosión en cuenco

CH4: Fallo en escollera aguas arriba

CH5: Apertura súbita de compuertas

CH6: Erosión interna por contacto hormigón



Factores que los hacen más y menos probables

Recomendaciones para la gestión de la seguridad de las presas y la reducción de incertidumbre

Recomendaciones para el modelo de riesgo



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO DEL COMPLEJO CERROS COLORADOS: CÁLCULO DE RIESGO EN LA SITUACIÓN INICIAL

- El modelo de riesgo implicó un árbol de eventos de 1,548,288 ramas. Procesado con el software iPresas.
- Se efectuó la laminación de 184,320 escenarios de crecidas.

RESULTADOS DE PROBABILIDAD DE ROTURA Y RIESGO PARA CADA PRESA

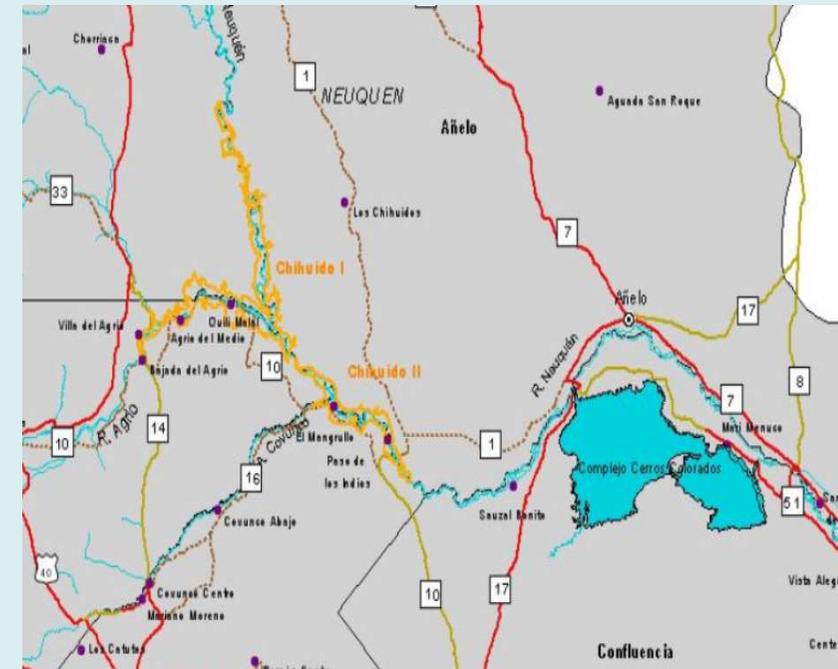
		Prob. de fallo (años ⁻¹)	Riesgo económico (M\$/año)	Consecuencias económicas promedio (M\$)	Riesgo social (vidas/año)	Pérdida de vidas promedio (vidas)
Riesgo Incremental	Portezuelo Grande	4.28E-04	6.66E-01	1554.87	9.44E-03	22
	Loma de la Lata	< 10 ⁻¹⁰	-	-	-	-
	Planicie Banderita	< 10 ⁻¹⁰	-	-	-	-
	El Chañar	4.86E-04	2.13E-01	438.92	2.97E-03	6
Riesgo Total			48.91		0.94	



2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO DEL COMPLEJO CERROS COLORADOS: MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE RIESGO

1. Construcción de una **nueva presa aguas arriba** llamada Chihuido I, su funciones serían la protección contra inundaciones, la producción de energía hidroeléctrica y el abastecimiento agrícola.
2. **Ampliación del aliviadero lateral de Portezuelo Grande** con 9 nuevos vanos y compuertas.
3. **Nuevas reglas de operación** de compuertas en el sistema, eliminando el límite de nivel de agua en el embalse Los Barreales.





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO DEL COMPLEJO CERROS COLORADOS: MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE RIESGO

4. **Mejora de la confiabilidad de las compuertas en El Chañar**, con el fin de evitar una falla conjunta.
5. **Mejora de los procedimientos de emergencia**, reforzando la cooperación de las agencias de gestión de emergencia locales.



