



Foro Internacional

GESTIÓN DEL RIESGO EN CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

13, 14 y 15 de noviembre de 2017



El análisis de riesgos en seguridad de presas: casos de aplicación en Argentina y Uruguay

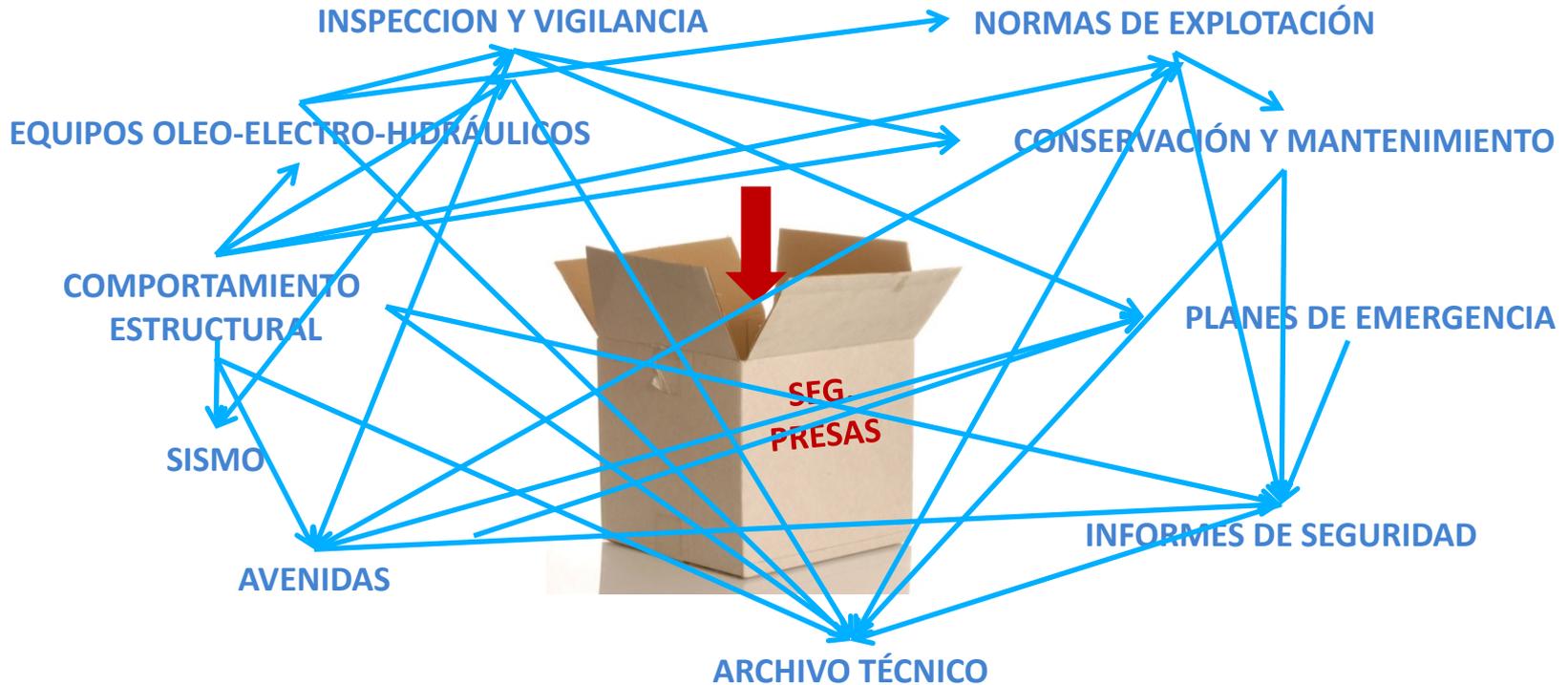
iPresas
Risk Analysis

Dr. Ing. Adrián Morales Torres

Director Técnico

adrian.morales@ipresas.com

SEGURIDAD DE PRESAS



¿QUÉ ES EL RIESGO?

- El riesgo es la combinación de tres conceptos:

- Qué puede pasar
- Cómo de probable es que pase
- Cuáles son sus consecuencias

Riesgo = Probabilidad x Consecuencias

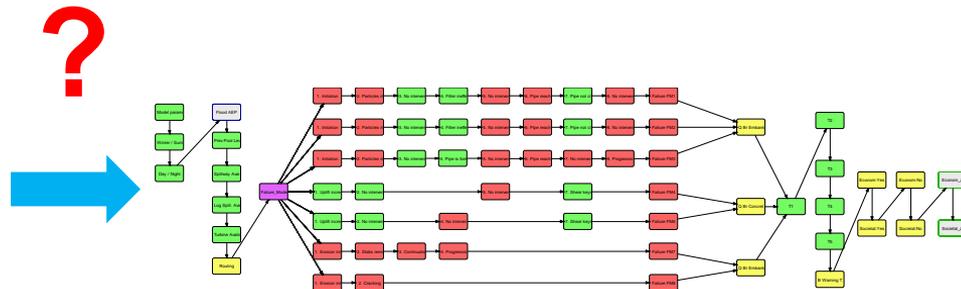
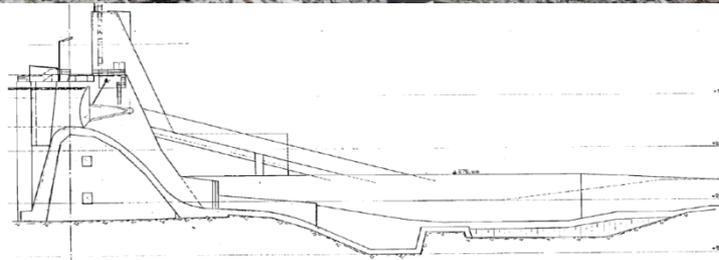
Probabilidad de fallo:

- Modos de fallo
- Escenario de sollicitación

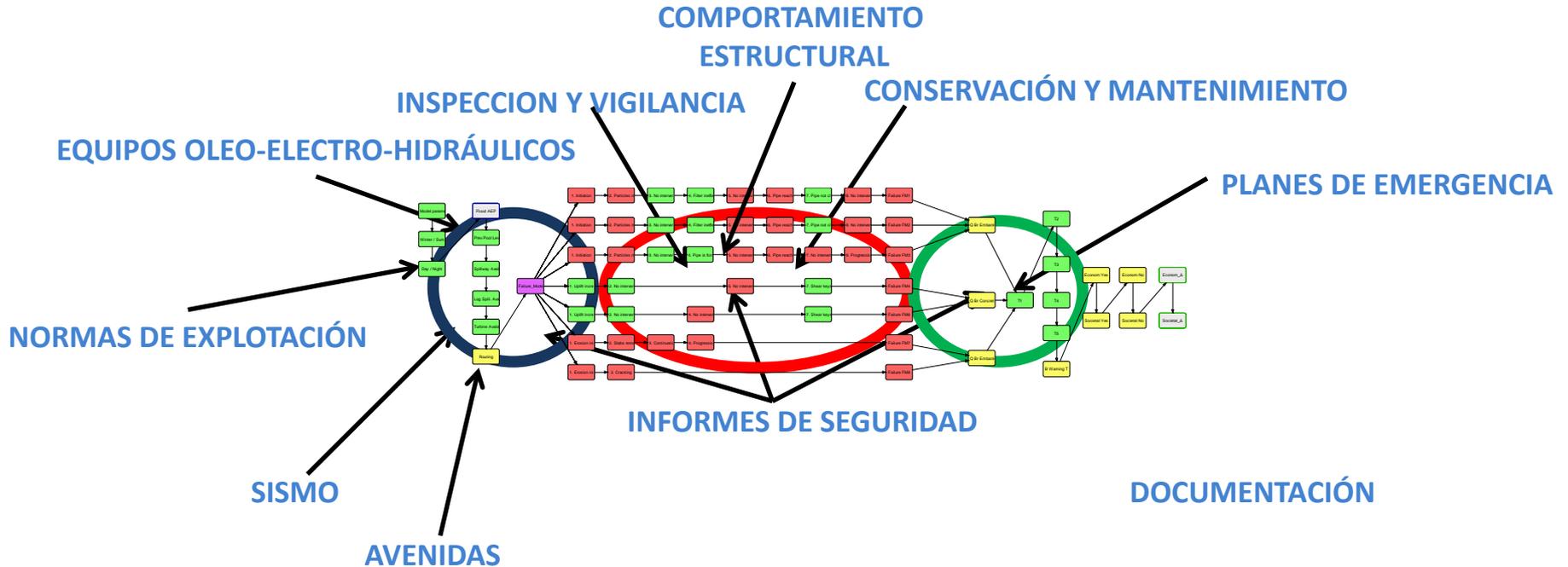
→ **Riesgo individual**

- Sociales: **Riesgo social**
- Económicas: **Riesgo económico**
- Medioambientales
- Culturales

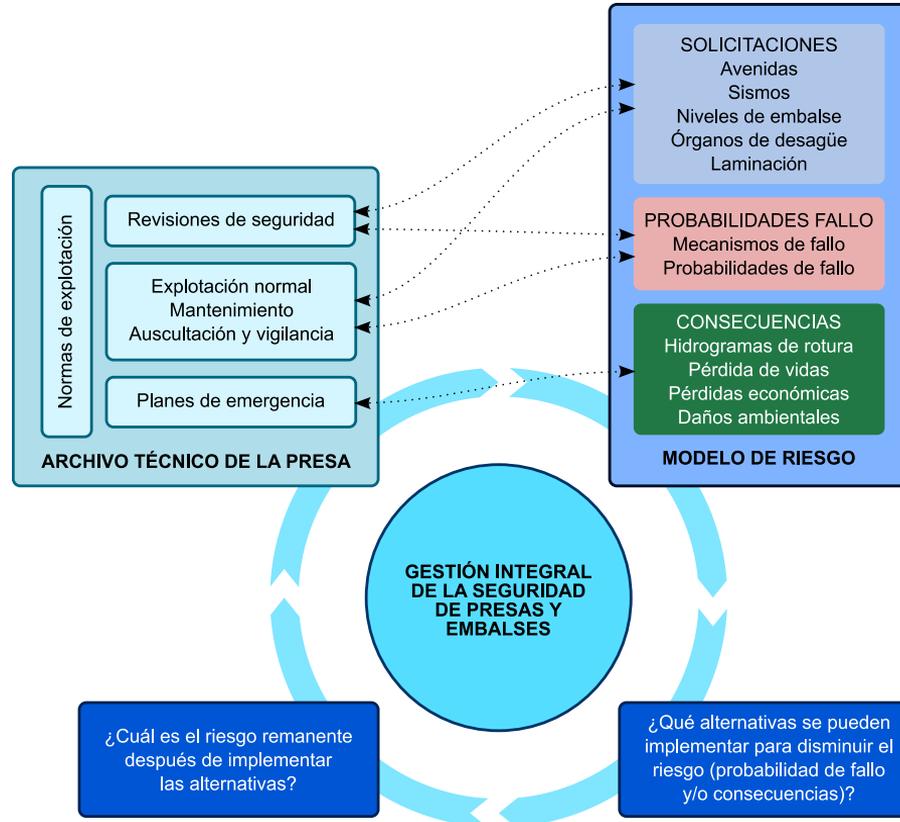
¿QUÉ ES UN MODELO DE RIESGO?



