

2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA MANEJO DE EMBALSES

Ing. Daniel Bacchiega
INSTITUTO NACIONAL DEL AGUA - ARGENTINA
8 de Julio de 2019





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

CONTENIDO

- 1.-SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PRESAS DE EMBALSE EN LA ARGENTINA
- 2.- CAMBIOS REGISTRADOS EN LOS ÚLTIMOS 50 AÑOS.
- 3.- ALGUNOS CONCEPTOS SOBRE LOS CRITERIOS DE MANEJO DE EMBALSE
4. ANALISIS DE CASOS PARTICULARES
 - 4.1- CUENCA DE LOS RÍOS LIMAY Y NEUQUÉN
 - 4.2.- PRESAS DE CABRA CORRAL Y EL TUNAL
5. CONCLUSIONES



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

CONTENIDO

1.- SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PRESAS DE EMBALSE EN LA ARGENTINA

2.- CAMBIOS REGISTRADOS EN LOS ÚLTIMOS 50 AÑOS.

3.- ALGUNOS CONCEPTOS SOBRE LOS CRITERIOS DE MANEJO DE EMBALSE

4. ANALISIS DE CASOS PARTICULARES

4.1- CUENCA DE LOS RÍOS LIMAY Y NEUQUÉN

4.2.- PRESAS DE CABRA CORRAL Y EL TUNAL

5. CONCLUSIONES



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

PRESAS EN ARGENTINA

- ✓ 184 PRESAS DE EMBALSE
- ✓ 132 AZUDES
- ✓ 12 PRESAS DE RELAVE
- ✓ 384 PRESAS ARROCERAS

EL TAMBOLAR (75 Mw)

CONDOR CLIFF (960 Mw)



PRESAS EN PROYECTO / CONSTRUCCIÓN

- ✓ 22 PROYECTOS DE PRESAS HIDROELÉCTRICAS
- ✓ 4 PROYECTOS AVANZADOS / LICITACIÓN
(Pi = 1315 Mw)
- ✓ 3 PRESAS EN CONSTRUCCIÓN
(Pi = 1385 Mw)

LA BARRANCOSA (350 Mw)



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

PRINCIPALES PRESAS DE EMBALSE EXISTENTES

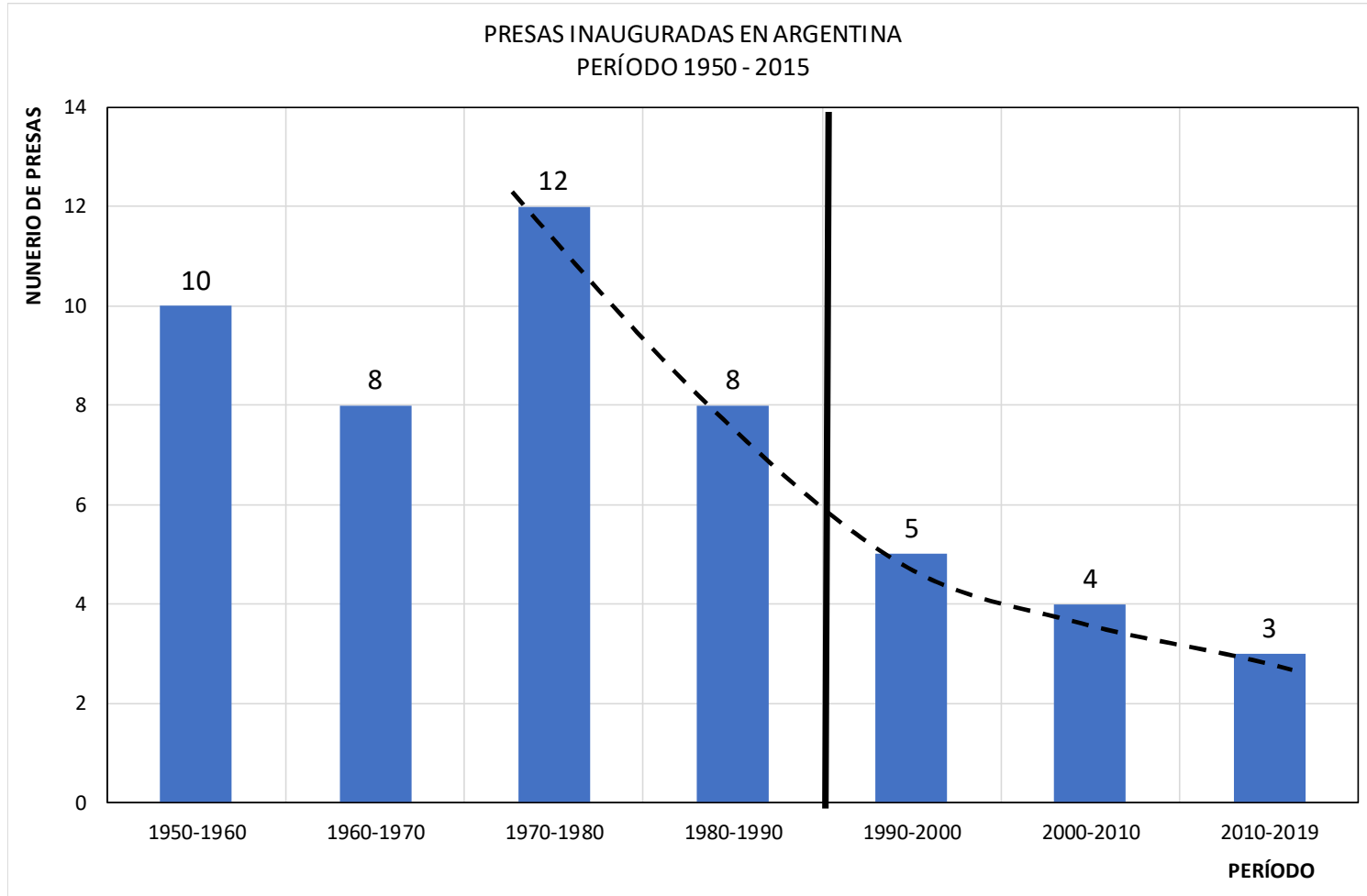
Central	Potencia (MW)	Año Inaugurada	Provincia
Punta Negra	64.0	2015	San Juan
Salto Andersen	8.0	2012	Río
Saladillo	1,2	2011	San Luis
Los Caracoles	121,4	2009	San Juan
Potreros (Cacheuta)	120.0	2003	Mendoza
Potreros (Álvarez)	61.0	2003	Mendoza
Pichi Picún Leufú	285.0	2000	Neuquén -
Yacretá	3100.0	1998	Corrientes
Cuesta del Viento	10,55	1997	San Juan
Casa de Piedra	60.0	1996	Río
Piedra del Águila	1400.0	1992	Neuquén -
Urugua-í	120.0	1991	Misiones
Río Grande	750.0	1986	Córdoba
Alicurá	1050.0	1985	Neuquén -
Los Reyunos	224.0	1983	Mendoza
El Tigre	14.0	1983	Mendoza
Quebrada de Ullúm	45.0	1980	San Juan
Los Divisaderos *	10.0	1980	La Pampa
Ullum	42.0	1980	San Juan
Las Maderas	30,6	1980	Jujuy
Salto Grande	1890.0	1979	Entre
Arroyito	128.0	1979	Neuquén -
Piedras Moras	6,3	1979	Córdoba
Futaleufú	472.0	1978	Chubut
Planicie Banderita	472.0	1978	Neuquén
Agua del Toro	150.0	1976	Mendoza
El Chocón	1260.0	1973	Neuquén

