

RIESGO SÍSMICO DE GRANDES PRESAS DEL NOROESTE ARGENTINO

Daziano, María Alejandra; Pérez, Gustavo Ariel; Jacinto, Abel Carlos
Ingenieros Civiles

Instituto de Estructuras "Ing. Arturo M. Guzmán", Universidad Nacional de Tucumán
CONICET, Av Rivadavia 1917, Cdad. de Bs. As.
adaziano@gmail.com

RESUMEN

En la región noroeste de Argentina existen alrededor de 35 grandes presas. El objetivo de este trabajo es asignar a cada una de estas estructuras una categoría de riesgo sísmico, mediante la metodología del Factor de Riesgo Total. Este índice considera que las consecuencias de la falla de una presa dependen, por un lado, de su altura, capacidad de almacenamiento y antigüedad de la estructura y por el otro, de la población e infraestructura situadas aguas abajo, en la zona de inundación. Se cuantifica además la peligrosidad del sitio de emplazamiento y el Factor de Riesgo Total resulta de efectuar el producto entre peligrosidad y vulnerabilidad. Los lineamientos de seguridad sísmica del Comité Internacional de Grandes Presas recomiendan efectuar una verificación de una presa cuando ocurre un sismo de gran magnitud o cuando los criterios de diseño sísmico son modificados o bien se produzcan nuevos desarrollos en el ámbito. La categorización propuesta en este trabajo se puede utilizar para establecer la necesidad de efectuar análisis más completos y detallados de algunas presas y dar un orden de prioridad para dichas evaluaciones.

ABSTRACT

In the northwestern region of Argentina there are about 35 large dams. The objective of this work is to assign each of these structures a seismic risk category, using the methodology of the Total Risk Factor. This index considers that the consequences of the dam failure depend on the height, storage capacity and age of the structure and on the other hand, on the population and infrastructure located downstream. It also quantifies the hazard of the location. The Total Risk Factor is obtained as the product of hazard and vulnerability. The seismic safety guidelines of the International Committee on Large Dams recommends the verification of a dam when a major earthquake occurs or when the seismic design criteria is modified or new advancements are develop in the field. This proposed categorization can be used to establish the need for more complete and detailed analysis of dams and to give priority to those assessments.

INTRODUCCIÓN

El Noroeste Argentino (NOA) abarca las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Santiago del Estero, Catamarca y La Rioja, con una superficie total de 557.000 kilómetros cuadrados, lo que constituye cerca del 15% del la superficie total de la República Argentina.

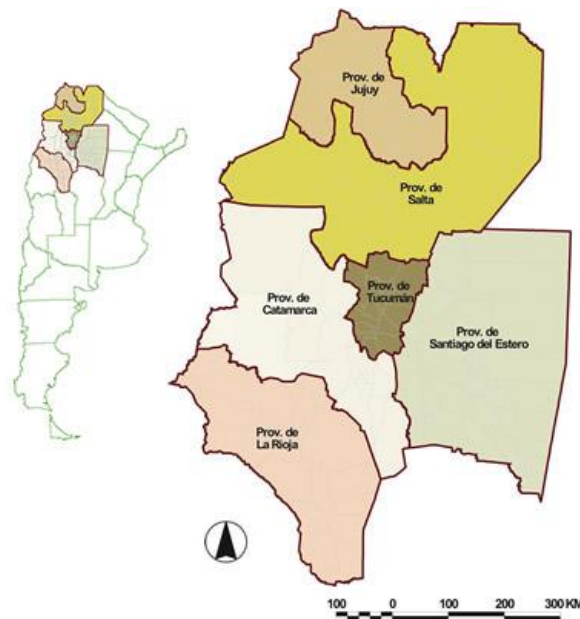


Figura 1. Región Noroeste Argentina

Considerando la sismicidad del país, el NOA es la segunda zona con mayor actividad, luego de la región centro – oeste. Esto resulta evidente si se observan los mapas que muestran la distribución de los sismos históricos y los epicentros de sismos recientes (ver figura 2). Si bien la región noroeste ha soportado terremotos destructivos en los últimos 400 años, éstos no han afectado mayormente a las zonas más densamente pobladas y, en consecuencia, no se le ha dado al problema sísmico la importancia que realmente tiene en función del elevado nivel de peligro sísmico potencial ¹.