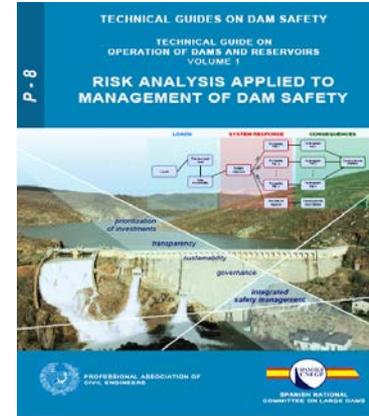
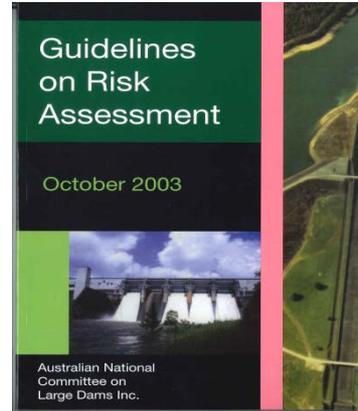
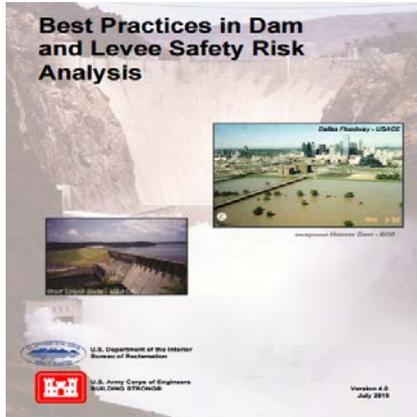
¿CÓMO SE PRODUCE LA INTEGRACIÓN?



GESTIÓN INFORMADA EN RIESGO



¿QUIÉN MÁS RECOMIENDA/APLICA ANÁLISIS DE RIESGO?



Bulletin 130 ICOLD: Risk Assessment in Dam Safety Management. A Reconnaissance of Benefits, Methods and Current Applications. 2006



**US Army Corps
 of Engineers®**



APLICACIÓN EN CASOS PRÁCTICOS



España 2008-



Argentina 2017-



Uruguay 2016

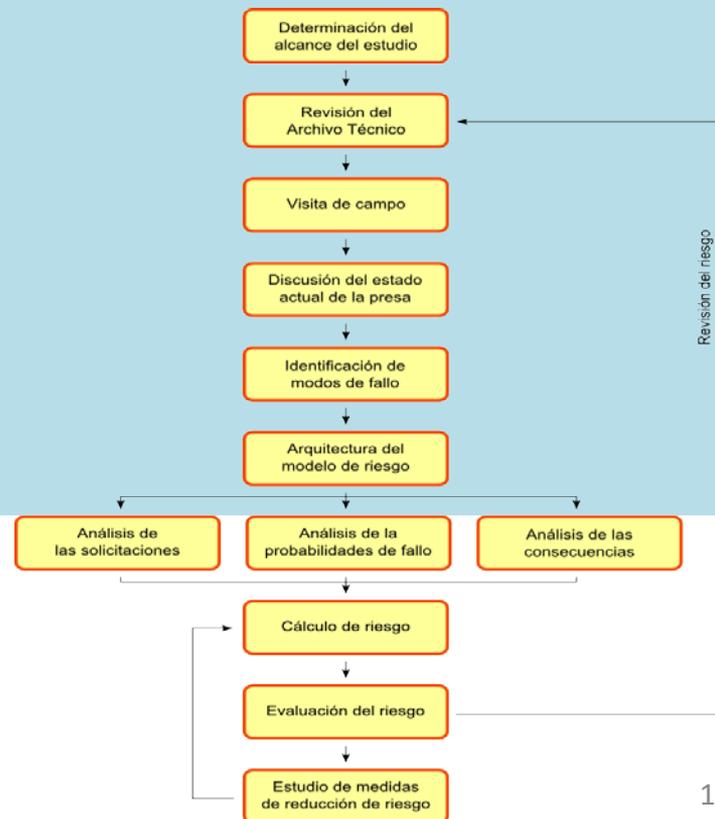
EL PROCESO DE ANÁLISIS DE RIESGO

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

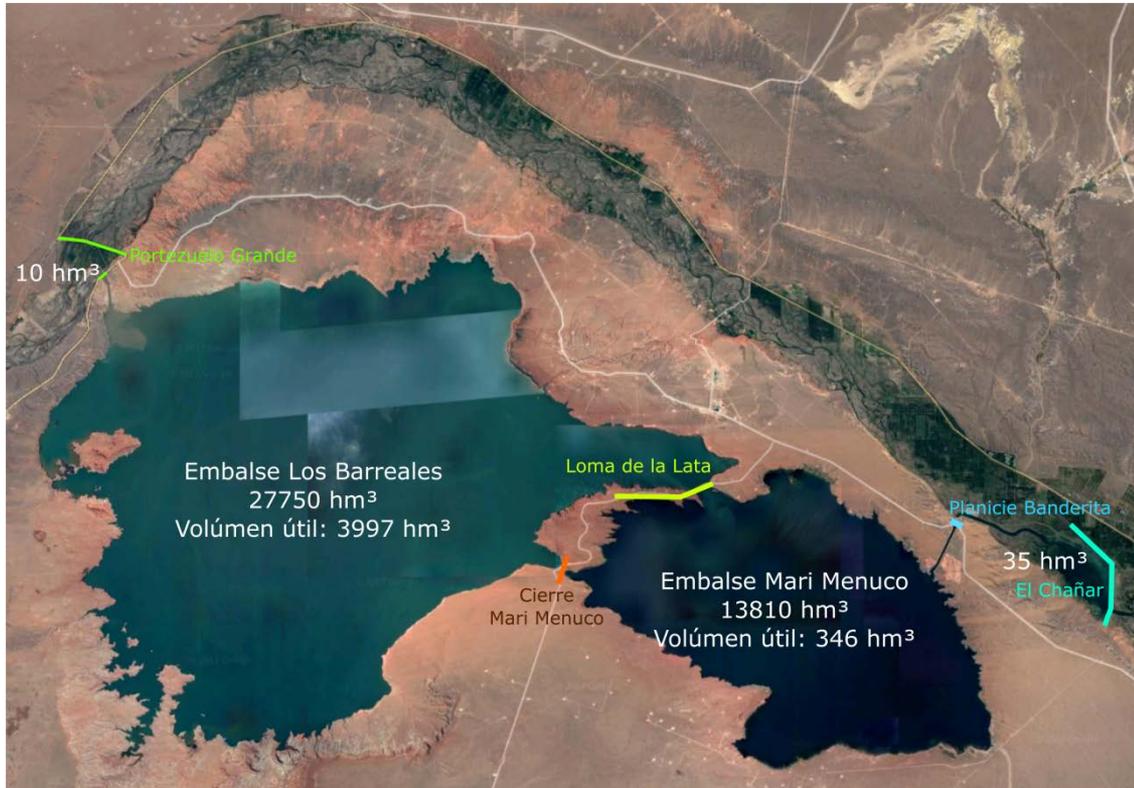


SISTEMA CERROS COLORADOS (ARG)



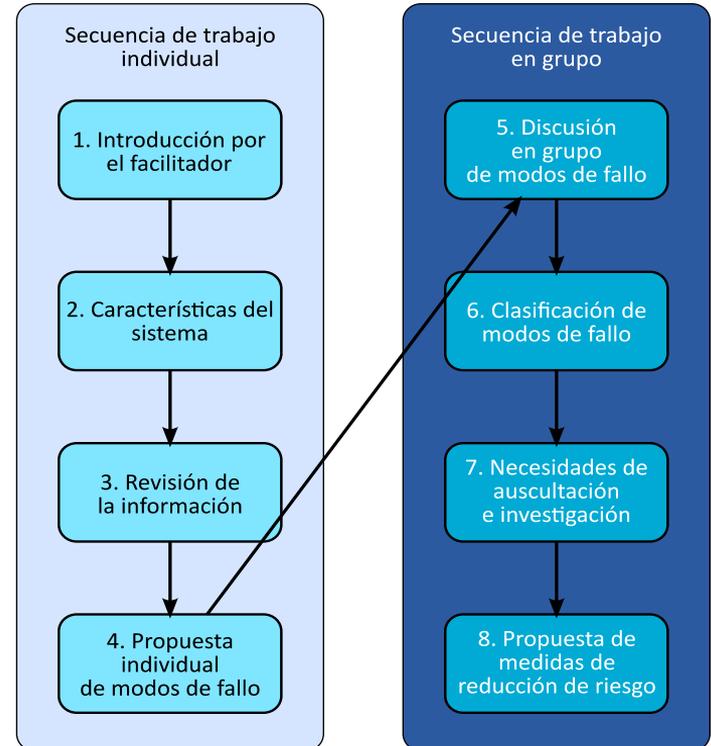
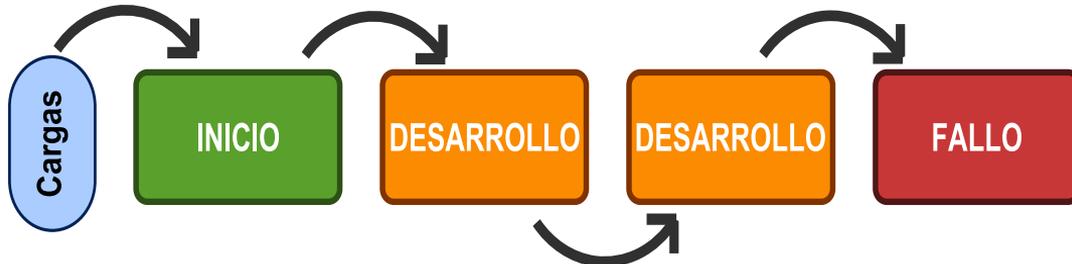
ORSEP

Organismo Regulador de Seguridad de Presas



PROCESO DE IDENTIFICACIÓN DE MODOS DE FALLO

Un modo de fallo es la secuencia particular de eventos que puede dar lugar a un funcionamiento inadecuado del sistema presa-embalse. Esta serie de sucesos se asocia a un determinado escenario de sollicitación y tiene una secuencia lógica, la cual consta de un evento inicial desencadenante, una serie de eventos de desarrollo o propagación y culmina con el fallo del sistema.