Central	Potencia (MW)	Año Inaugurada	Provincia
Manuel Belgrano (Cabra)	100,5	1973	Salta
Martín Miguel de	10,52	1972	Salta
El Nihuil III (Tierras)	42.0	1971	Mendoza
El Carrizal	17.0	1971	Mendoza
Los Coroneles *	6,64	1970	Mendoza
El Nihuil II (Aisol)	110.0	1968	Mendoza
Pueblo Viejo	15.0	1968	Tucumán
Río Hondo	15.0	1967	Santiago
Celestino Gelsi (El)	12,6	1966	Tucumán
El Nihuil IV (Valle)	18.0	1965	Mendoza
Florentino Ameghino	60.0	1963	Chubut
Guillermo Céspedes *	5,2	1963	Río Negro
Los Quiroga *	2.0	1963	Santiago
Central San Roque	24.0	1959	Córdoba
La Viña	16.0	1959	Córdoba
Los Molinos II	4,5	1958	Córdoba
Los Molinos I	52.0	1957	Córdoba
Cipolletti *	5,4	1956	Río Negro
Fitz Simon (Embalse)	10,5	1955	Córdoba
Benjamín Reolín	33.0	1955	Córdoba
Ingeniero Cassafousth	16,2	1954	Córdoba
La Florida	2,4	1953	San Luis
General San Martín *	6,48	1950	Mendoza
Escaba	24.0	1948	Tucumán
El Nihuil I	72.0	1947	Mendoza
Cruz del Eje	1,1	1943	Córdoba