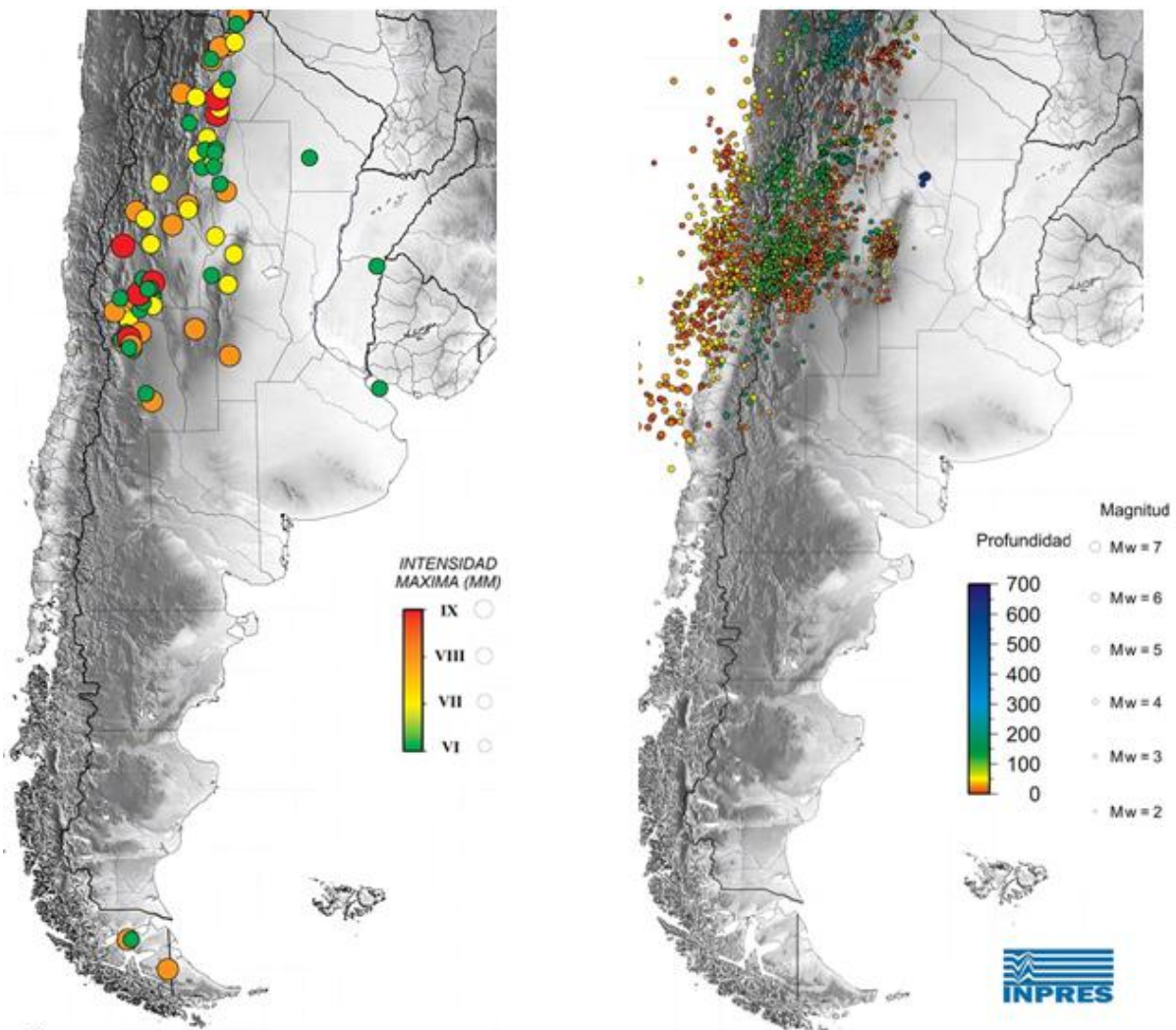


Figura 2. (a) Sismos históricos (b) Sismicidad registrada por el INPRES desde el 31 de agosto de 2011 al 31 de enero de 2012 ². (Total de sismos localizados 4.066)

Existen en Argentina más de 130 grandes presas, 36 de las cuales se encuentran emplazadas en el NOA. Su distribución por provincias se puede observar en la figura 3. Se consideran grandes presas aquellas cuya altura supere los 15 metros o esté entre 10 y 15 metros y satisfaga al menos uno de los siguientes criterios:

- Más de 500 metros de longitud;
- Capacidad de embalse superior a 1 hm³;
- Capacidad de vertedero superior a 2000 m³/s;
- Presas con problemas especiales en la fundación;
- Presas provenientes de proyectos no usuales.

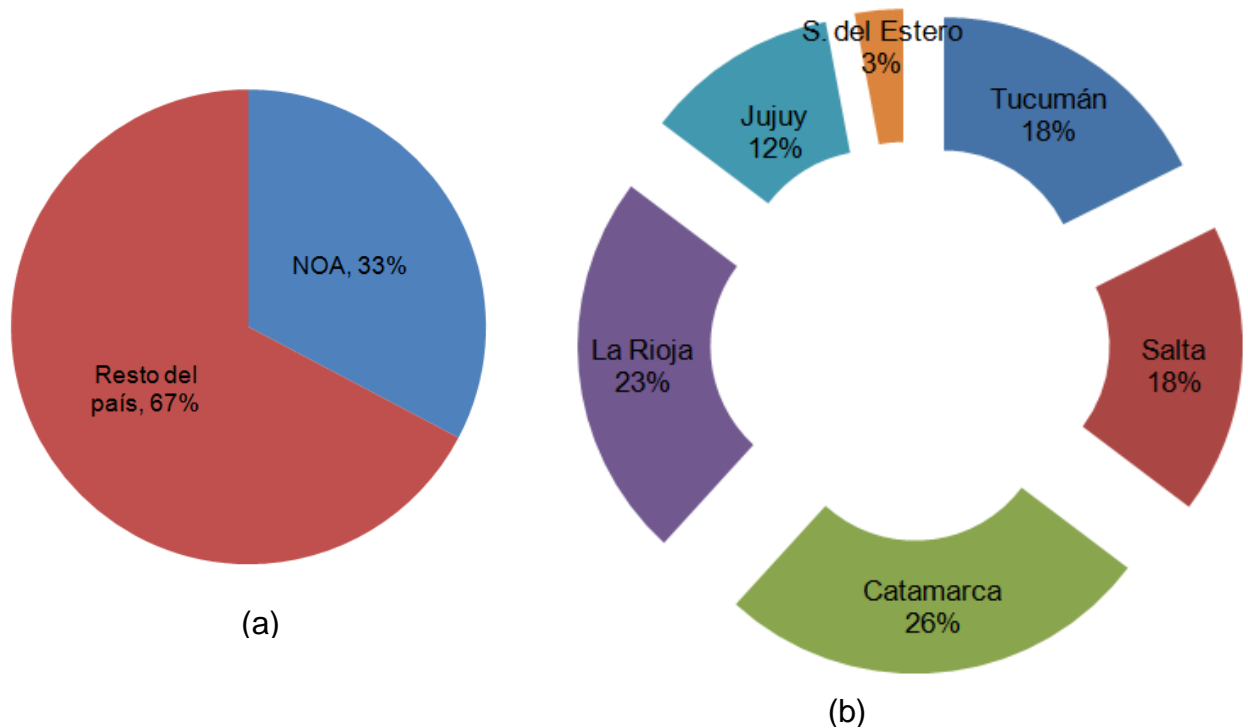


Figura 3. (a) Distribución de grandes presas en Argentina (b) por provincias del NOA.

Estas presas son aprovechamientos multipropósito o con fines de riego y deben permitir la explotación del recurso sin poner en riesgo a la población, garantizando un nivel de seguridad tan elevado como razonablemente posible (tal como lo establece el conocido principio de ALARP, “as low as reasonably possible”). La finalidad de la Seguridad de Presas es alcanzar y mantener el mayor nivel de seguridad posible con el fin de evitar la destrucción de las obras y con ello, la pérdida de vidas y bienes³. Para la gestión de la seguridad de las presas y embalses es necesario contar con herramientas que permitan tomar decisiones y programar las tareas que se deben desarrollar para garantizar el mínimo riesgo en términos estructurales, sociales y ambientales.