SESIÓN DE IDENTIFICACIÓN DE MODOS DE FALLO

- Se revisó todo el material previo necesario y de forma ordenada.
- Se realizó una visita al lugar de las obras fijándose en las principales vulnerabilidades.
- Participación de más de 50 personas relacionadas con la gestión de la seguridad de la presa en la sesión de identificación de modos de fallo.



Modo de fallo	
Título	EL CAÑADOR - Bocatoma hidroeléctrica - Bolivia
Descripción	En escenario hidrológico, por agotamiento de la capacidad de descarga de las obras de alivio, se genera un incremento del nivel del embalse produciéndose una descarga por el vertedero mayor que la prevista en el diseño. Esto ocasiona una fuerte erosión y posterior destrucción del cuadro dissipador, avance de la escarpa hacia aguas arriba, disminuyéndose (hasta agotamiento) la resistencia al corte del concreto de la estructura (de desmoronamiento), y en consecuencia el desmoronamiento de nivel.
Esquema gráfico	
Factores que lo hacen más probable (a favor)	Factores que lo hacen menos probable (en contra)
<ol style="list-style-type: none"> Baja recurrencia de la cresta de proyecto (T.R.S. ≥ 200) EL REALITO se produce (flore de inundación) con una consistencia erosiva Baja o nula capacidad de regulación del embalse 	<ol style="list-style-type: none"> Bajo tiempo de exposición en esas condiciones de operación. (Los accidentes del REALITO son muy puntuales)

Modo de fallo	
Título	EXPOSICIÓN VIBRACIONAL - CIMENTACIONES EN LA C.A.S.
Descripción	LA CIMENTACIÓN DE ALIVIO EN SU BARRERA SE ENCONTRA EN UN ESTADO DE DEGRADACIÓN POR SU EXPOSICIÓN A VIBRACIONES EN LA OPERACIÓN DE LA CIMENTACIÓN. LA DEGRADACIÓN SE MANIFIESTA EN LA CIMENTACIÓN POR SU EXPOSICIÓN A VIBRACIONES EN LA OPERACIÓN DE LA CIMENTACIÓN.
Esquema gráfico	
Factores que lo hacen más probable (a favor)	Factores que lo hacen menos probable (en contra)
<ol style="list-style-type: none"> LA CIMENTACIÓN DE ALIVIO EN SU BARRERA SE ENCONTRA EN UN ESTADO DE DEGRADACIÓN POR SU EXPOSICIÓN A VIBRACIONES EN LA OPERACIÓN DE LA CIMENTACIÓN. 	<ol style="list-style-type: none"> LA CIMENTACIÓN DE ALIVIO EN SU BARRERA SE ENCONTRA EN UN ESTADO DE DEGRADACIÓN POR SU EXPOSICIÓN A VIBRACIONES EN LA OPERACIÓN DE LA CIMENTACIÓN.

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 cimientó

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

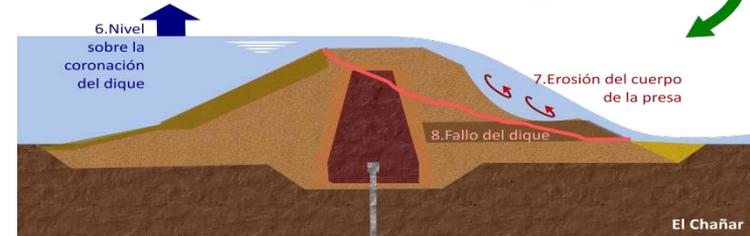
Factores que los hacen más y menos probables

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

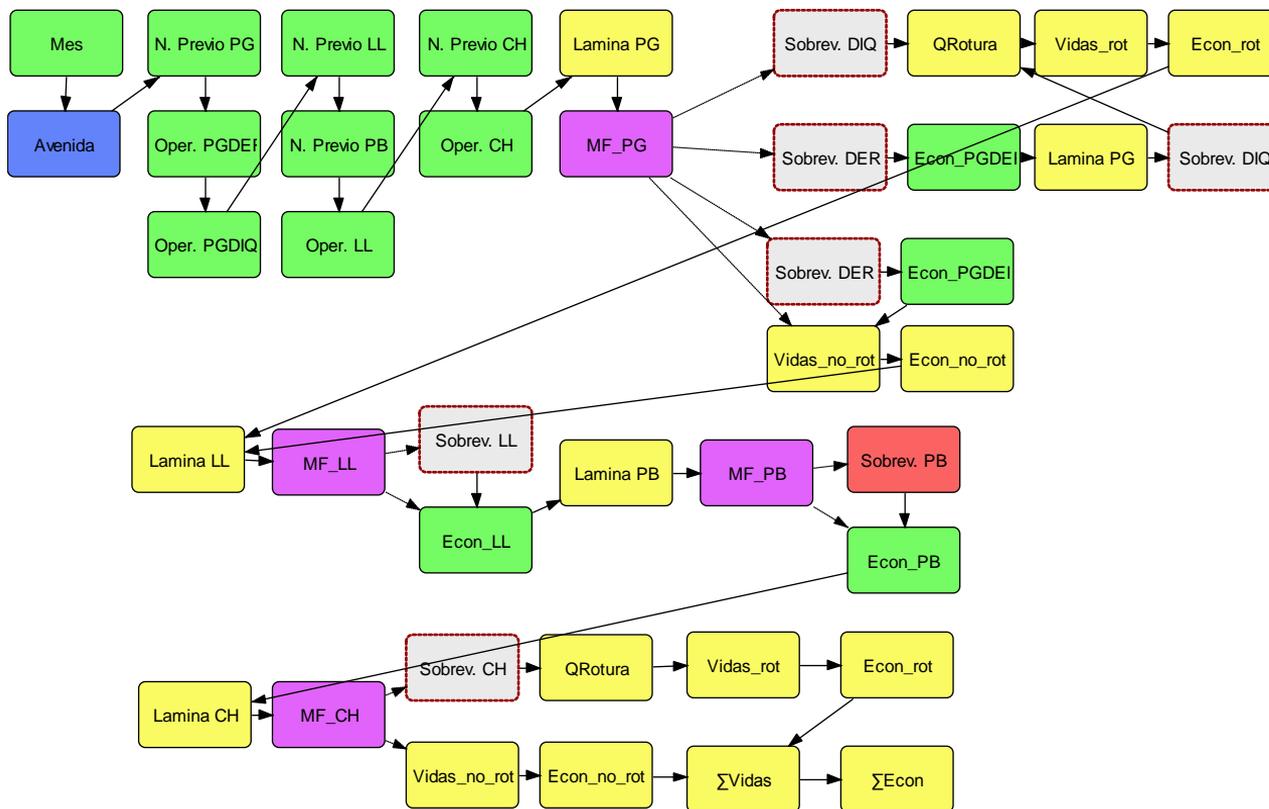
Recomendaciones para el modelo de riesgo

SOBREVERTIDO DE PORTEZUELO GRANDE Y EL CHAÑAR

En escenario hidrológico, se produce una crecida de suficiente magnitud como para producir un aumento del nivel en el embalse y el vertido de agua sobre la coronación de la presa de Portezuelo Grande. Este vertido provoca una erosión superficial del paramento aguas abajo, que va aumentando hasta producir una erosión generalizada en el cuerpo de la presa y una rotura final por inestabilidad. La rotura de Portezuelo Grande, junto a la crecida, produce una onda de inundación hacia aguas abajo que llega al embalse de El Chañar, produciendo un aumento de los niveles en el embalse hasta producir un vertido sobre la coronación de esta presa. El vertido sobre El Chañar provoca una erosión superficial del paramento aguas abajo, que va aumentando hasta producir una erosión generalizada en el cuerpo de presa y una rotura final por inestabilidad.



ARQUITECTURA DEL MODELO DE RIESGO



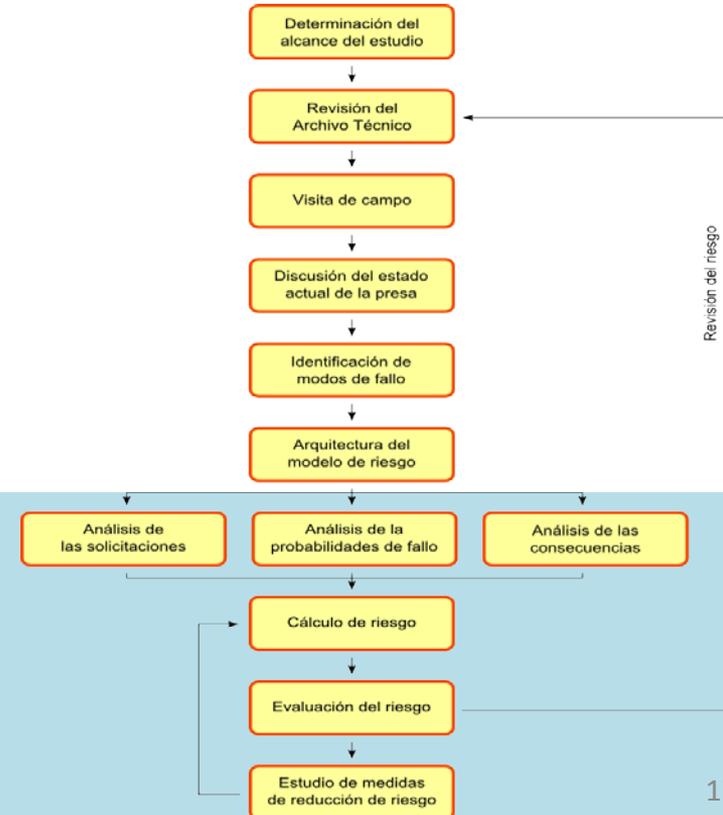
EL PROCESO DE ANÁLISIS DE RIESGO

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



CASOS REALES: PASO SEVERINO (URU)