Medidas	Coste de implantación	Coste anual de mantenimiento	Vida útil (años)	Coste anualizado equivalente
1. Construcción de Chihuido I	2231 M\$	-105 M\$	75	4.1 M\$
2. Ampliación de derivación Portezuelo Grande	184.7 M\$	9.235 M\$	75	18.3 M\$
3. Revisión de las reglas de gestión de crecidas	0.05 M\$	0 M\$	10	0.0062 M\$
4. Corrección de la apertura de compuertas de Chañar	0.0065 M\$	0.00033 M\$	30	0.00073 M\$
5. Mejora de la gestión de emergencias PADE	0.30 M\$	0.19 M\$	10	0.23 M\$

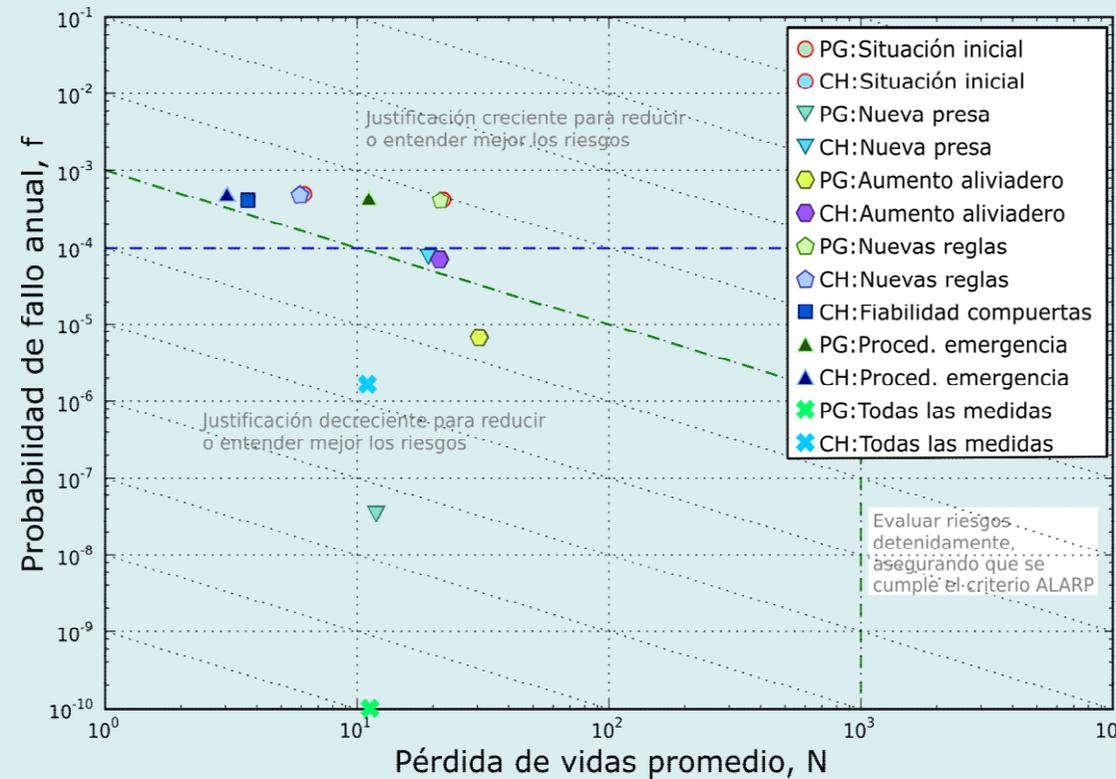


2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO DEL COMPLEJO CERROS COLORADOS: MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE RIESGO – SISTEMA F-N