El objetivo de este trabajo es crear una base de datos que permita identificar rápidamente las presas críticas del noroeste argentino, entendiendo por críticas aquellas más susceptibles de sufrir daños o rotura en caso de producirse un sismo de determinadas características. La evaluación cualitativa del riesgo sísmico de presas es una tarea que presenta grandes dificultades, ya que por un lado la información disponible es limitada y por otro no existen dos estructuras iguales. Sin embargo, es posible definir niveles de riesgo mediante una ponderación de ciertos factores: edad y altura de la presa, tamaño del embalse, riesgo aguas abajo (conocido o supuesto) y vulnerabilidad sísmica de la estructura. El resultado será un Factor de Riesgo Total (TRF) para cada una de las estructuras en análisis.

MÉTODO DE ANÁLISIS

El Factor de Riesgo Total se compone de aspectos estructurales y socio-económicos que se combinan con la peligrosidad a la que se encuentra expuesta la estructura. De acuerdo al TRF se definen cuatro clases de riesgo: Reducido, Moderado, Elevado o Extremo⁴.

El método consiste en la determinación de 5 parámetros:

- Factor de Daño Asumido (ADF)
- Factor de Peligrosidad Aguas Abajo (DHF)
- Factor de Riesgo por Capacidad del embalse (CRF)
- Factor de Riesgo por Altura de presa (HRF)
- Factor de Riesgo por Antigüedad de la estructura (ARF)

Para los índices se conservan las siglas correspondientes a su denominación en inglés.

Factor de Daño Asumido (ADF)

La utilización del ADF es una variante del método, descrita por Bureau y Ballentine (2002)⁵. El método original utiliza un Factor de Daño (PDF) que se determina en base al Índice de Severidad Sísmica (ESI) y a curvas de fragilidad construidas para cada tipo de presa. En ausencia de estimaciones específicas del movimiento de suelo para cada presa, para definir la vulnerabilidad sísmica se emplea un Factor de Zona Sísmica (SZF) combinado con el Factor de Valoración de Daño de la Presa (DRF). Esto lleva al concepto de Factor de Daño Asumido (ADF) que se utilizará en lugar del Factor de Daño (PDF). El SZF puede definirse en base a reglamentaciones vigentes.

El DRF depende del tipo de presa, clasificadas por materiales y metodología con las que fueron construidas, y se define en base a observaciones del desempeño de diferentes estructuras frente a sismos pasados. A cada una de las presas consideradas se le asigna un Indicador de Tipo de Presa (DTI) y su correspondiente DRF.

Tabla N° 1: Indicador de tipo de presa y Factor de Valoración de Daño.

Tipo de Presa	DTI	DRF
Arco (VA) - Arco Gravedad	1	1
Arco Múltiple (MV) - Arco Contrafuerte	1	3
Gravedad de Hormigón (PG)	2	2
Contrafuertes (CB)	2	3
Mampostería	2	4
Homogéneas (ER), compuestas	3	3
Mat. Suelos con Pantalla de H° (CFRD)	4	1
Mat. Suelos con Núcleo (TE)	4	2
Relleno Hid. - Relaves	5	6
Desconocido	6	5

El SZF es un indicador menos confiable de peligro local que el ESI. Para los lugares caracterizados por el SZF, el SZF y el Factor de Valoración del Daño (DF) se combinan para evaluar el riesgo local asociado a un tipo específico de presa. El resultado es una nueva cantidad, el Factor de Daño Asumido (ADF), que se utiliza en lugar del PDF y se obtiene de la siguiente manera:

$$ADF = DRF + SZF \quad (1)$$

El ADF es un indicador menos robusto que el PDF debido principalmente a que el DF es un indicador pobre del potencial de daño. Además, los factores por zonas de los códigos generalmente subestiman el peligro sísmico para sitios ubicados cerca de fallas activas o potencialmente activas. Por otra parte, sobreestiman dicha peligrosidad para sitios localizados lejos de las fuentes.

El SZF se aplica en aquellos lugares donde las condiciones de fundación son buenas y no están directamente atravesados por una falla activa. Si los sitios están a menos de 5km de una falla activa, se deberá adoptar un SZF mínimo de 5. También será prudente considerar un SZF un punto mayor si se supiera o se sospecha que existen materiales dudosos en la fundación, tales como limos y arenas saturados de baja densidad u otros depósitos sueltos.

Factor de Peligrosidad Aguas Abajo (DHF)

Además del tipo de presa y la peligrosidad del sitio de emplazamiento, existen otros factores que son significativos para la evaluación global del riesgo aguas abajo; entre ellos se encuentra el desarrollo aguas abajo, tanto en cantidad de personas como en potenciales pérdidas materiales. En el método original, el DHF se obtiene como la siguiente suma:

$$DHF = ERF + DRF \quad (2)$$

Donde ERF es el Factor de Evacuación y está basado en la población en riesgo, si se conoce y DRF es el Factor de Riesgo Aguas Abajo, que se utiliza cuando se dispone de información suficiente en lo que respecta al valor de propiedades privadas, comerciales, industriales o estatales, ubicadas en la zona de potencial inundación.

Tabla N° 2: Factores de riesgo por evacuación y por riesgo aguas abajo

FACTOR DE RIESGO	EXTREMO	ELEVADO	MODERADO	REDUCIDO
	Contribución al Factor de Riesgo Total (factores de peso)			
EVACUACIÓN [personas] ERF	> 1000 12	1000 - 100 8	100 - 1 4	Ninguna 1
RIESGO AGUAS ABAJO - DRF	Elevado 12	Moderado 8	Bajo 4	Ninguno 1

Para definir el ERF y el DRF se necesita de información detallada de la ruptura de presa, mapas de inundación y estudios económicos, definidos para cada caso particular. En caso de no disponer de esta información para las presas, se asigna directamente un DHF, ponderado como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla N° 3: Factor de peligrosidad aguas abajo (DHF)

NIVEL	PÉRDIDA DE VIDAS HUMANAS	PÉRDIDAS ECONÓMICAS, AMBIENTALES O SISTEMAS PRINCIPALES	DHF
Reducido	No se esperan	Bajas, limitadas a propiedades individuales	2
Moderado	No se esperan	Si	12
Elevado	Probabilidad de una o más	Probables (no estrictamente requeridas)	24

Factor de Riesgo por Capacidad, Altura y Antigüedad (CRF, HRF, ARF)

El Factor de Riesgo por Capacidad (CRF) y el Factor de Riesgo por Altura (HRF) indican que presas de gran altura o grandes embalses pueden descargar cantidades significativas de flujo sin control en caso de sismo y exponer grandes áreas a inundaciones. De la tabla N° 4 se pueden obtener las contribuciones de ambos factores al Factores de Riesgo Total.

