

Montevideo, 14 de octubre de 1988.

II ENCUENTRO NACIONAL DE INGENIERIA

14 - 15 de octubre

FACULTAD DE INGENIERIA

Tema : La ingeniería en el Medio. Ingeniería y Nuevas Tecnologías

Autor: Dr. Ing. Alberto Rodríguez Fontal, Prof. Agregado del IMFIA.

" La hidrología como instrumento racionalizador en el diseño de las obras de ingeniería civil"

Las construcciones hidráulicas promueven el desarrollo económico y social de un país. El almacenamiento y regulación de los caudales benefician al riego, a la producción de energía limpia, barata y a los consumos industriales y domésticos. Casos de deterioros y roturas de presas ocurren con relativa frecuencia.

La magnitud de los riesgos para las personas y bienes se comprende inmediatamente si se tiene en cuenta que existen 15.800 presas en más de 100 países. Entre ellas 268, el 1,7 %, tienen más de 100m de altura.

Se conocen 1.105 casos de deterioros y 87 casos de rotura de presas. El 7 por mil se han roto.

Entre las presas de hormigón que han fallado, el 57 % se debió a una causa localizada en la fundación, 30 % a una causa localizada en el cuerpo de la presa y un 13 % en los vertederos.

Entre las presas de escollera, 25 % por una causa localizada en la fundación, 47 % en el cuerpo de la presa y 23 % por una falla en el diseño o funcionamiento de los vertederos (cuadro I).

CUADRO I

Localización de las causas de roturas de presas

	<u>Presas de hormigón</u>	<u>Presas de escollerado</u>
En la fundación	13 (57%)	16 (25%)
En el cuerpo de la presa	7 (30%)	30 (47%)
En los vertederos	3 (13%)	15 (23%)
Otras	_____	3 (5%)
	23 (100%)	64 (100%)

CUADRO II

Porcentaje de incidentes en función del número de presas

Presas en arco	5,6%
Presas de contrafuertes	7,0%
Presas de gravedad	2,1%
Presas de escollerado	6,6%

CUADRO III

Datos económicos causados por la rotura de presas

<u>Presa</u>	<u>País</u>	<u>Fecha</u>	<u>10⁶ US\$</u>
Teton	U.S.A.	1976	450
Johnstown	U.S.A.	1937	100
Malpasset	Francia	1959	68
Baldwin	U.S.A.	1963	50
Pardo	Argentina	1970	20

CUADRO IV

Pérdidas de vidas humanas ocasionadas por la rotura de presas

<u>Presa</u>	<u>País</u>	<u>Fecha</u>	<u>Vidas humanas</u>
South Fork	U.S.A.	1889	2142
Vajont	Italia	1963	1994
Iruka	Japón	1868	1200
Puentes	España	1802	608
Malpasset	Francia	1959	421
Saint Francis	U.S.A.	1928	400

Las estadísticas de la Comisión Internacional de grandes Presas (ICULD) sobre el porcentaje de incidentes en función del número de presas de cada tipo nos muestran que estamos frente a uno de los problemas más importantes a resolver por la tecnología en el más próximo futuro (Cuadro II).

La estadística de daños económicos ocasionados por roturas de presas está encabezada por la presa de Teton, en Estados Unidos, que se rompió en 1976 ocasionando daños por US\$ 450.000.000.

Le siguen la presa de Johntown, también en Estados Unidos, cuya rotura en 1937 ocasionó daños por US\$ 100.000.000, la presa de Malgasset, en Francia, rota en 1959 con daños por US\$ 68.000.000, la presa de Baldwin Hill, en Estados Unidos, rota en 1963 con daños por US\$ 50.000.000 y la presa de Pardo, en Argentina, rota en 1970 con daños por US\$ 20.000.000 (Cuadro III).

La estadística de pérdidas de vidas humanas está encabezada por la presa de South Fork, en Estados Unidos, que se rompió en 1889 ocasionando 2142 muertes.

Le siguen las presa de Vajont, en Italia, cuya rotura en 1963 ocasionó la pérdida de 1994 vidas humanas, la presa de Iruka, en Japón, rota en 1868 con 1200 muertes, la presa de Puentes, en España, rota en 1802 ocasionando 608 muertes, la presa de Malpasset, en Francia, rota en 1959 con 421 muertes y la presa de Saint Francis, en Estados Unidos, rota en 1928 ocasionando 400 pérdidas de vidas humanas (Cuadro IV).

En el estado actual de los conocimientos son necesarias investigaciones profundas sobre los mecanismos reales de deterioro de las obras de ingeniería hechas por el hombre.