		Situación inicial	1.Nueva presa	2.Ampliación de derivación PG	3.Nuevas reglas	4. Mejora fiabilidad comp. CH	5.Mejora proced. emergencias	Todas las medidas
Riesgo incremental								
Portezuelo Grande	Probabilidad de fallo (años ⁻¹)	4.28E-04	3.60E-08	6.57E-06	4.28E-04	4.28E-04	4.28E-04	<10 ⁻¹⁰
	Riesgo económico (M€/año)	6.66E-01	3.60E-05	1.31E-02	6.66E-01	6.66E-01	6.66E-01	<10 ⁻¹⁰
	Riesgo social (vidas/año)	9.44E-03	4.29E-07	2.00E-04	9.44E-03	9.44E-03	4.72E-03	<10 ⁻¹⁰
El Chañar	Probabilidad de fallo (años ⁻¹)	4.86E-04	7.26E-05	7.99E-05	4.86E-04	4.13E-04	4.86E-04	1.64E-06
	Riesgo económico (M€/año)	2.13E-01	1.03E-01	1.05E-01	2.13E-01	1.15E-01	2.13E-01	2.32E-03
	Riesgo social (vidas/año)	2.97E-03	1.51E-03	1.54E-03	2.96E-03	1.50E-03	1.48E-03	1.71E-05
ACSLS (M\$)			301.04	1640.28	32392.17	< 0	36.60	
EWACSLS (M\$)			32.92	179.35	32391.68	< 0	36.60	
Riesgo total								
Riesgo económico (M\$/año)	48.91	25.11	26.31	48.91	48.85	48.91	25.03	
Riesgo social (vidas/año)	0.94	0.55	0.57	0.94	0.94	0.47	0.27	
ACSLS (M\$)			<0	<0	30261.57	<0	0.49	