Tabla N° 4: Factores de riesgo por capacidad y altura de presa

FACTOR DE RIESGO	EXTREMO	ELEVADO	MODERADO	REDUCIDO
	Contribución al Factor de Riesgo Total (factores de peso)			
CAPACIDAD [hm ³] CRF	> 62 6	62 - 1.2 4	1.2 - 0.12 2	< 0.12 0
ALTURA [m] HRF	> 24 6	24 - 12 4	12 - 6 2	< 6 0

En este análisis también se consideran las fechas en que una presa fue construida, reparada o modificada. Las presas más antiguas suelen ser más vulnerables por su posible deterioro, mantenimiento insuficiente, utilización de técnicas de construcción obsoletas, deficiente compactación, colmatación del embalse o tratamiento precario de la fundación. Por otra parte, pueden existir presas que fueron mejoradas como resultado de problemas sísmicos previamente identificados. Entonces, a pesar de que muchas de las presas más antiguas fueron construidas con un nivel de competencia que satisface los requerimientos modernos, se considera un Factor de Riesgo por Antigüedad (ARF) en ausencia de información

más precisa. Se obtiene de la tabla N° 5.

Tabla N° 5: Factor de riesgo por antigüedad (ARF)

AÑO DE CONSTRUCC.	< 1900	1900-1925	1925-1950	1950-1975	1975-2000	> 2000
ARF	6	5	4	3	2	1

El año de construcción será sustituido por la fecha de la última reparación o modificación cuando se disponga de esa información.

Factor de Riesgo Total (TRF)

Los factores de riesgo antes definidos se combinan para obtener el Factor de Riesgo Total (TRF) para cada presa en estudio (ecuación 3). El TRF incluye las contribuciones de los factores de riesgo asignados a cada estructura, su vulnerabilidad sísmica y el riesgo aguas abajo. Este factor global permite la rápida comparación de los potenciales riesgos asociados a la totalidad de las presas y facilita la asignación de prioridades para evaluaciones de seguridad más detalladas. Los factores son considerados de la siguiente manera:

- Influencia de la estructura: se describe como la suma de los factores por capacidad, altura y antigüedad (CRF+HRF+ARF)
- Riesgo Aguas Abajo: se cuantifica por el factor DHF o por la suma de los factores de evacuación y daño (ERF+DRF)
- Valoración de la vulnerabilidad: es una función de la peligrosidad sísmica del lugar y del desempeño observado en otras presas similares. Está definida por el ADF, que depende a su vez del SZF.

$$\text{TRF} = [(\text{CRF} + \text{HRF} + \text{ARF}) + \text{DHF}] \times \text{ADF} \quad (3)$$

Finalmente, se puede asignar a cada presa un nivel de riesgo, definido en cuatro clases, dependiendo del Factor de Riesgo Total obtenido.

Tabla N° 6: Clases de Riesgo

TRF	CLASE DE RIESGO
2 - 25	I (Bajo)
25 - 125	II (Moderado)
125 - 250	III (Elevado)
250 - 500	IV (Extremo)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la aplicación del método a las grandes presas del NOA se utilizó como fuente el inventario de Presas del Comité Argentino de Presas (CAP)⁶. El total de estructuras a considerar fue de 34 presas. En la figura 4 se puede apreciar la distribución de las presas y en la tabla N° 7 se indica el año de construcción, la provincia a la que pertenecen, tipología, altura y volumen. El volumen indicado es el inicial, sin considerar la colmatación que pudiera haberse desarrollado durante su funcionamiento.



Figura 4. Mapa de ubicación de presas en la región noroeste.

Tabla N° 7: Presas del NOA

PRESA	Año	Provincia	Tipo	Altura [m]	Volumen [hm ³]
LAS PIRQUITAS	1961	Catamarca	TE	83	65
SUMAMPA	1969	Catamarca	TE	44	16.3
MOTEGASTA	1962	Catamarca	TE	32	7.2
SAUCE MAYO	1969	Catamarca	TE	33	0.44
CALANCATES	1956	Catamarca	TE	15	1
EL JUMEAL	1945	Catamarca	TE/ER	29	1
IPIZCA	1956	Catamarca	VA	38	9.4
LA CAÑADA	1958	Catamarca	VA	34	11
COLLAGASTA	1964	Catamarca	VA	36	9
LOS ALISOS	1982	Jujuy	CB	51	19
LA CIENAGA	1923	Jujuy	TE	27	26
LAS MADERAS	1974	Jujuy	TE	98	300
LAS MADERAS (C)	1985	Jujuy	TE/PG	33	2
LOS SAUCES	1931	La Rioja	ER	42	18.6
SALADILLO	1976	La Rioja	PG	22	12
CHAÑARMUYO	1986	La Rioja	TE	30	6
VILLA UNIÓN	1978	La Rioja	TE	19	2.8
EL PORTEZUELO	1975	La Rioja	TE/PG	24	8.5
OLTA	1960	La Rioja	VA	52	10
SISCO	1962	La Rioja	VA	22	3.5
CAMPO ALEGRE	1976	Salta	ER	53	44
ITIURO	1974	Salta	ER	20.8	3.6
PEÑAS BLANCAS	1981	Salta	PG	13	2.86
GRAL. M. BELGRANO	1973	Salta	TE	113.7	3100
LAS LOMITAS	1978	Salta	TE	24	7
CNEL. MOLDES II	1974	Salta	TE	29	1.5
EL TUNAL	1985	Salta	TE/CB	37.5	310
RÍO HONDO	1967	S. del Estero	TE/CB	40	1740
ESCABA	1948	Tucumán	CB	83	142.5
BATIRUANA	1954	Tucumán	CB	43	0.44
LOS CARDONES I	1958	Tucumán	PG	30	0.23
EL CADILLAL	1966	Tucumán	TE	85	275
LA ANGOSTURA	1979	Tucumán	TE	35	70
LOS CARDONES II	1958	Tucumán	VA	26	3

En la figura 5 se muestra cómo se agrupan las presas de acuerdo a su DRF. El valor máximo obtenido fue de 3, en correspondencia con las tipologías combinadas y de contrafuertes.