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

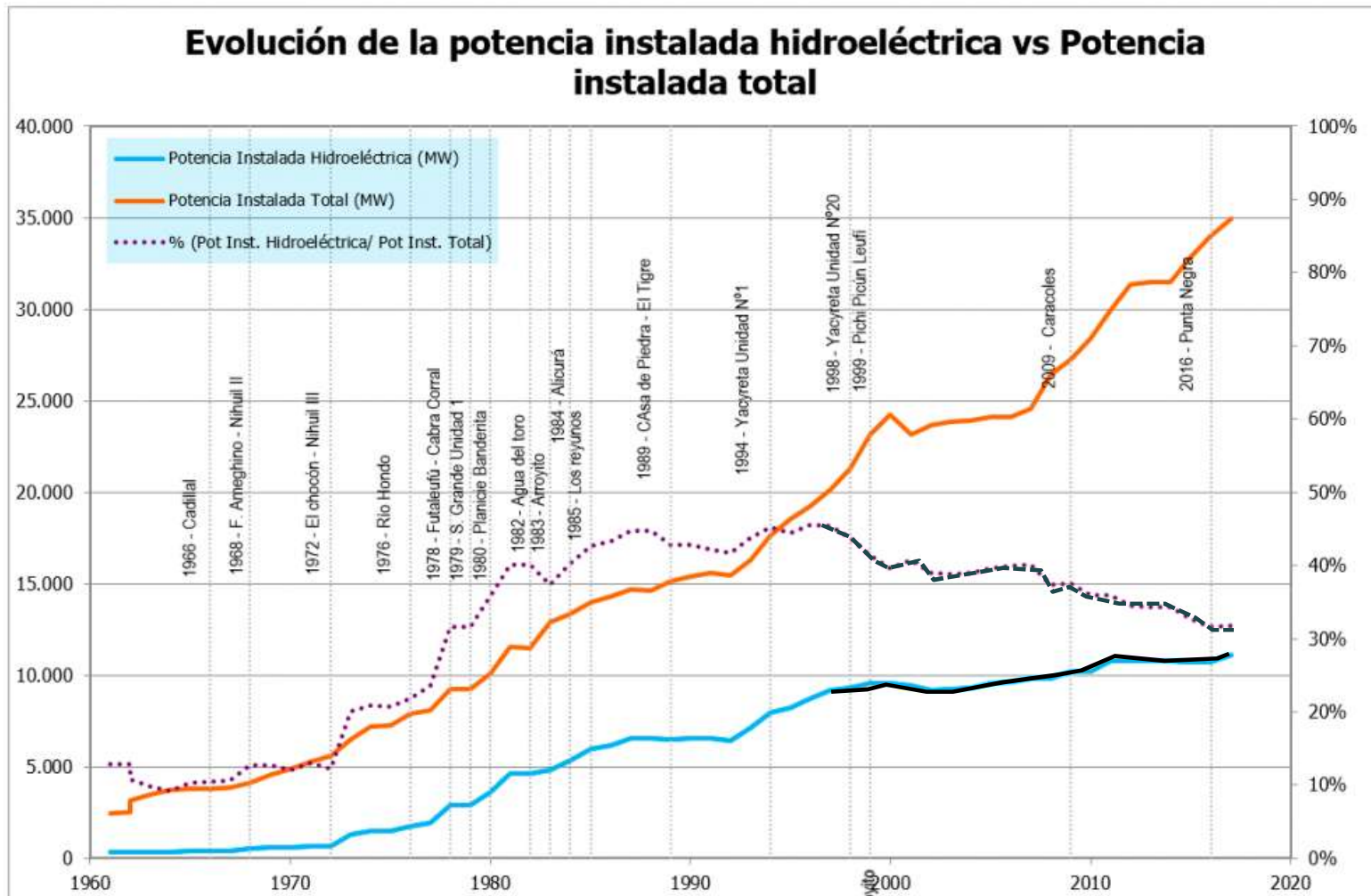
PRINCIPALES PRESAS DE EMBALSE EXISTENTES





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

PRINCIPALES PRESAS DE EMBALSE EXISTENTES





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

CONTENIDO

- 1.-SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PRESAS DE EMBALSE EN LA ARGENTINA
- 2.- **CAMBIOS REGISTRADOS EN LOS ÚLTIMOS 50 AÑOS.**
- 3.- ALGUNOS CONCEPTOS SOBRE LOS CRITERIOS DE MANEJO DE EMBALSE
4. ANALISIS DE CASOS PARTICULARES
 - 4.1- CUENCA DE LOS RÍOS LIMAY Y NEUQUÉN
 - 4.2.- PRESAS DE CABRA CORRAL Y EL TUNAL
5. CONCLUSIONES



CAMBIOS QUE CONDICIONAN LA SEGURIDAD DE LAS OBRAS

1) Vinculados al Riesgo hidrológico

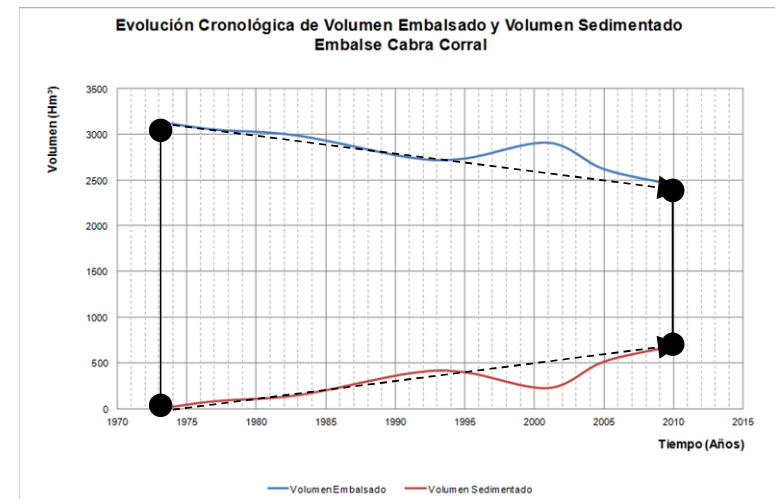
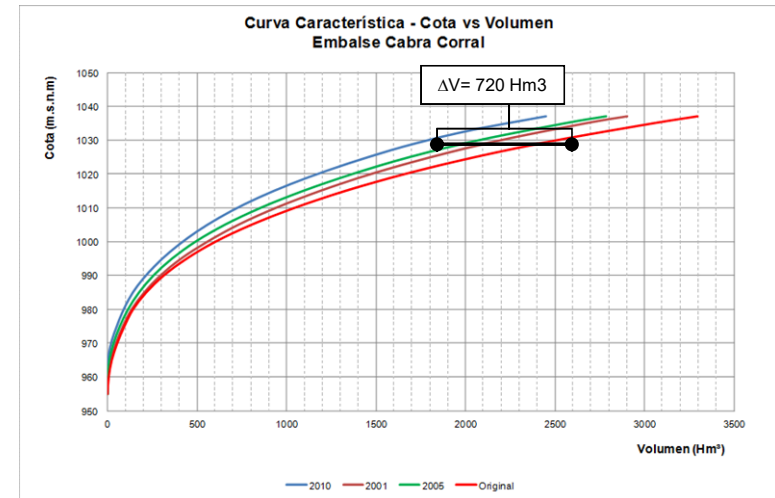
- Cambios en las condiciones meteorológicas
 - Modificaciones de uso de suelo
- } **Cambios en la magnitud de las crecidas**
- Procesos de sedimentación → **Disminución de la capacidad de regulación**
 - Disminución o anulación de la capacidad de descargadores de fondo
 - Disminución de la capacidad de obras de alivio
- } **Alteración de la capacidad de evacuación**