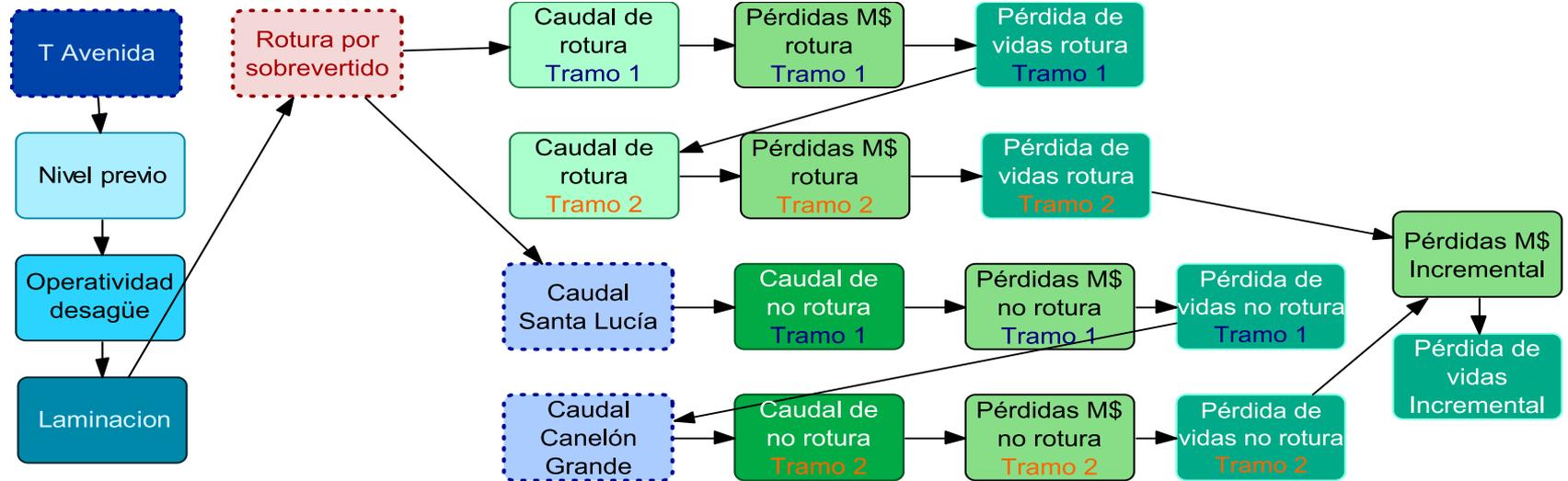


MODELO DE RIESGO

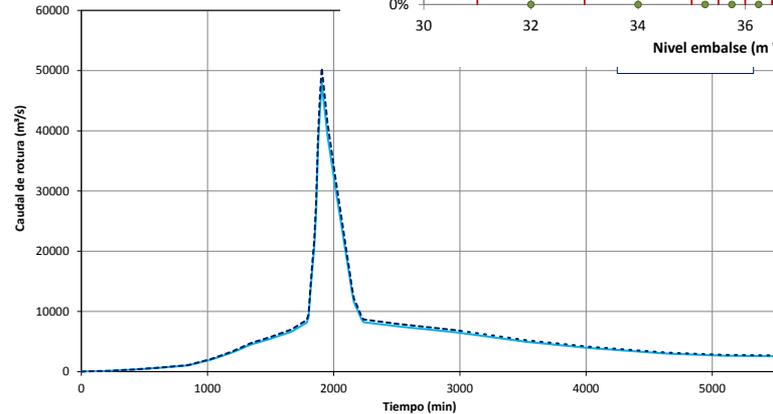
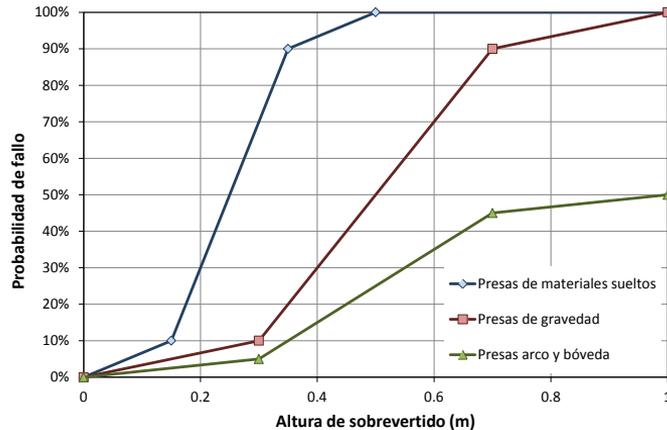
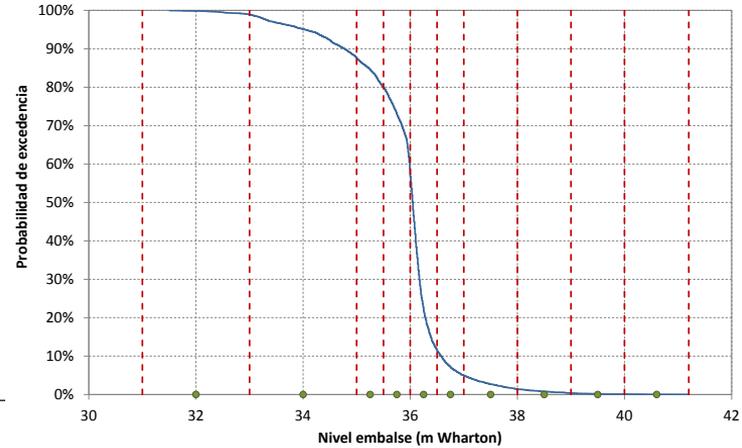
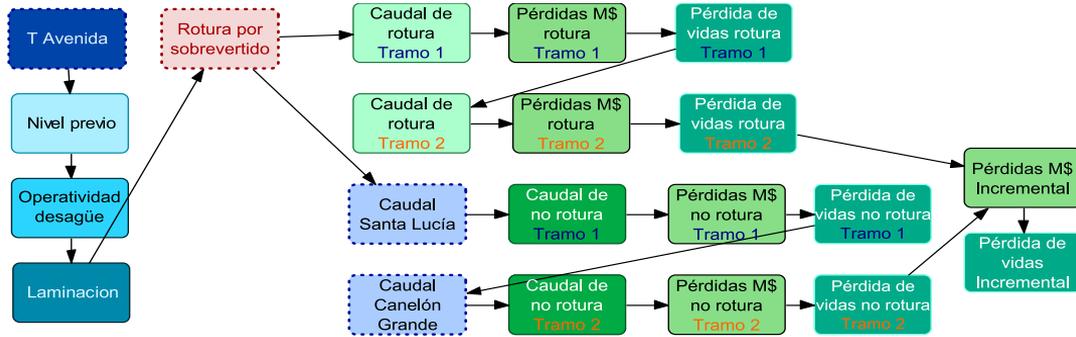
Solicitaciones

Respuesta del sistema

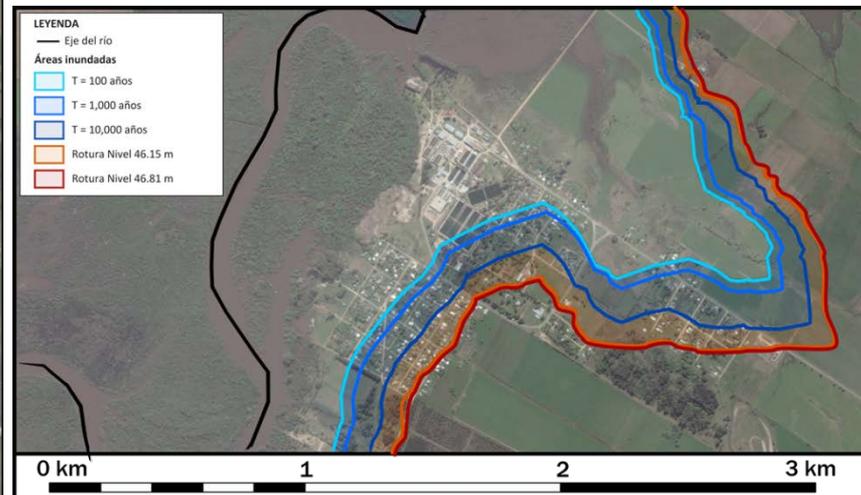
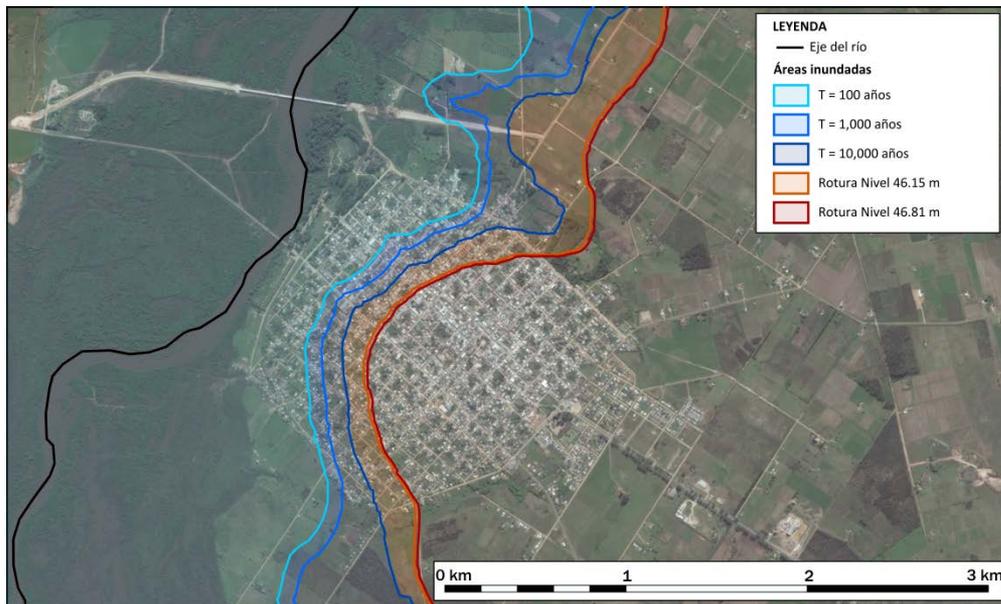
Consecuencias