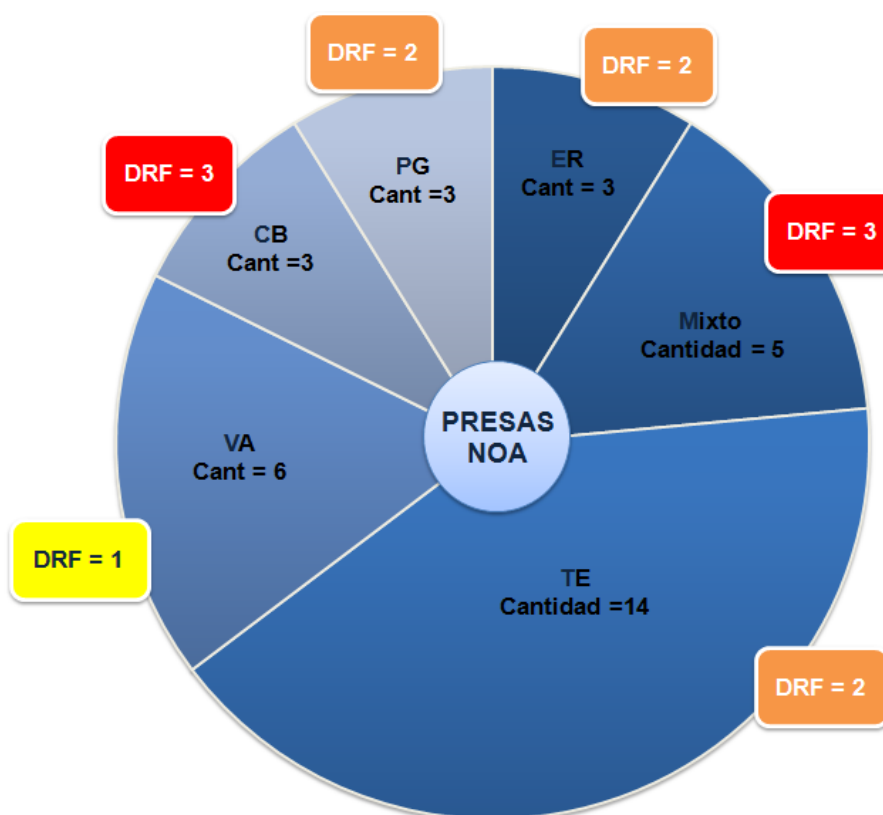


Figura 5. Factores de Daño según la tipología de las presas del NOA

Para cuantificar la peligrosidad sísmica, se adopta en este trabajo la zonificación del INPRES-CIRSOC y se le asigna valores al SZF de manera que sean compatibles con la escala del método original. Los SZF se muestran en la tabla N° 8. En la figura 6 se muestra la distribución de las presas en las diferentes zonas sísmicas.

Tabla N° 8: Zonificación sísmica de Argentina y Factor de Zona Sísmica

ZONA	PELIGROSIDAD SÍSMICA	ACELERACIÓN MÁX DEL SUELO [g]	SZF
0	Muy reducida	0.04	1
1	Reducida	0.1	2
2	Moderada	0.18	3
3	Elevada	0.25	4
4	Muy elevada	0.35	5