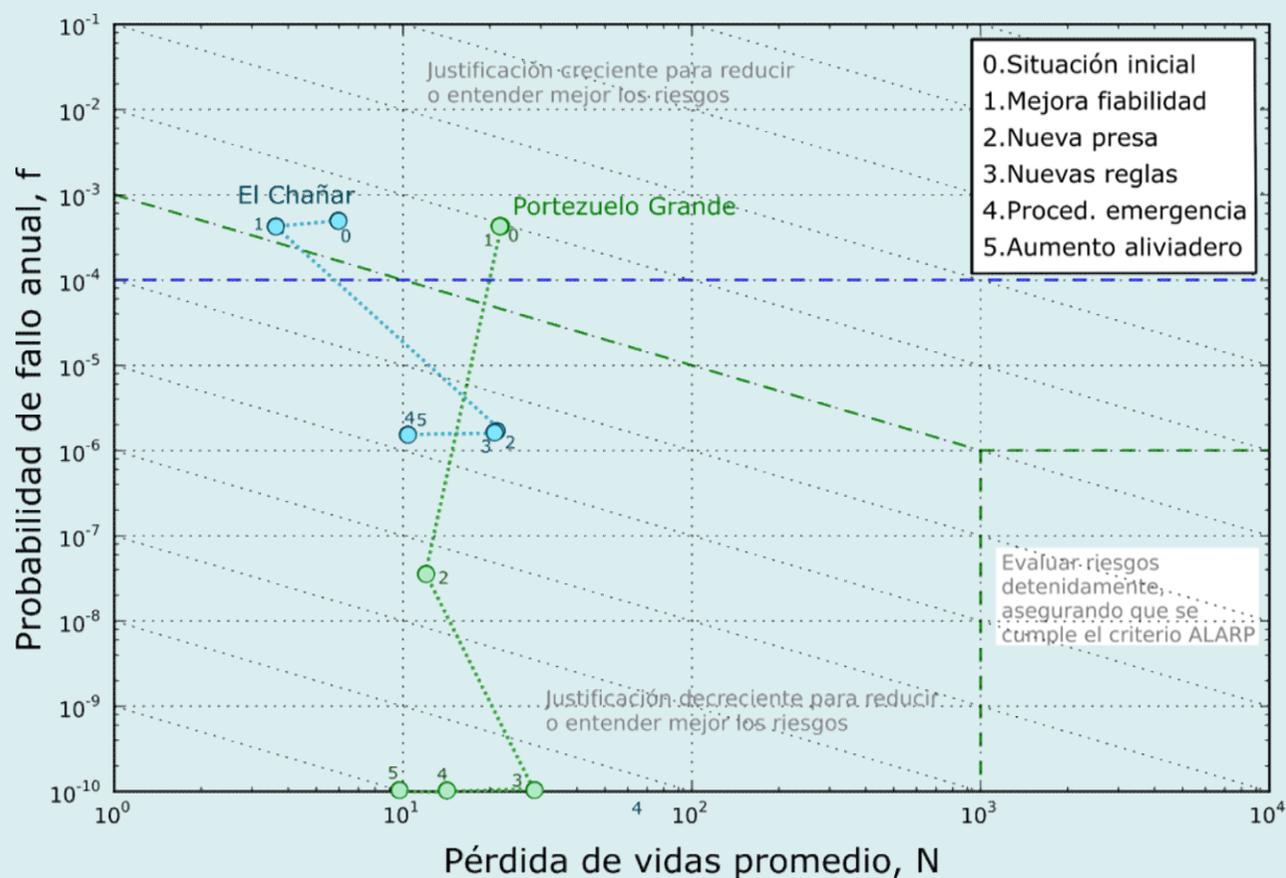


2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO DEL COMPLEJO CERROS COLORADOS: SECUENCIA f-N

	Criterio de priorización	
	Riesgo Incremental EWACSLs	Riesgo Total ACSLs
Paso 1	Corrección apertura de compuertas El Chañar	Construcción de Chihuido I
Paso 2	Construcción de Chihuido I	Corrección apertura de compuertas El Chañar
Paso 3	Revisión de las reglas de gestión de crecidas	Mejora gestión de emergencias PADE
Paso 4	Mejora gestión de emergencias PADE	Revisión de las reglas de gestión de crecidas
Paso 5	Ampliación de derivación Portezuelo Grande	Ampliación de derivación Portezuelo Grande





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO DEL COMPLEJO CERROS COLORADOS: CONCLUSIONES

- El proceso de análisis de riesgo cuantitativo ha permitido un mejor **entendimiento del funcionamiento** hidrológico e hidráulico del sistema.
- Las presas **Portezuelo Grande y El Chañar no están alineadas con las recomendaciones internacionales de tolerabilidad de riesgo social e individual.**
- La **construcción de una nueva presa aguas arriba y la mejora en la confiabilidad de las compuertas de El Chañar son las medidas más eficientes** para alinear las presas con esas recomendaciones.
- El proceso colaborativo que fue desarrollado permitió generar **consenso general** y credibilidad frente a las autoridades y otros actores.
- El proceso de implementación de técnicas de análisis de riesgo tuvo un efecto positivo en el ORSEP.



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO DEL COMPLEJO CERROS COLORADOS: CONCLUSIONES

- El propio proceso de identificación de modos de fallo ha servido para realizar un análisis detallado de los diferentes problemas que podrían ocurrir en las presas y que podrían producir su rotura o pérdida de utilidad, resultando en **recomendaciones de aplicación directa** para su vigilancia y auscultación.
- Los resultados de consecuencias muestran que el **fallo total del sistema** tendría un alto impacto en pérdida de vidas y especialmente en consecuencias económicas, debido a las importantes poblaciones localizadas aguas abajo. La destrucción de la infraestructura, afectaciones y pérdidas de producción **representa un costo del 0,9% del PBI de la Argentina.**
- Las futuras **revisiones de los Planes de Acción Durante Emergencias** pueden realizarse a la luz de los resultados obtenidos, de modo que sea posible una interacción en dos sentidos.