CÁLCULO DEL RIESGO

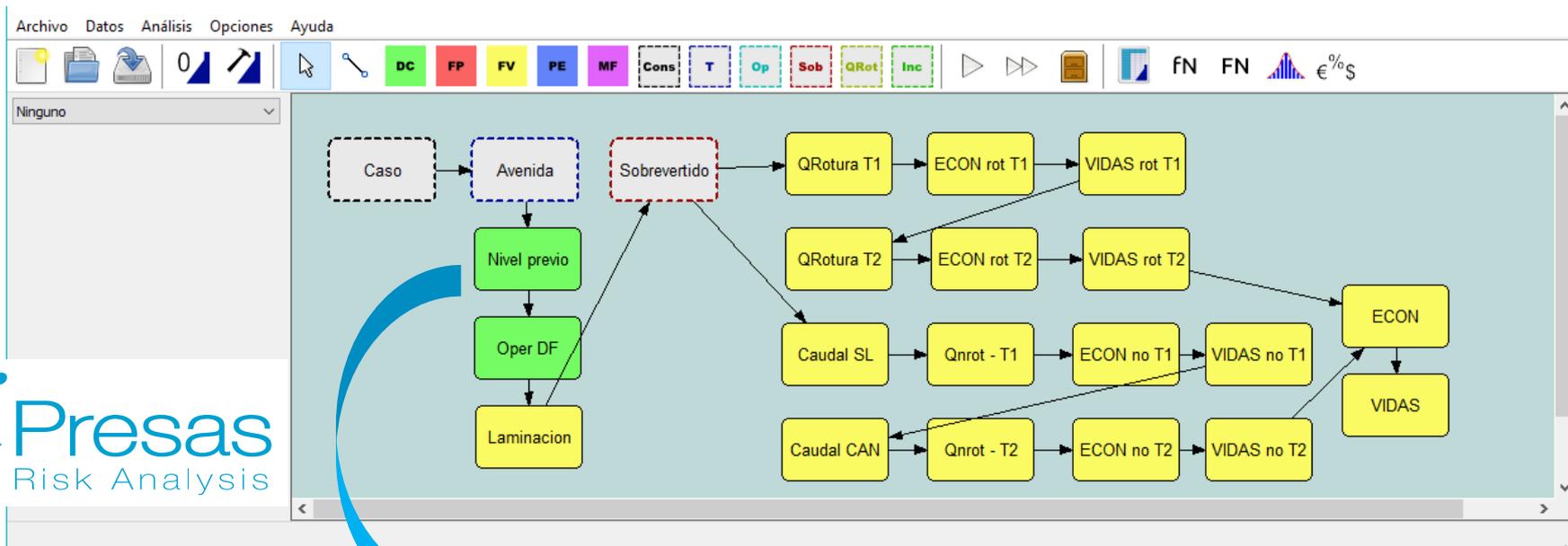


CÁLCULO DEL RIESGO



Coste estimado de pérdida de abastecimiento de agua a Montevideo: 1600 M\$

CÁLCULO DEL RIESGO



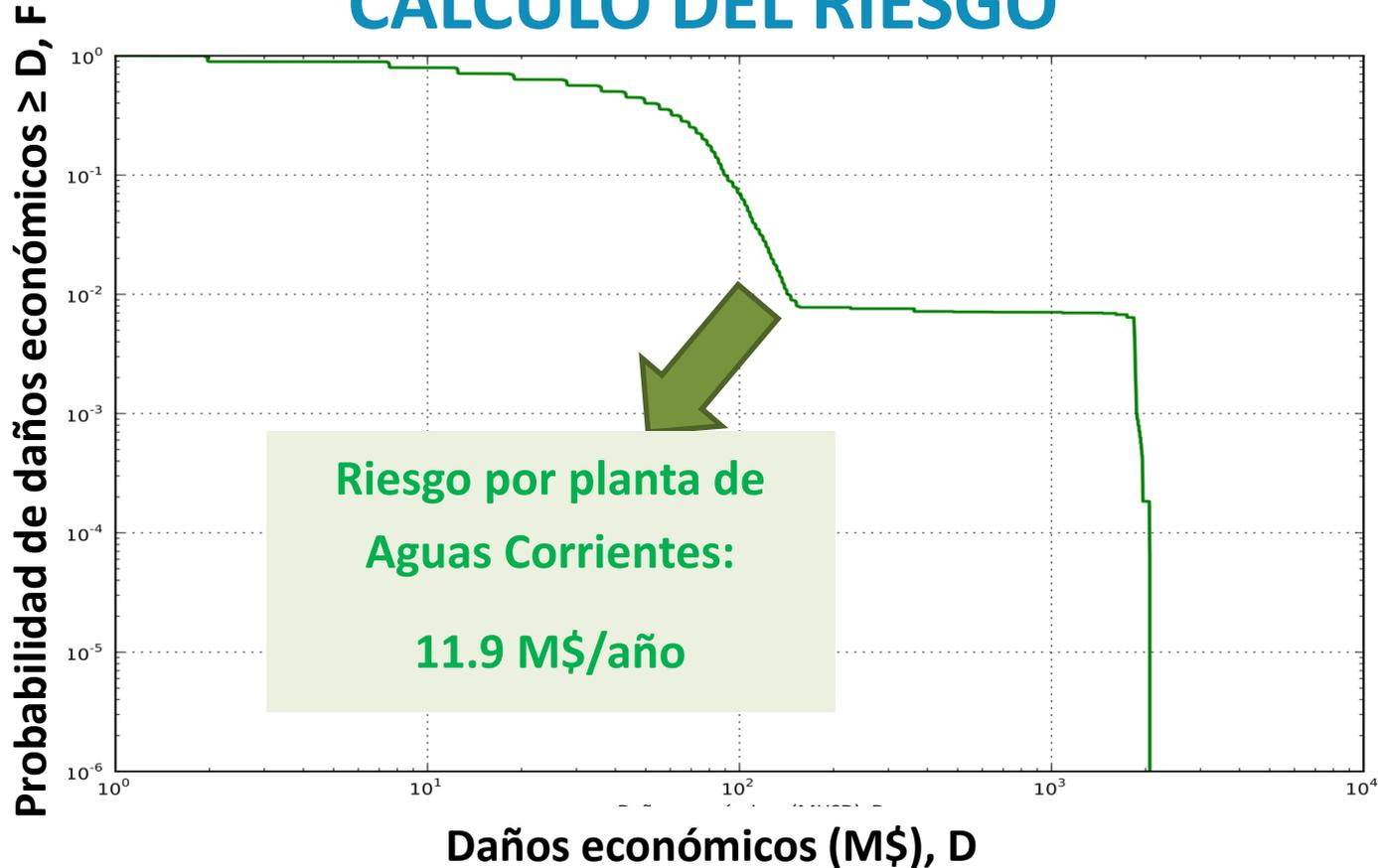
iPresas
 Risk Analysis

	prob	DF	ECON	L1	ECONT2	NMax	NP	OpDF	PAACC	PADE	PAE	QSLCno	QT1rot	QT2rot	SAven	VIDAS
1	0.0	NO	2054.95563362	137.894887129	1917.06074649	32.5473081431	32.0	0	NO	NO	0.945625469067	102.874911517	36321.5058984	28436.99	NO	295.81855143
2	0.00117240458156	NO	1.89459763952	1.89459763952	0.0	32.5473081431	32.0	0	NO	NO	0.945625469067	102.874911517	0.0	0.0	NO	0.0099579898
3	0.0	NO	2054.95563362	137.894887129	1917.06074649	34.4336686079	34.0	0	NO	NO	0.945625469067	106.526429866	36321.5058984	28436.99	NO	295.81855143
4	0.0122931742533	NO	1.92894171072	1.92894171072	0.0	34.4336686079	34.0	0	NO	NO	0.945625469067	106.526429866	0.0	0.0	NO	0.0101385020