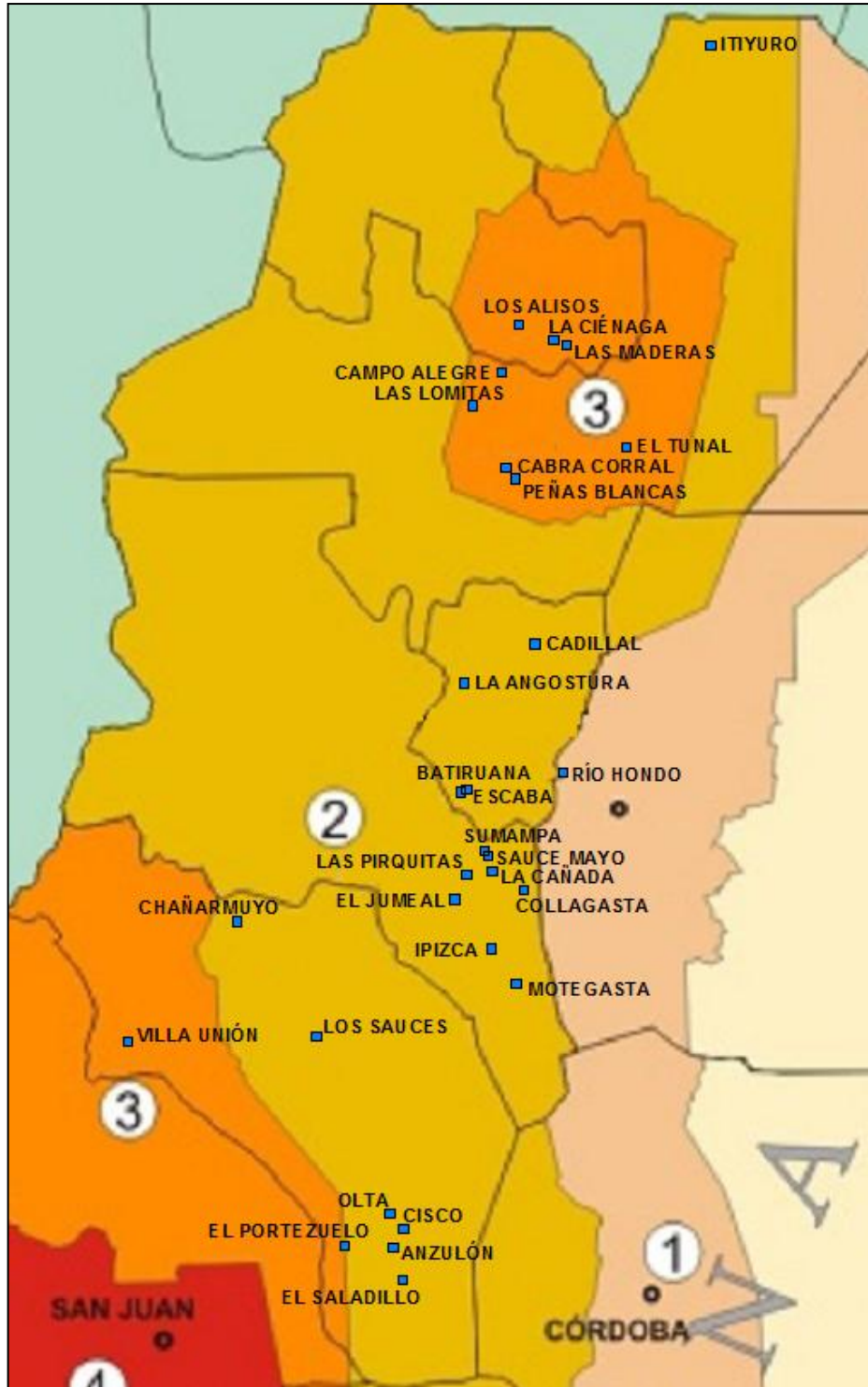


Figura 6. Distribución de presas del Noroeste en las zonas sísmicas argentinas.

Una vez definidos los DRF y SZF para cada una de las presas, mediante la ecuación (1) se obtienen los ADF. A continuación se determinan los factores por capacidad, altura y antigüedad de la estructura y los resultados se muestran en las figuras 7, 8 y 9. Todos los índices obtenidos se muestran en la tabla N° 9.

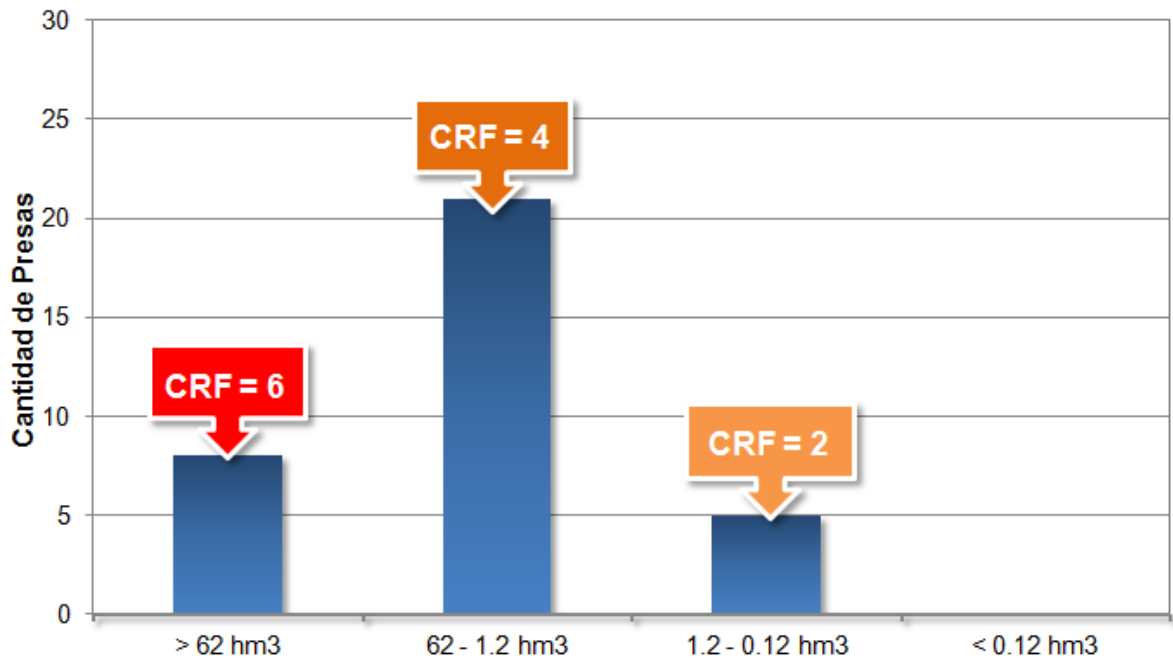


Figura 7. Clasificación de presas del NOA por su capacidad y CRF.