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES



PRESA CABRA CORRAL
Prov. De Salta
(+ 30 años de uso)





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

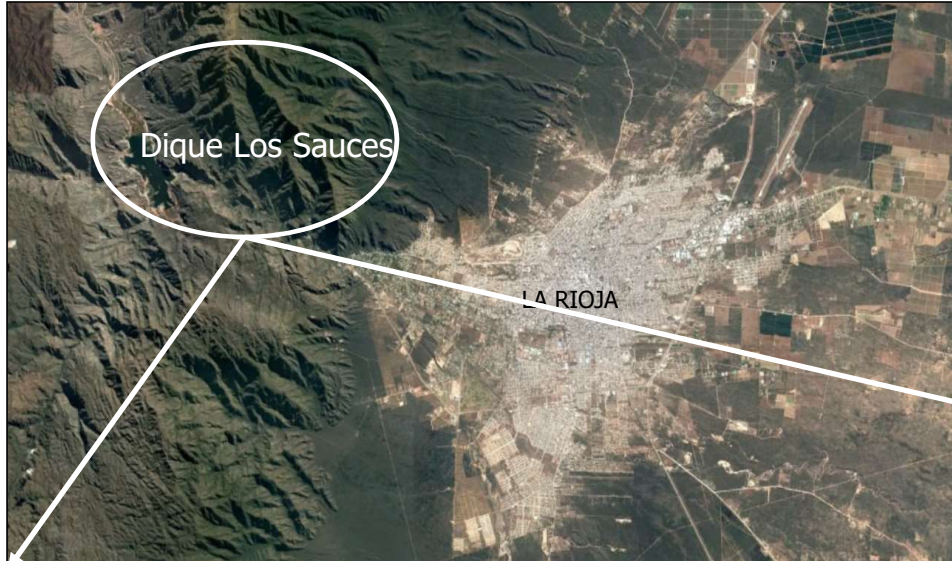
ASPECTOS QUE MODIFICAN LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD DE LAS OBRAS

1) Riesgo hidrológico

- Cambios en las condiciones meteorológicas
 - Modificaciones de uso de suelo
- } **Cambios en la magnitud de las crecidas**
- Procesos de sedimentación → **Disminución de la capacidad de regulación**
 - Disminución o anulación de la capacidad de descargadores de fondo
 - Disminución de la capacidad de obras de alivio
- } **Disminución de la capacidad de evacuación**



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES



Reducción
de capacidad
880 m³/s → 660 m³/s



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

ASPECTOS QUE MODIFICAN LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD DE LAS OBRAS

1) Riesgo hidrológico

- Cambios en las condiciones meteorológicas
- Modificaciones de uso de suelo
- Procesos de sedimentación
- Disminución o anulación de la capacidad de descargadores de fondo
- Disminución de la capacidad de obras de alivio

2) Riesgo Operativo

- Falta de mantenimiento de equipamiento hidromecánico

3) Riesgo Estructural

- Procesos de fisuración
- Falta de control de drenaje interno

4) Riesgo Social

- Crecimiento urbano en zonas inundables aguas debajo de las presas



NECESIDAD DE GENERAR UNA EVALUACIÓN INTEGRAL DE RIESGO



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

CONTENIDO

- 1.-SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PRESAS DE EMBALSE EN LA ARGENTINA
- 2.- CAMBIOS REGISTRADOS EN LOS ÚLTIMOS 50 AÑOS.
- 3.- **ALGUNOS CONCEPTOS SOBRE LOS CRITERIOS DE MANEJO DE EMBALSE**
4. ANALISIS DE CASOS PARTICULARES
 - 4.1- CUENCA DE LOS RÍOS LIMAY Y NEUQUÉN
 - 4.2.- PRESAS DE CABRA CORRAL Y EL TUNAL
5. CONCLUSIONES



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

REVISIÓN DE CRITERIOS DE MANEJO DE EMBALSE

➤ En el marco de un análisis integral de riesgo de cada aprovechamiento, el Incremento de los riesgos hidrológicos y operativos conlleva a:

- VERIFICACIÓN HIDROLÓGICA Y DE LOS CAUDALES DE DISEÑO
- VERIFICACIÓN DE LAS CAPACIDADES DE CONDUCCIÓN DE LAS OBRAS

Compatibilización de la seguridad y
Otros usos

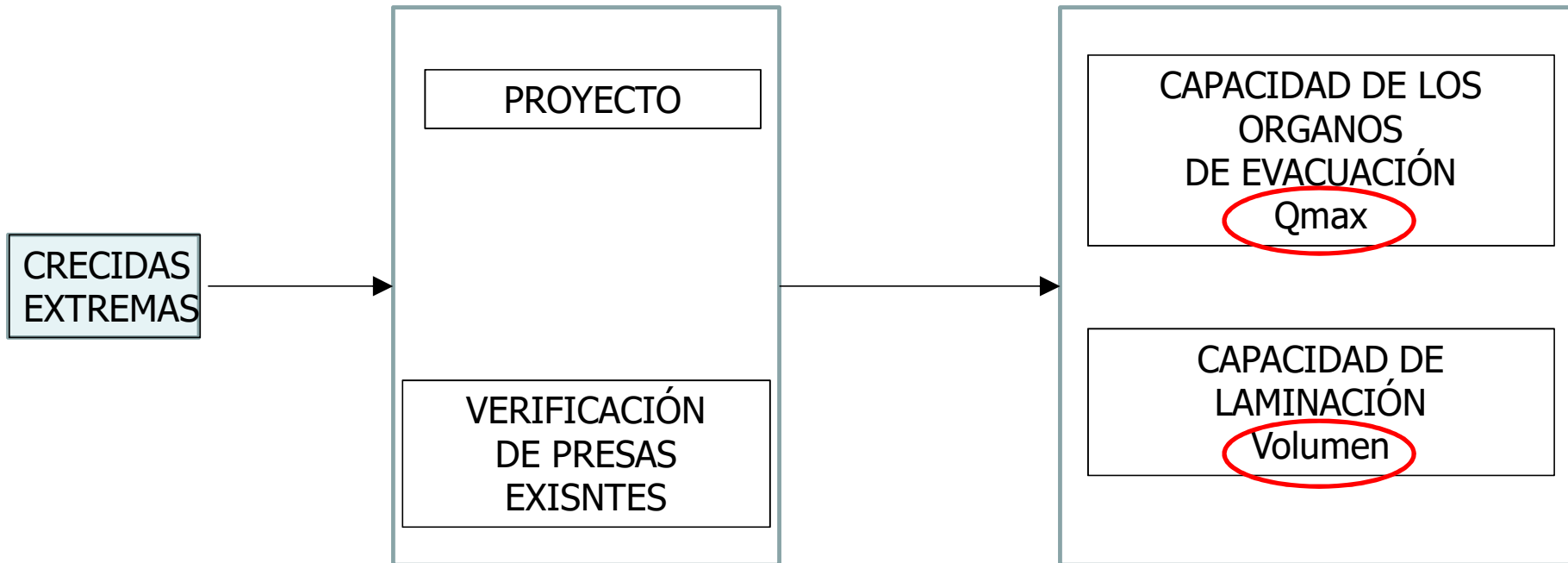
Ampliación de la capacidad de
descarga

PADE



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

ELEMENTOS PARA LA VERIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD HIDROLÓGICA





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

REVISIÓN DE CRITERIOS DE MANEJO DE EMBALSE

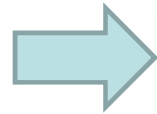
- En el marco de un análisis integral de riesgo de cada aprovechamiento, el Incremento de los riesgos hidrológicos y operativos conlleva a:
 - VERIFICACIÓN HIDROLÓGICA Y DE LOS CAUDALES DE DISEÑO
 - VERIFICACIÓN DE LAS CAPACIDADES DE CONDUCCIÓN DE LAS OBRAS
 - Revisión de los CRITERIOS DE MANEJO DE EMBALSE → Compatibilización de la seguridad y Otros usos
 - Analizar la implementación de MEDIDAS ESTRUCTURALES → Ampliación de la capacidad de descarga
 - Estudiar MEDIDAS DE PROTECCIÓN AGUAS ABAJO → PADE



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES



UBICACIÓN DE PRESAS



ZONAS CLIMÁTICAS

- Gran parte de las presas existentes se ubican en regiones áridas o semi áridas.
- Si bien la generación de energía es un objetivo primario, la acumulación de agua para uso humano o agrícola tiene una importancia relativa significativa.
- En las presas ubicadas en regiones húmedas (al este del país), el control de crecidas se transforma en un objetivo primario de algunas presas.