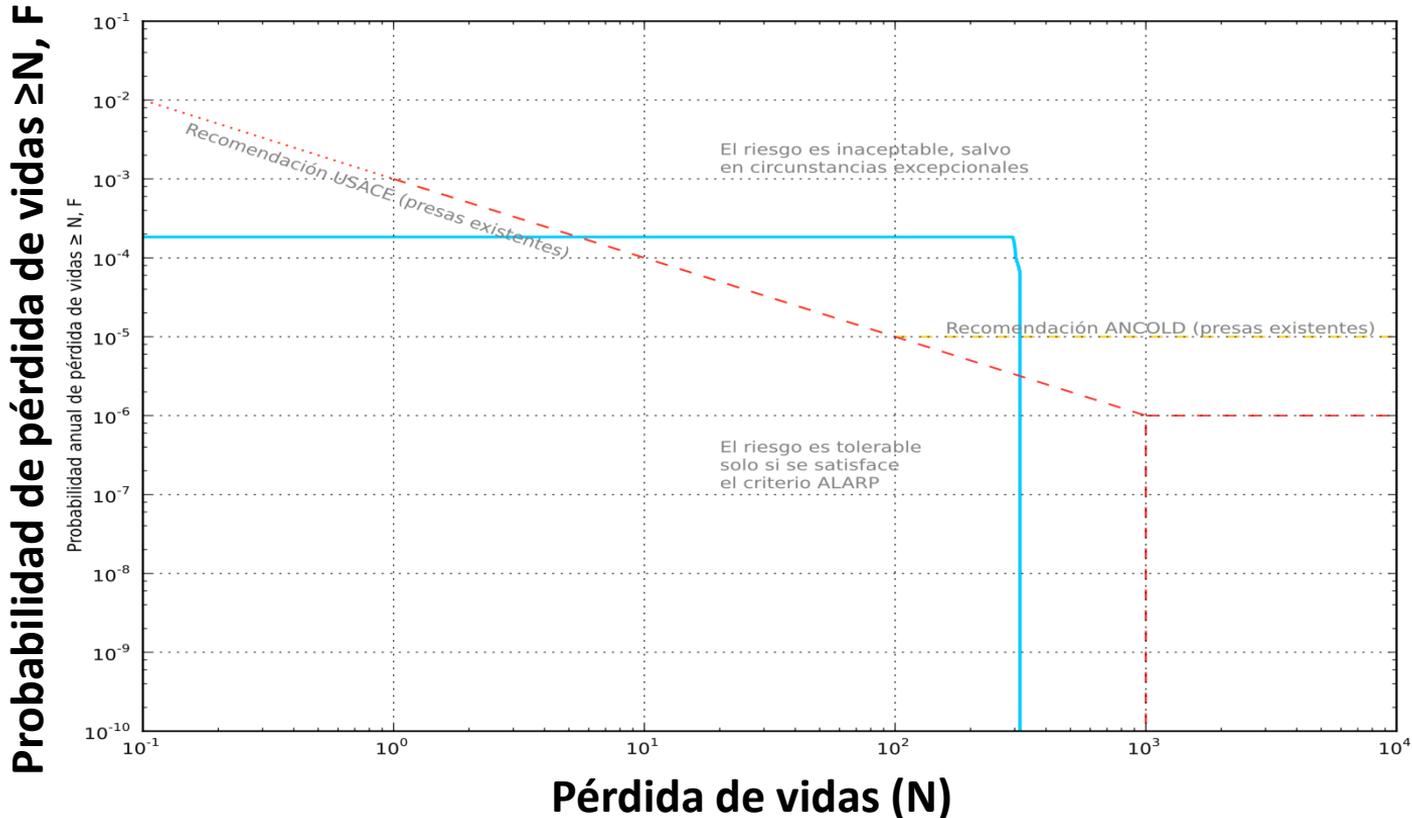
CÁLCULO DEL RIESGO



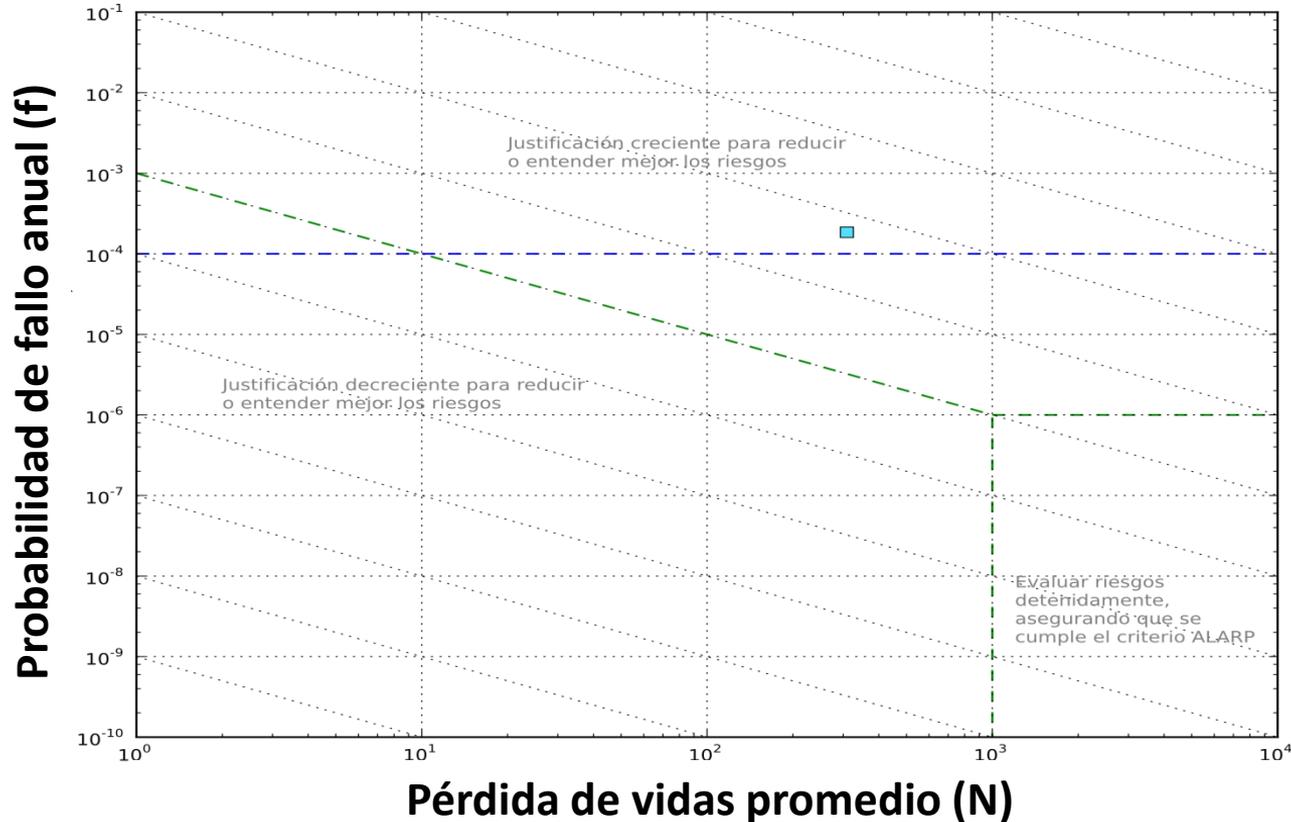
CÁLCULO DEL RIESGO



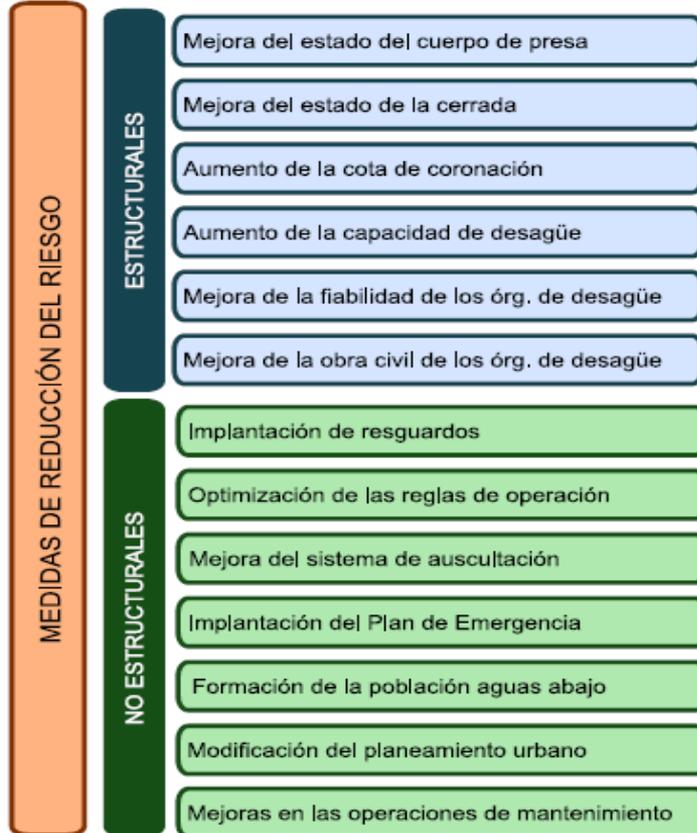
EVALUACIÓN DEL RIESGO: ANCOLD Y USACE



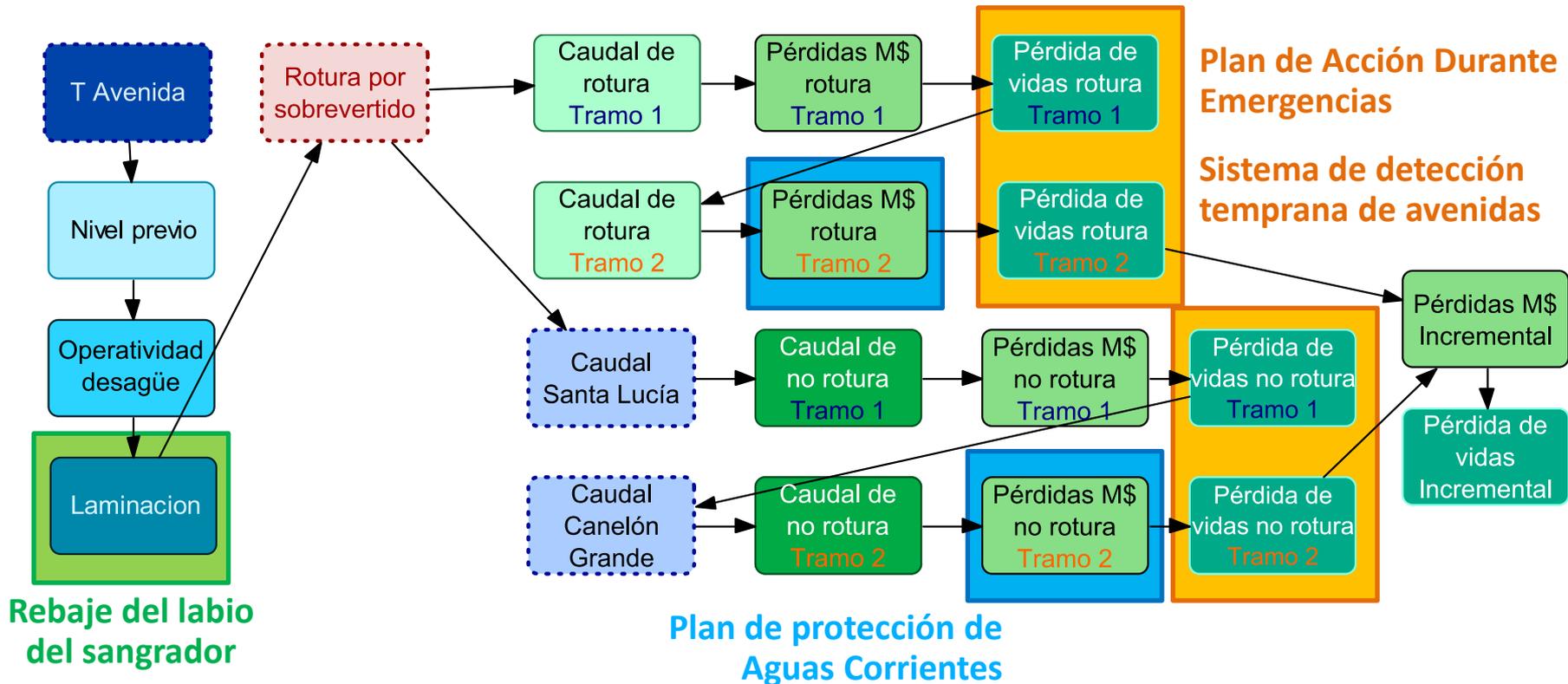
EVALUACIÓN DEL RIESGO: USBR (2011)



MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE RIESGO

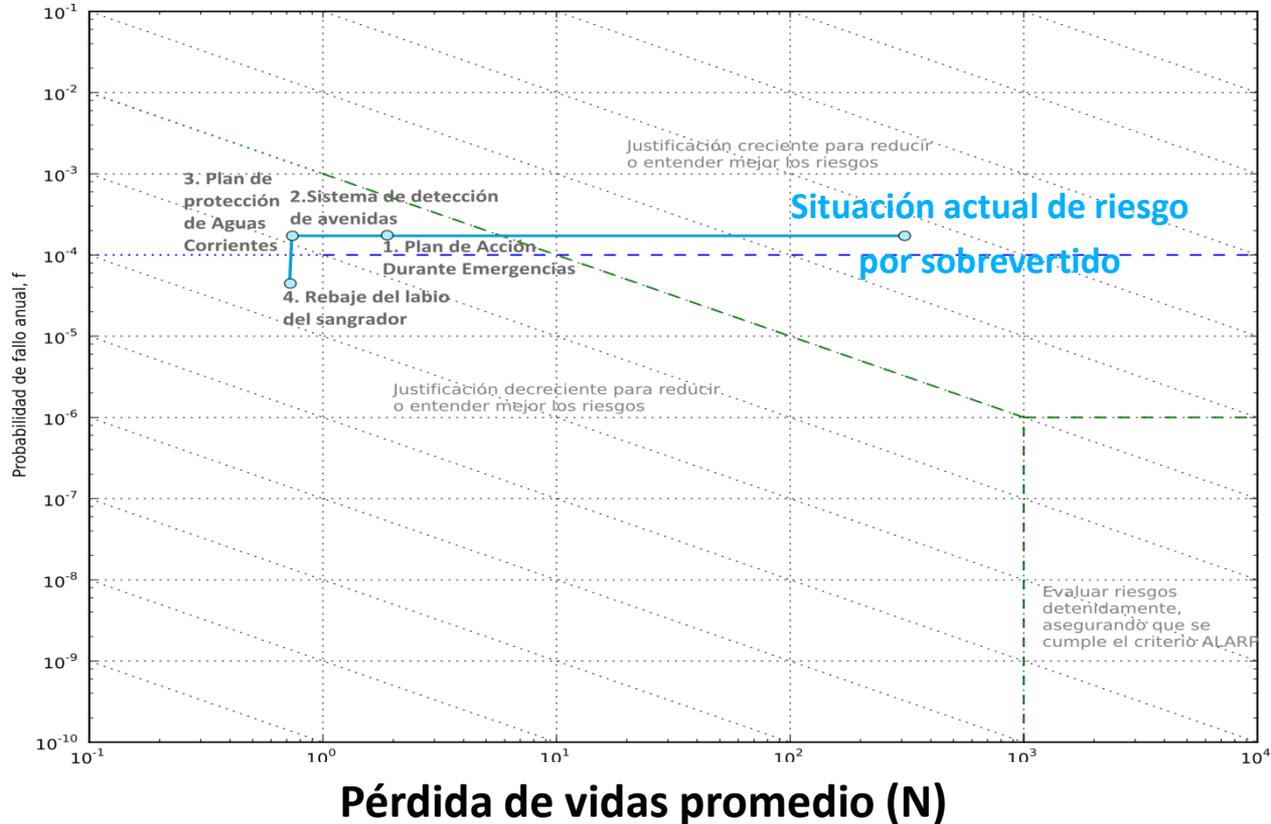


MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE RIESGO



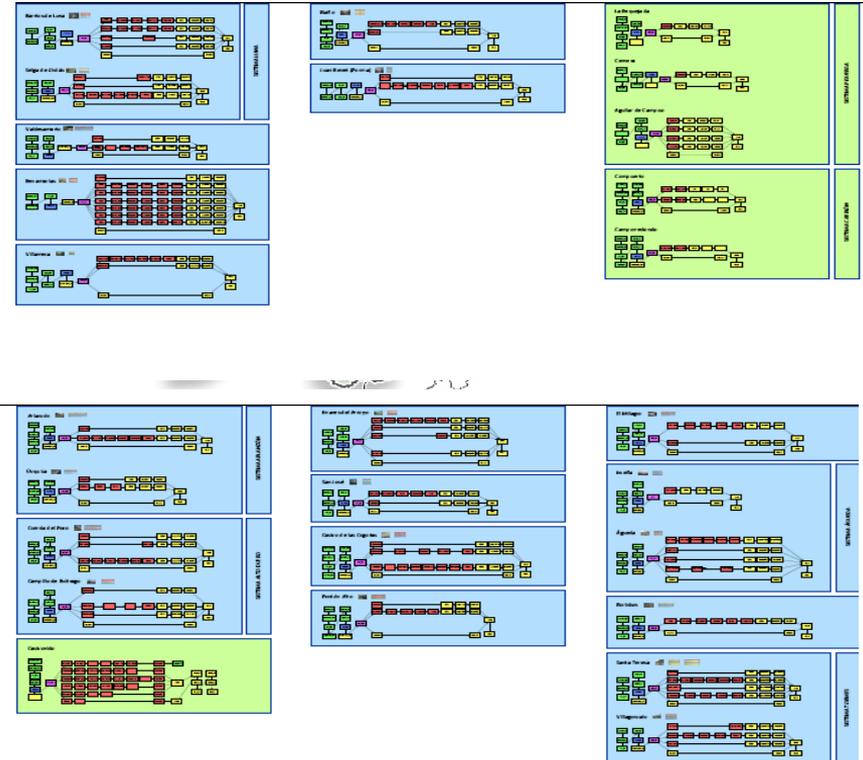
MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE RIESGO

Probabilidad de fallo anual (f)

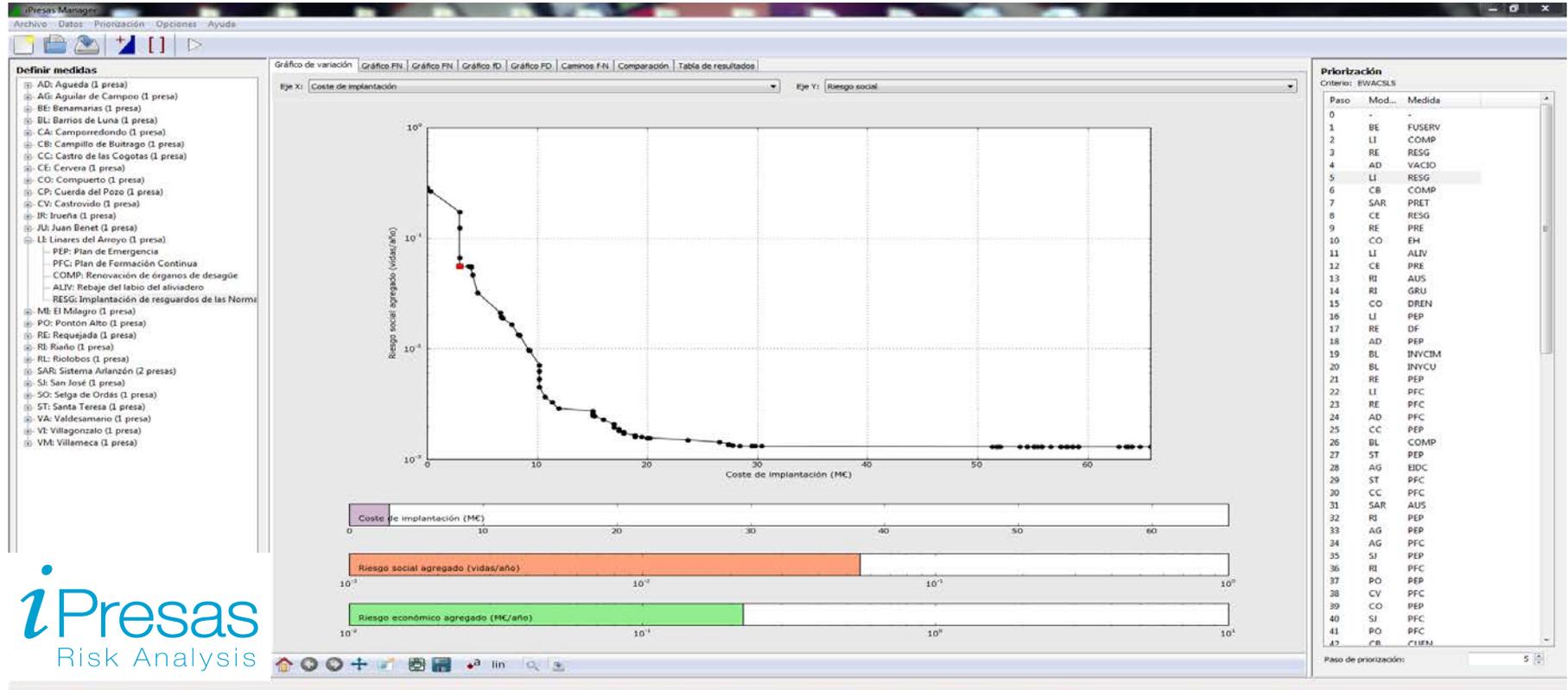


CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO (ESP)