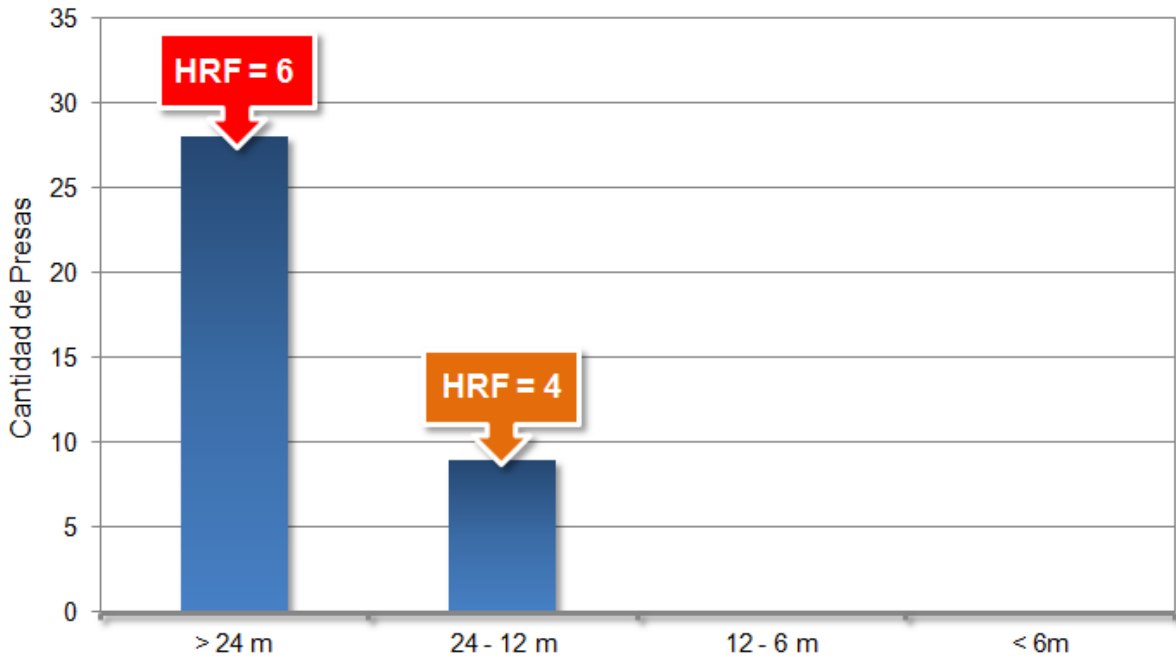


Figura 8. Clasificación de presas del NOA por su altura y HRF

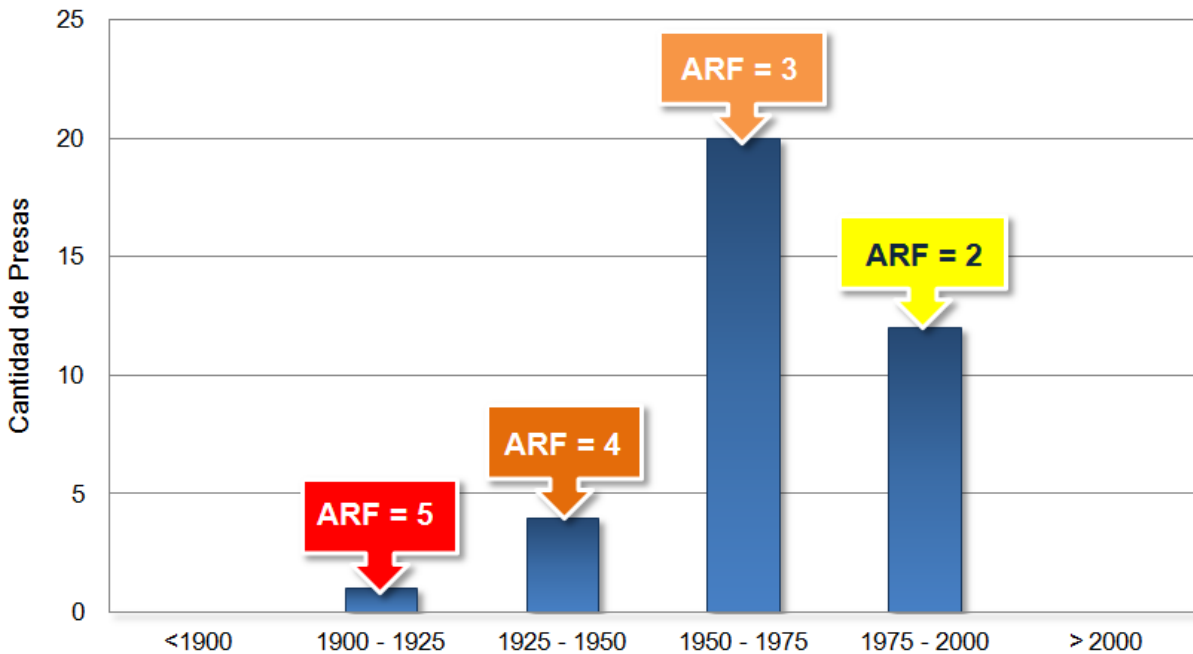


Figura 9. Clasificación de presas del NOA por su año de construcción y ARF.

Finalmente, con la ecuación (3) se obtiene el Factor de Riesgo Total y los valores se resumen en la tabla N° 10, con las presas ordenadas según niveles decrecientes de riesgo.

Tabla N° 9: Resumen de Factores obtenidos.

Nombre	DTI	DRF	SZF	ADF	CRF	HRF	DHF	ARF
LAS PIRQUITAS	4	2	4	6	6	6	24	3
SUMAMPA	4	2	3	5	4	6	24	3
MOTEGASTA	4	2	3	5	4	6	24	3
CALANCATES	4	2	3	5	2	4	24	3
SAUCE MAYO	4	2	3	5	2	6	2	3
EL JUMÉAL	4	3	4	7	2	6	24	4
IPIZCA	1	1	4	5	4	6	24	3
COLLAGASTA	1	1	4	5	4	6	24	3
LA CAÑADA	1	1	3	4	4	6	24	3
LOS ALISOS	2	3	4	7	4	6	24	2
LA CIENAGA	4	2	4	6	4	6	24	5
LAS MADERAS	4	2	4	6	6	6	24	3
LAS MADERAS (C)	4	3	4	7	4	6	24	2
LOS SAUCES	3	2	3	5	4	6	24	4
SALADILLO	2	2	3	5	4	4	24	2
VILLA UNIÓN	4	2	4	6	4	4	24	2
CHAÑARMUYO	4	2	3	5	4	6	24	2
EL PORTEZUELO	4	3	4	7	4	4	24	3
OLTA	1	1	3	4	4	6	24	3
SISCO	1	1	3	4	4	4	24	3
CAMPO ALEGRE	3	2	4	6	4	6	24	2
ITUYURO	3	2	3	5	4	4	24	3
PEÑAS BLANCAS	2	2	4	6	4	4	24	2
GRAL. M. BELGRANO	4	2	4	6	6	6	24	3
LAS LOMITAS	4	2	4	6	4	4	24	2
CNEL. MOLDES II	4	2	3	5	4	6	24	3
EL TUNAL	4	3	4	7	6	6	24	2
RÍO HONDO	4	3	4	7	6	6	24	3
ESCABA	2	3	3	6	6	6	24	4
BATIRUANA	2	3	3	6	2	6	24	3
LOS CARDONES I	2	2	3	5	2	6	24	3
EL CADILLAL	4	2	3	5	6	6	24	3
LA ANGOSTURA	4	2	3	5	6	6	24	2
LOS CARDONES II	1	1	3	4	4	6	24	3