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

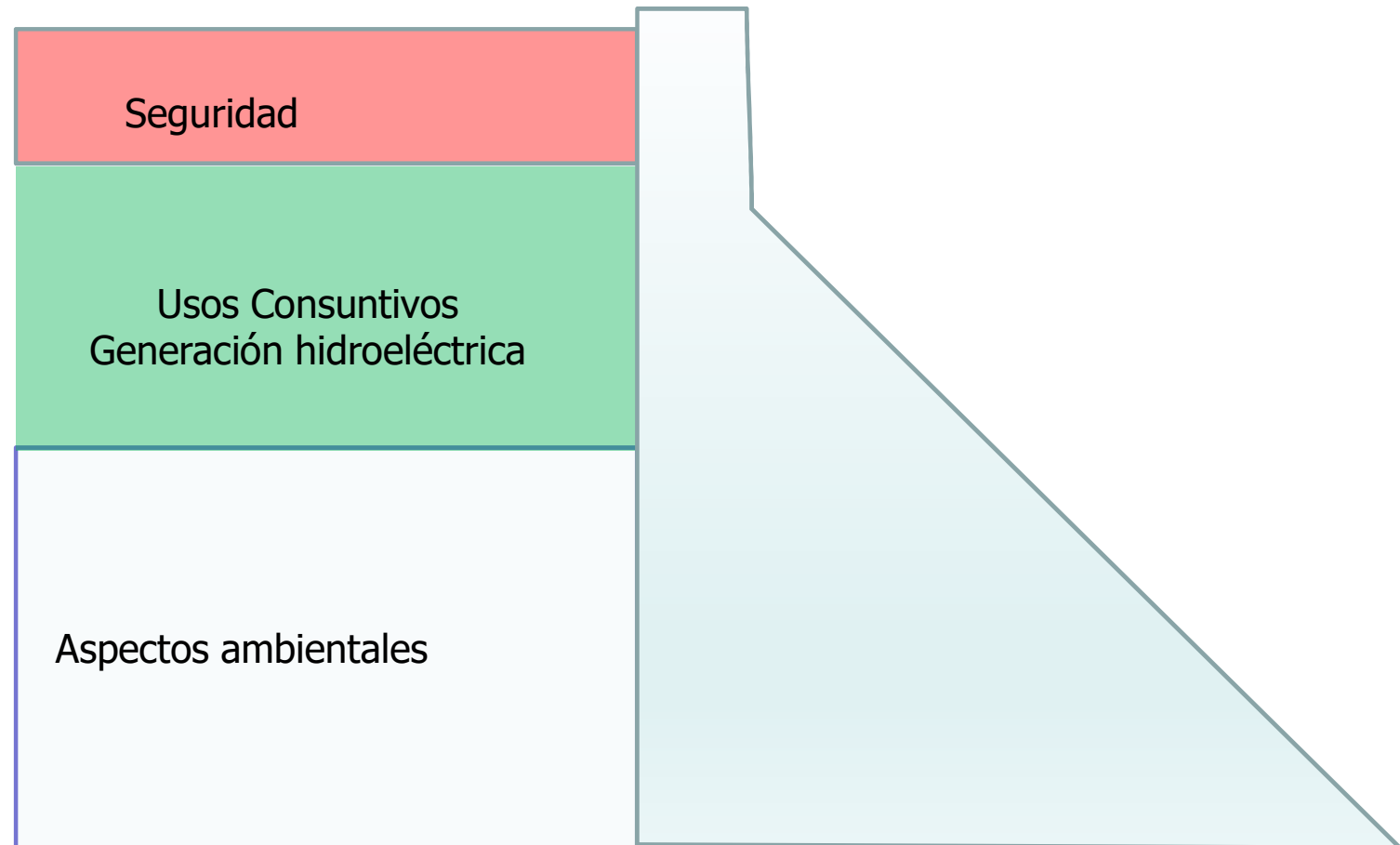
Algunos conceptos sobre criterios de manejo





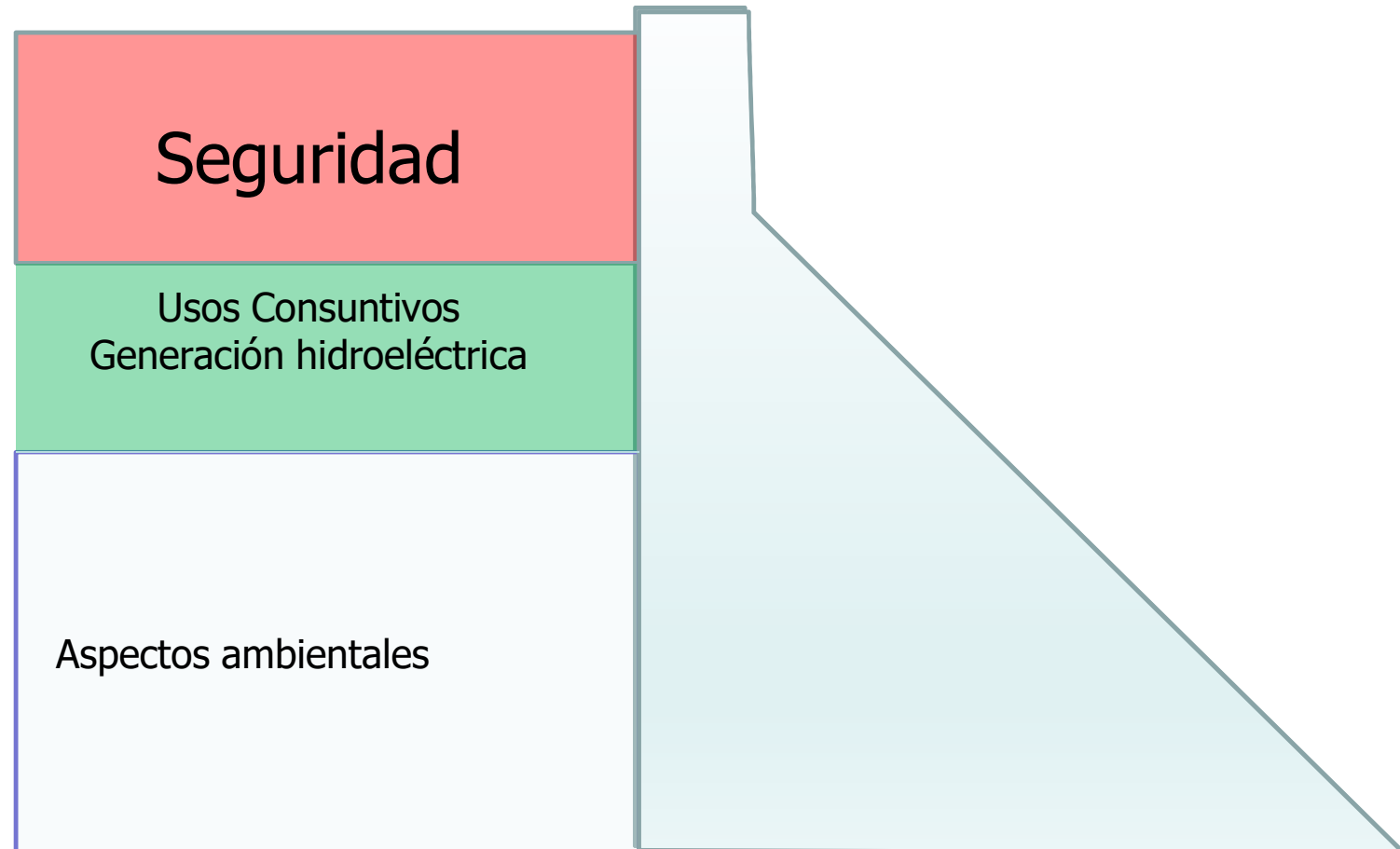
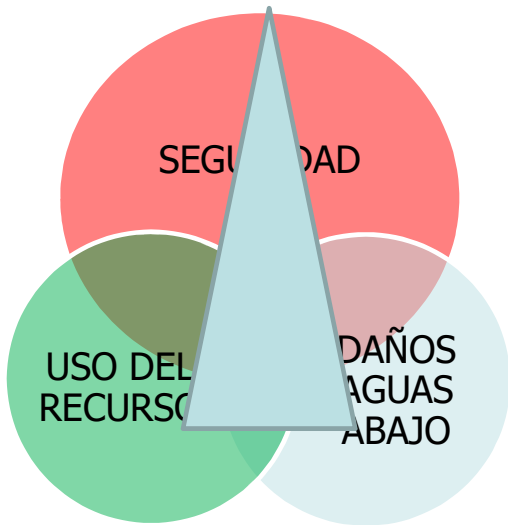
2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