2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

4

**PLAN DE EVALUACIÓN DE
RIESGO PARA LAS PRESAS
FISCALIZADAS POR ORSEP
2017-2021**



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

PLAN DE EVALUACIÓN DE RIESGO PARA LAS PRESAS FISCALIZADAS POR ORSEP 2017-2021

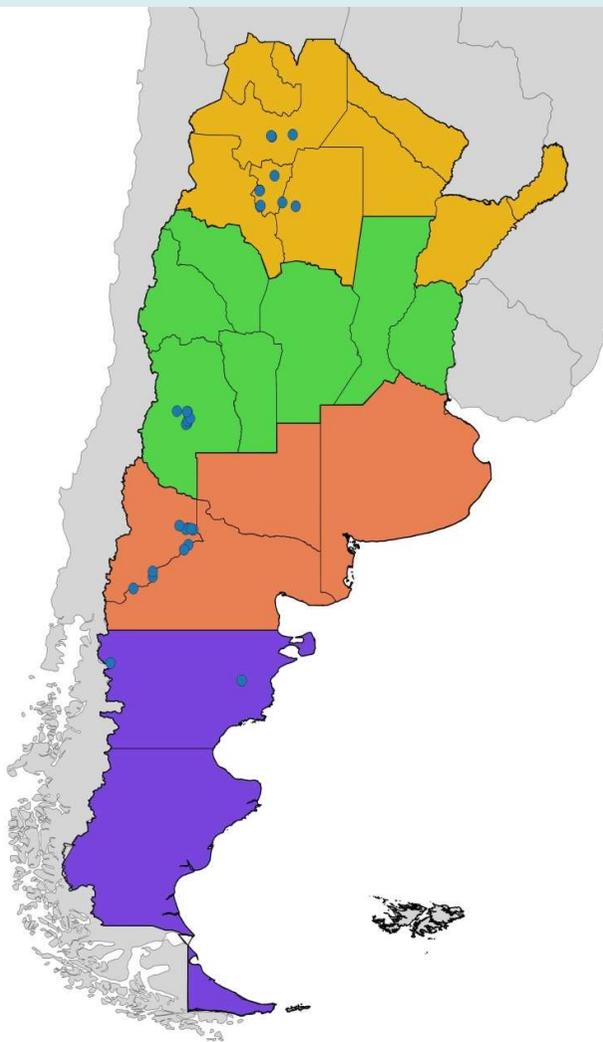
- Desarrollo de estudios preliminares identificados en ciertas presas de acuerdo con los índices de riesgo por escenario.
- Actualización y ampliación de bases de datos para consecuencias económicas.
- Priorización basada en Análisis de cribado.
- Trabajo de personal técnico propio de ORSEP (55 técnicos especializados en seguridad de presas) con colaboración de las concesionarias y apoyo de consultores.





2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS



PLAN DE EVALUACIÓN DE RIESGO PARA LAS PRESAS FISCALIZADAS POR ORSEP 2017-2021

	PRESA / SISTEMA	2017	2018	2019	2020	2021
NORTE	Sistema Marapa: Escaba (ESC), Batirua (BAT)					
	El Cadillal, presa principal y cierres laterales (CADPP, CADL3)					
	Río Hondo (RHO)					
	Sistema Juramento: Cabra Corral (CCO), Peñas Blancas (PBL), El Tunal (TNL)					
CUYO CENTRO	Sistema Diamante: Agua del Toro (ADT), Los Reyunos (LRY), El Tigre (ETG)					
	Sistema Atuel: El Nihuil (DNI), Aisol (DAI), Tierras Blancas (DTB), Valle Grande (DVG)					
COMAHUE	Sistema Cerros Colorados: Portezuelo Grande (PGR), Loma de La Lata (LLL), Mari Menuco (MMO), Planicie Banderita (PBA), El Chañar (CHA)					
	Sistema Limay: Alicurá (ALI)					
	Sistema Limay: Piedra del Águila (PDA), Pichi Picún Leufú (PPL), El Chocón (CHO), Arroyito (ARR)					
PATA-GONIA	Florentino Ameghino (AME)					
	Futaleufú (FUT)					
	Salto Grande					



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO PRESA ALICURA (SISTEMA LIMAY)

Embalse

Area: 65km²

Volumen: 3215 hm³

Caudal medio: 276 m³/s

Presa

Tipo: Heterogénea de materiales sueltos con núcleo impermeable

Largo: 850 m

Altura máxima: 135 m

Vertedero:

- Tipo: con 3 compuertas radiales
- Caudal de diseño: 3000 m³/s

Central:

- 4 Turbinas Francis de eje vertical
- (Potencia nominal 257 MW c/u)
- Caudal total instalado: 963,2 m³/s





2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO PRESA ALICURA (SISTEMA LIMAY): PROCESO DE IDENTIFICACIÓN DE MODOS DE FALLO