Tabla N° 10: Factores de Riesgo Total y Clases de Riesgo

Presa	Provincia	TRF	Clase de Riesgo	
RÍO HONDO	S. del Estero	273	IV	Extremo
EL TUNAL	Salta	266	IV	Extremo
EL JUMEAL	Catamarca	252	IV	Extremo
LAS MADERAS (C)	Jujuy	252	IV	Extremo
LOS ALISOS	Jujuy	252	IV	Extremo
EL PORTEZUELO	La Rioja	245	III	Elevado
ESCABA	Tucumán	240	III	Elevado
GRAL. M. BELGRANO	Salta	234	III	Elevado
LAS PIRQUITAS	Catamarca	234	III	Elevado
LA CIENAGA	Jujuy	234	III	Elevado
LAS MADERAS	Jujuy	234	III	Elevado
CAMPO ALEGRE	Salta	216	III	Elevado
BATIRUANA	Tucumán	210	III	Elevado
LAS LOMITAS	Salta	204	III	Elevado
VILLA UNIÓN	La Rioja	204	III	Elevado
PEÑAS BLANCAS	Salta	204	III	Elevado
EL CADILLAL	Tucumán	195	III	Elevado
LA ANGOSTURA	Tucumán	190	III	Elevado
LOS SAUCES	La Rioja	190	III	Elevado
IPIZCA	Catamarca	185	III	Elevado
SUMAMPA	Catamarca	185	III	Elevado
COLLAGASTA	Catamarca	185	III	Elevado
MOTEGASTA	Catamarca	185	III	Elevado
CNEL. MOLDES II	Salta	185	III	Elevado
CHAÑARMUYO	La Rioja	180	III	Elevado
ITIIURO	Salta	175	III	Elevado
LOS CARDONES I	Tucumán	175	III	Elevado
SALADILLO	La Rioja	170	III	Elevado
CALANCATES	Catamarca	165	III	Elevado
LA CAÑADA	Catamarca	148	III	Elevado
OLTA	La Rioja	148	III	Elevado
LOS CARDONES II	Tucumán	148	III	Elevado
SISCO	La Rioja	140	III	Elevado
SAUCE MAYO	Catamarca	65	II	Moderado

CONCLUSIONES

Se efectuó un análisis simplificado que permite definir el riesgo sísmico asociado a 34 grandes presas del NOA, de acuerdo a la metodología planteada por Bureau y Ballentine (2002). La mayoría de las presas presenta un nivel de riesgo elevado, a excepción de la presa Sauce Mayo que se encuentra actualmente colmatada y las aguas se infiltran a través de los sedimentos hacia el dique Sumampa. Deberán evaluarse las consecuencias de su rotura en particular para poder definir con certeza su clase de riesgo.

El estudio muestra que existen cinco presas con nivel de riesgo extremo, Río Hondo, El Tunal y El Jumeal, el compensador de Las Maderas y Los Alisos; de las cuales cuatro son de tipología mixta. El Jumeal tiene una capacidad de embalse baja pero fue construida hace aproximadamente 70 años y se encuentra ubicada muy próxima a la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca por lo que la evaluación del daño potencial aguas abajo deberá ser evaluado con mayor precisión.

Tal como lo estableció Bureau (2003), el TRF no representa una predicción del comportamiento de la presa bajo ningún sismo sino que es una forma conveniente de comparar el riesgo potencial asociado a un conjunto de presas y asignar prioridades para posibles evaluaciones más detalladas.

Se podrán desarrollar estudios más profundos, sirviendo este ordenamiento como guía para determinar cuáles son las estructuras que requieren una revisión más inmediata. Se deberán efectuar correcciones y actualizaciones de este listado si existieran planes de contingencia aguas abajo, mejoras en las estructuras y por sobre todas las cosas, estimaciones más certeras sobre la peligrosidad sísmica.

REFERENCIAS

1. INPRES, Instituto Nacional de Prevención Sísmica, “Sismicidad en Argentina” <http://www.inpres.gov.ar/seismology/sismicidad.html> [Consulta: 16 de junio de 2014].
2. INPRES, Instituto Nacional de Prevención Sísmica, “Mapas” <http://www.inpres.gov.ar/seismology/mapas.html> [Consulta: 16 de junio de 2014].
3. Restelli, F., 2006: La Seguridad de Presas en la Argentina. IV Congreso Argentino de Presas y Aprovechamientos Hidroeléctricos Posadas. Misiones. Argentina
4. Bureau, G. J., 2003: Dams and Appurtenant Facilities in Earthquake Engineering Handbook, edited by Chenh, W. F. and Scawthorn, C., CRS press, Bora Raton 26.1–26.47.
5. Bureau, G.J., Ballentine, G.D., 2002: A comprehensive seismic vulnerability and loss assessment of the State of South Carolina using HAZUS. Part VI. Dam inventory and vulnerability assessment methodology. 7th National Conference on Earthquake Engineering, July 21–25, Boston, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA.
6. CAP, Comité Argentino de Presas, “Registro de Presas”, <http://cadp.org.ar/registro-de-presas/> [Consulta: 11 de marzo de 2014].

BIBLIOGRAFÍA

ICOLD, 1989: Selecting parameters for large dams—guidelines and recommendations. ICOLD Committee on Seismic Aspects of Large Dams, Bulletin, vol. 72.

ICOLD, 2010: Revision: Selecting parameters for large dams—guidelines. ICOLD Committee on Seismic Aspects of Large Dams, Bulletin, vol. 72.

Tosun, H., Zorluer, Í., Orhan, A., Seyrek, E., Savas, H., and Turköz, M., 2007: Seismic Hazard and Total Risk Analyses for Large Dams in Euphrates Basin, Turkey, Engineering Geology, vol. 89, 155–170.

Singh, M., Kijko, A., Van den Berg, L., 2011: Seismic Risk Ranking for Large Dams in South Africa. Acta Geophysica, vol. 59, no. 1, pp. 72-90.

Moldovan, I. A., Constantin, A. P., Popescu, E., & Placinta, A. O., 2012: Earthquake risk classes for dams situated in the south-western part of Romania (Danube, Olt, Jiu and Lotru rivers) Romanian Reports in Physics, 64(2), 591-608.