Algunos conceptos sobre criterios de manejo





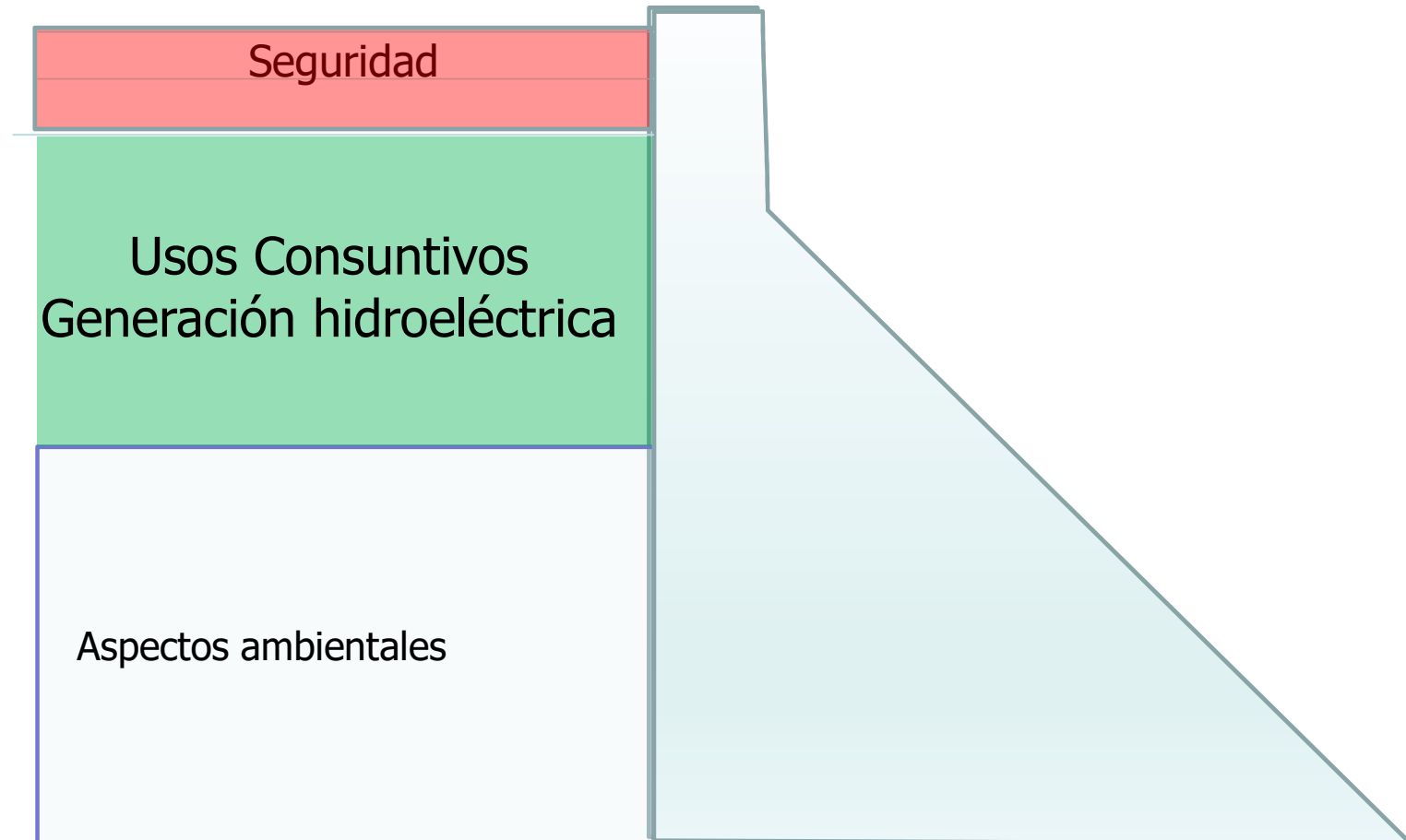
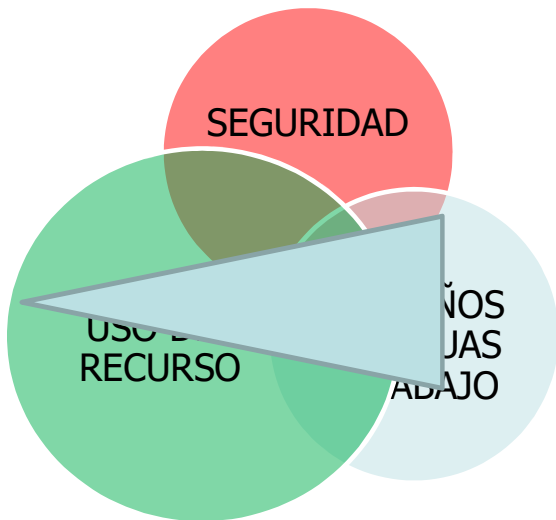
Algunos conceptos sobre criterios de manejo