Estas investigaciones deben tener un triple objetivo:

- mejorar la información de base de los proyectos;
- vijilar las obras con el fin de prevenir toda evolución que comprometa la seguridad
- encontrar criterios de diseños adecuados y reales

Así por ejemplo, los evacuadores de crecida mal diseñados son desde la antigüedad una de las causas más importantes de colapsos en las presas. Y aún persiste hasta nuestros días.

La determinación del caudal máximo probable tiene la confiabilidad de los datos en que se han basado.

Estos temas solían ser soslayados por la literatura técnica, tanto por su dificultad intrínseca como por la indisponibilidad de datos y metodológico confiables.

En la práctica muchos de estos problemas se resolvían por el simple traslado de fórmulas empíricas extraídas de la literatura técnica anglosajona tradicional.

La importancia del tema surge obviamente si se piensa que las más grandes catástrofes en el campo de la Ingeniería Hidráulica se debe a la ausencia de datos hidrológicos.

En el diseño de la mayoría de las obras hidráulicas en nuestro país aún no se le da suficiente importancia a la necesidad de trabajar con datos hidrológicos reales y confiables.

La consecuencia es el sobredimensionado que conduce al despilfarro o el subdimensionado que conlleva a daños y destrucción de las obras.

Datos no registrados son datos perdidos para siempre.

Datos registrados y no accesibles al proyectista también significa ausencia de información.

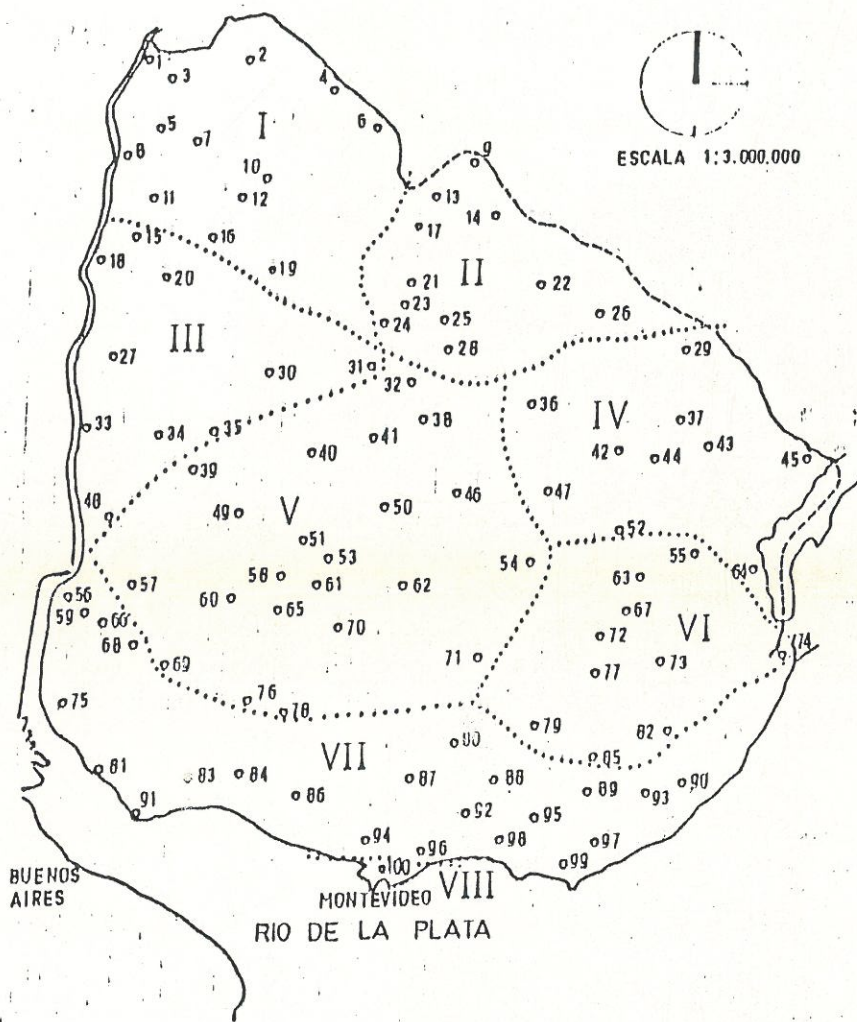
La hidrología es un instrumento para racionalizar el diseño de las obras de ingeniería civil y compatibilizar el uso y finalidad de las obras con la inversión económica y financiera y los objetivos de seguridad y vida útil requeridas.

El análisis debe considerar con los costos de las obras propiamente dichos, los costos de pérdidas y daños materiales a terceros.

Los costos debidos a pérdidas de vidas humanas y debidos a pérdidas de otros valores intangibles deben ser necesariamente considerados, aunque haya una dificultad mayor en relación con la determinación de estos costos.