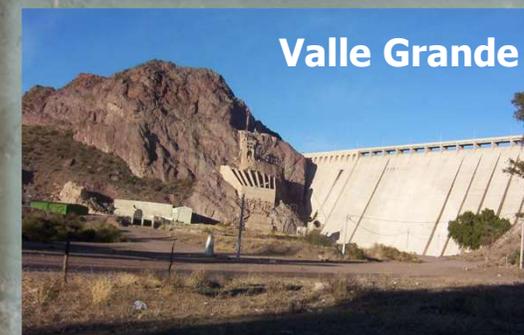
- **Visita técnica** previo revisión de la información relevante.
- Presencia de más de **25 participantes** relacionadas con la gestión de la seguridad de las presas en la sesión de identificación de modos de fallo.
- Se contó con la presencia especial de personal del **USACE**.
- Identificación de **17 modos de fallo**.





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

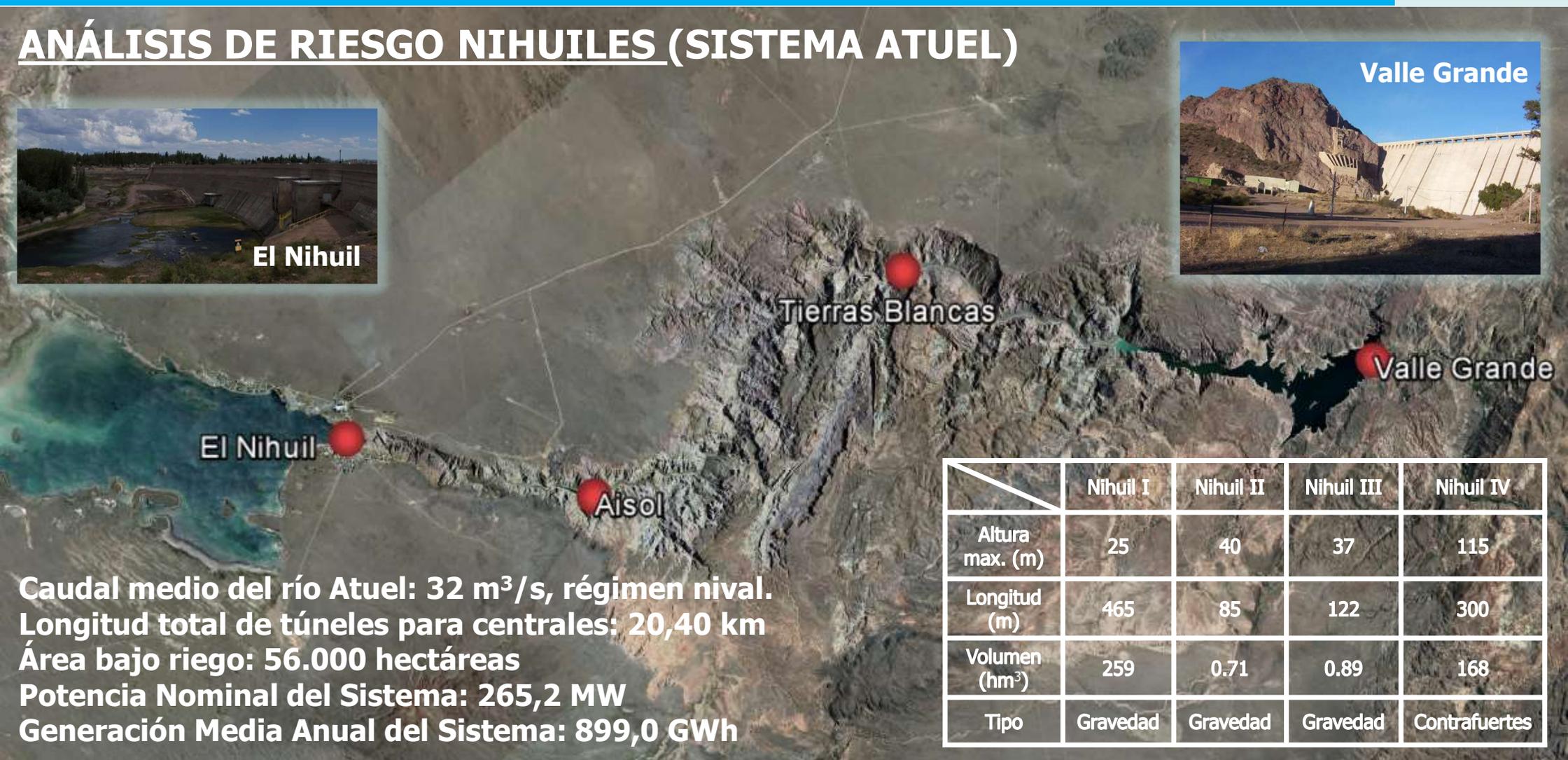
ANÁLISIS DE RIESGO NIHUILES (SISTEMA ATUEL)