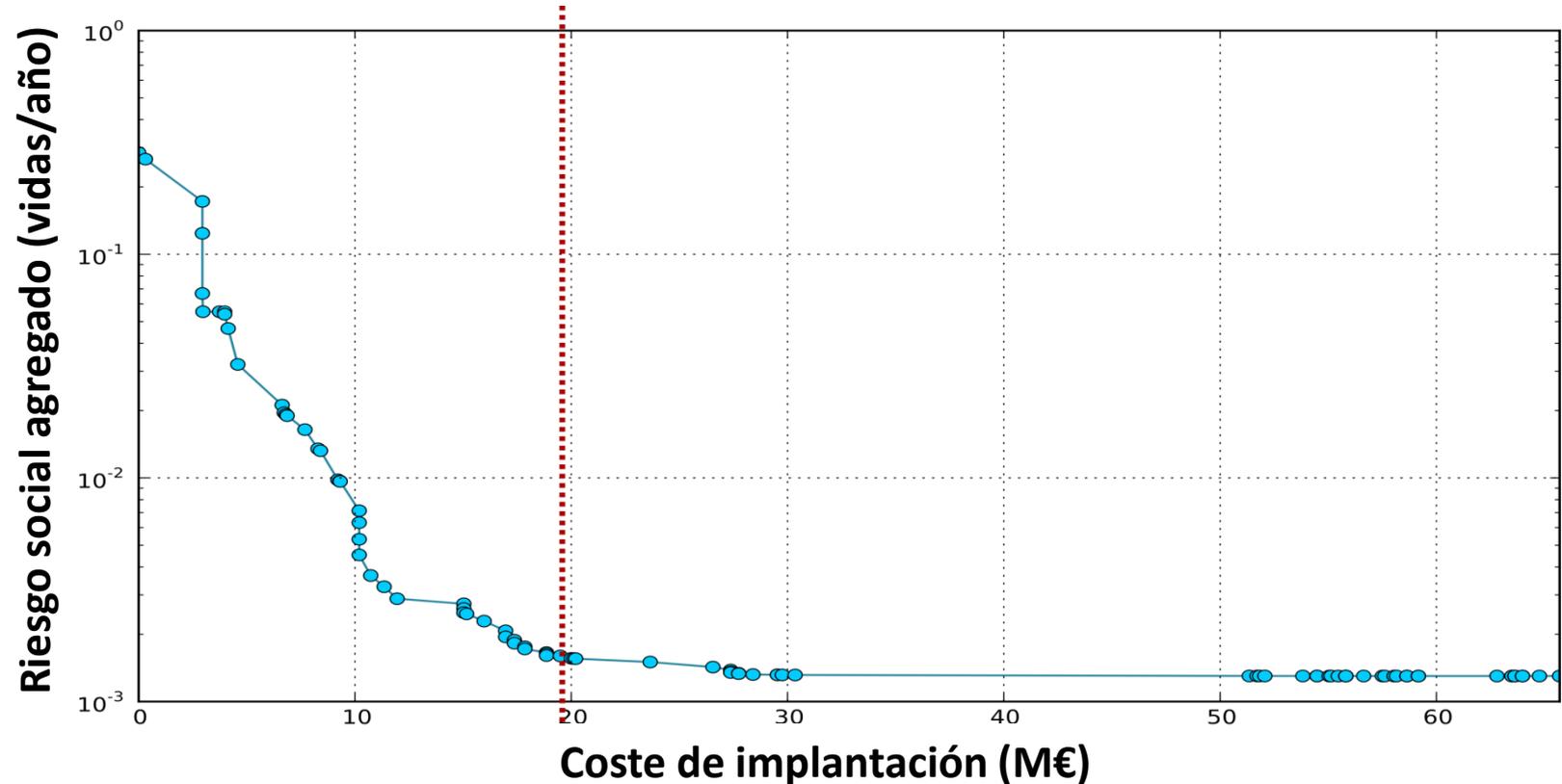
27 presas y 95 medidas estructurales y no estructurales



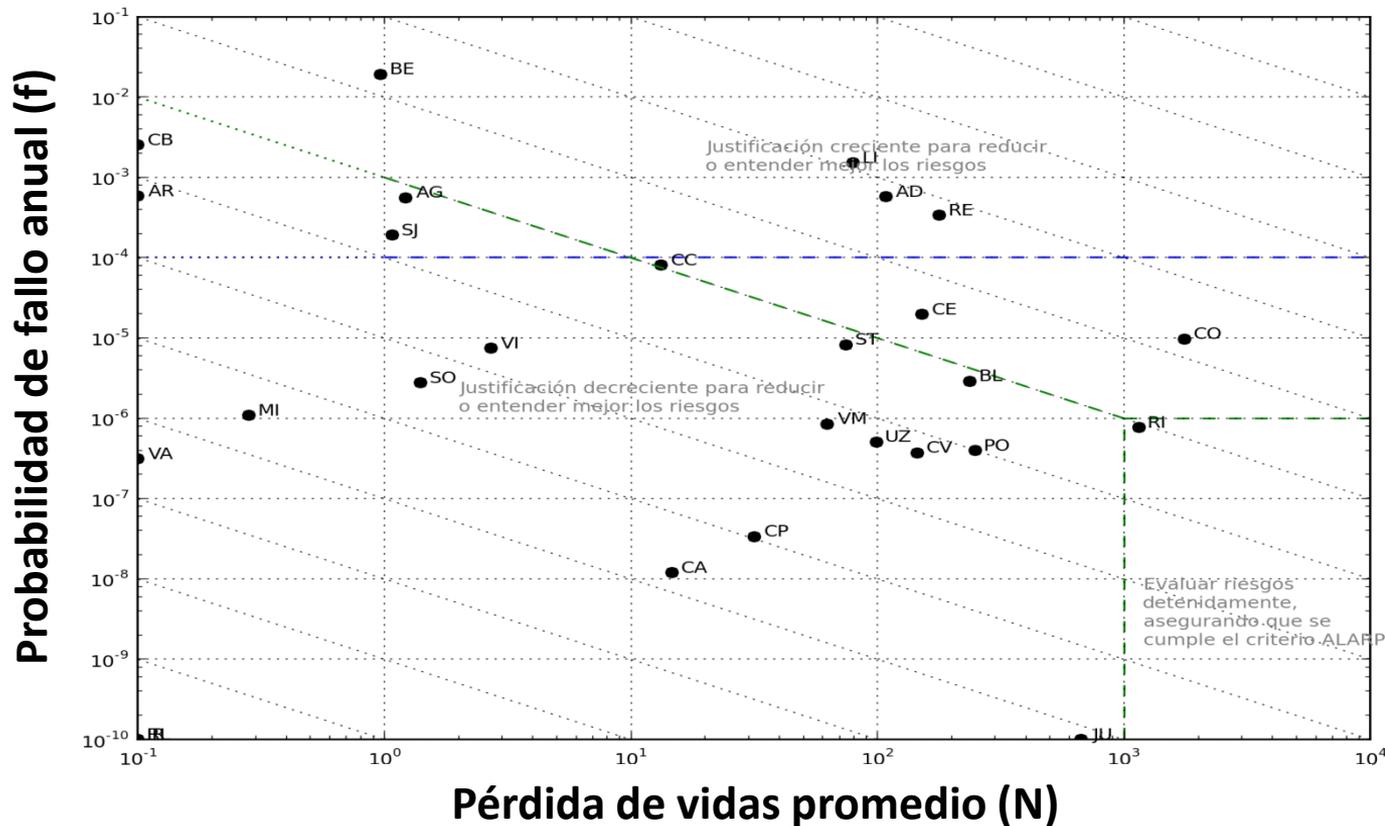
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO (ESP)



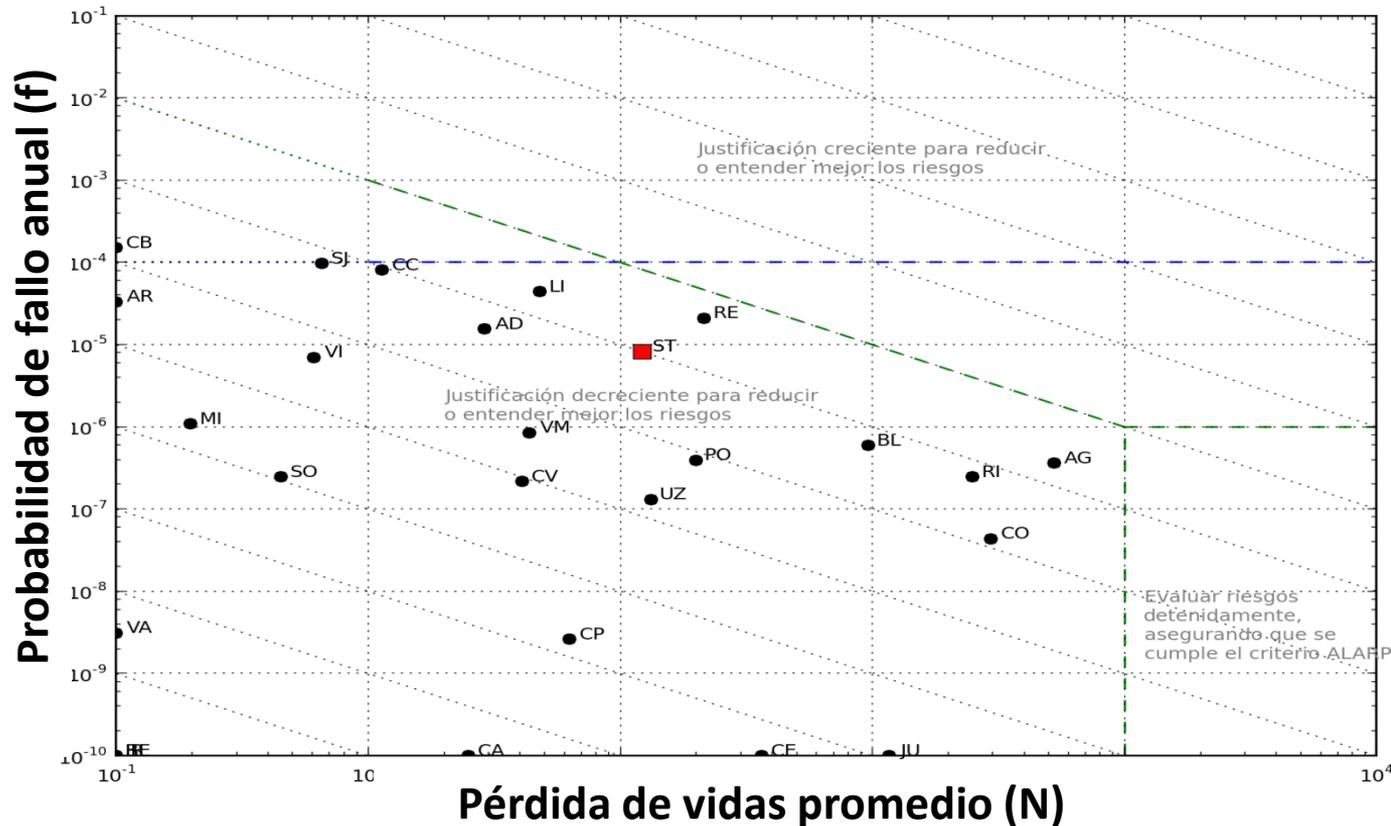
CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO (ESP)



CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO (ESP)



CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO (ESP)





¡Muchas gracias!

Dr. Ing. Adrián Morales Torres
adrian.morales@ipresas.com