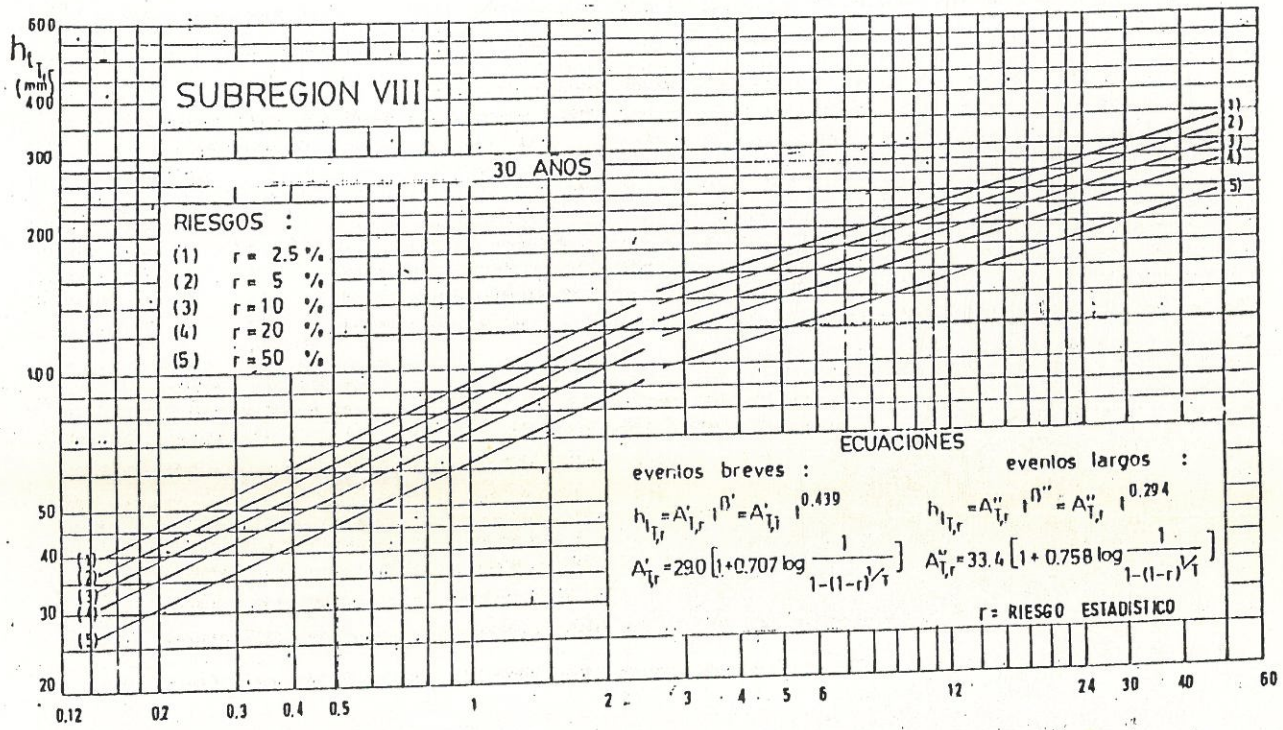
La sociedad ya acepta asociar costos a la pérdida de vidas humanas.

Esto ocurre en una forma no declarada en los servicios públicos en general. Por ejemplo, en los servicios de salud, de prevención del crimen, de seguridad en las calles, en los que existe un riesgo aceptado de vidas que se pierden.



SUBREGIONES PLUVIOMETRICAS EN URUGUAY.

Deducidas por control estadístico de la distribución de las lluvias máximas



Máximo valor $h_{T,r}$ que la altura h_t de lluvia de duración t puede asumir una vez cada T años a menos de un riesgo r . Ecuaciones y representación bi-logarítmica de $h_{T,r}(t)$.

Se está creando en relación con la pérdida de la vida humana una jurisprudencia en la que la vida tiene un valor finito determinado .

Además de los factores mencionados otros factores sociales y políticos convierten la fijación del nivel de riesgo aceptable en una decisión.

Incide en ello:

- la jurisprudencia local;
- los aspectos institucionales de las indemnizaciones;
- el riesgo aceptado de inundaciones;
- la posibilidad de fallos operativos;
- la posibilidad de colapso;
- la calidad y confiabilidad de la información hidrológico básica.

Con este criterio y como un primer avace en la búsqueda de este objetivo en nuestro Instituto hemos deducido para cada una de las ocho Sub - regiones del Uruguay las ecuaciones de las máximas alturas de lluvia de diseño, en función de la vida útil prevista para los aprovechamientos y del riesgo asumido en el proyecto.