Valle Grande



El Nihuil



El Nihuil

Aisol

Tierras Blancas

Valle Grande

Caudal medio del río Atuel: 32 m³/s, régimen nival.
Longitud total de túneles para centrales: 20,40 km
Área bajo riego: 56.000 hectáreas
Potencia Nominal del Sistema: 265,2 MW
Generación Media Anual del Sistema: 899,0 GWh

	Nihuil I	Nihuil II	Nihuil III	Nihuil IV
Altura max. (m)	25	40	37	115
Longitud (m)	465	85	122	300
Volumen (hm ³)	259	0.71	0.89	168
Tipo	Gravedad	Gravedad	Gravedad	Contrafuertes



2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO NIHUILES (SISTEMA ATUEL): PROCESO DE IDENTIFICACIÓN DE MODOS DE FALLO



- **Visita técnica** previo revisión de la información relevante.
- Presencia de más de **40 participantes** relacionadas con la gestión de la seguridad de las presas en la sesión de identificación de modos de fallo.
- Identificación de **16 modos de fallo**.





5

ANÁLISIS DE RIESGO CUALI-CUANTITATIVO DEL COMPLEJO HIDROELÉCTRICO SALTO GRANDE



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO COMPLEJO HIDROELÉCTRICO SALTO GRANDE (RÍO URUGUAY)

Embalse

Área: 708,8 km²

Volumen: 5.500 hm³

Caudal medio: 4.640 m³/s

Usos: Generación, Control de crecidas,
Riego, Turismo, Navegación

Presa

Tipo: Mixta

Largo: 2486 m

(Hormigón: 852m ; Materiales sueltos: 1634m)

Altura máxima: 35 m

Vertedero

Capacidad: 58.000m³/s

Compuertas: Tipo sector, 19

Dim. Comp.: 19,3m x 15x3m

Central Hidroeléctrica

Turbinas: Kaplan, 14

Salto: 25,3 m

Potencia Instalada: 1890 MW

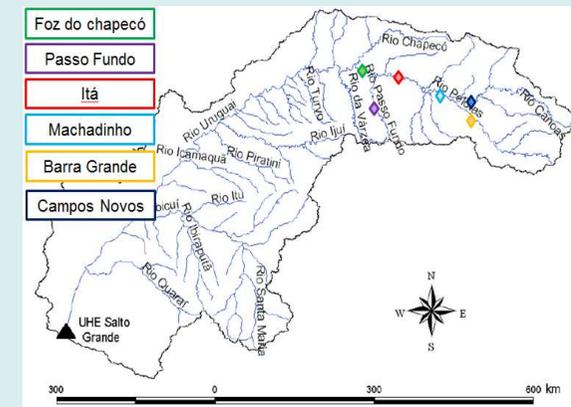
Generación Media Anual: 8456 GWh



2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS

ANÁLISIS DE RIESGO COMPLEJO HIDROELÉCTRICO SALTO GRANDE PROCESO DE IDENTIFICACIÓN DE MODOS DE FALLO

- **Visita técnica** previo revisión de la información relevante.
- Presencia de más de **40 participantes** relacionadas con la operación y la gestión de la seguridad de las presas en la sesión de identificación de modos de fallo.
- Identificación de **26 modos de fallo**.





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ANÁLISIS DE RIESGO EN LA GESTIÓN DE SEGURIDAD DE PRESAS ARGENTINAS



MUCHAS GRACIAS