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

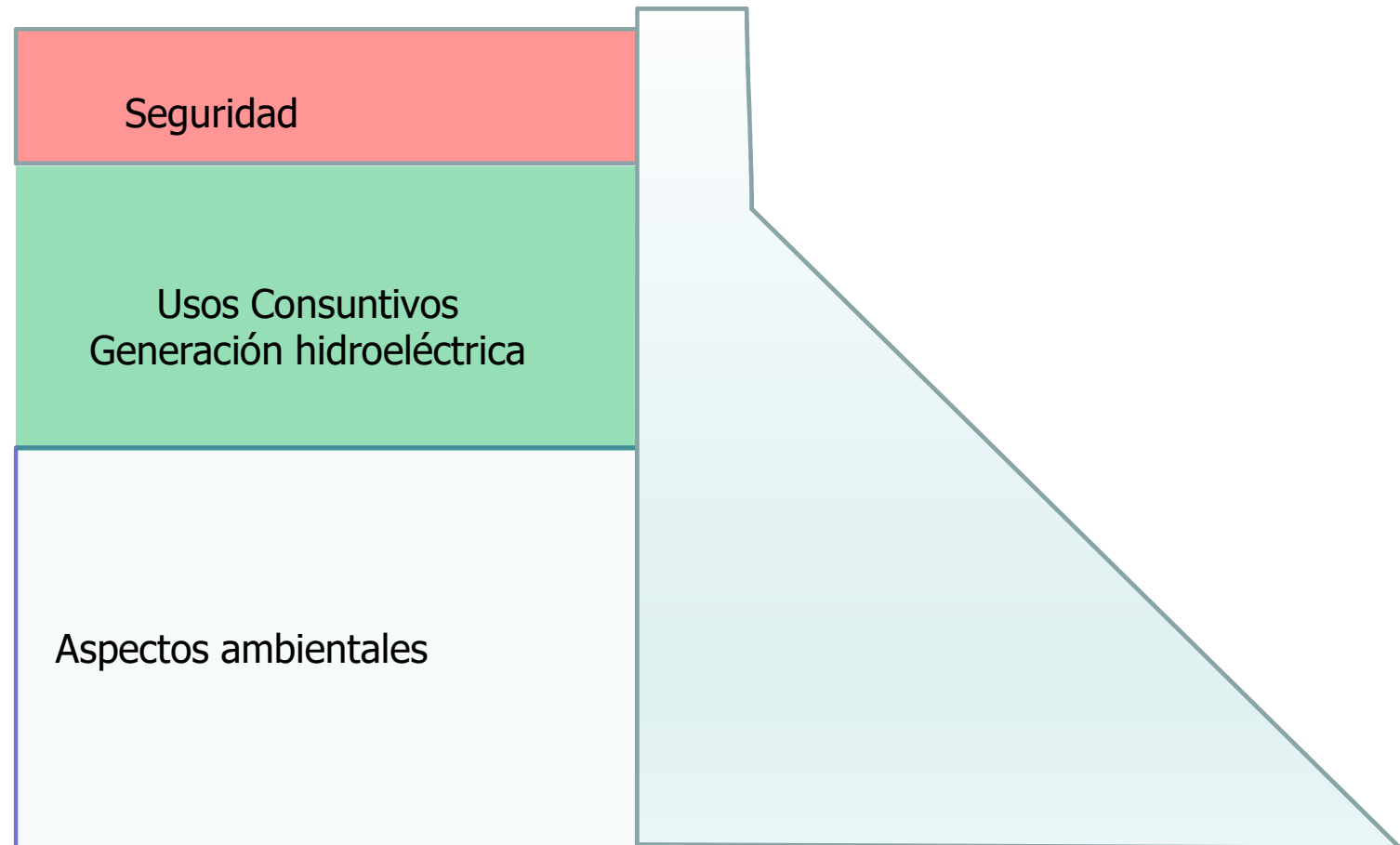
Algunos conceptos sobre criterios de manejo





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

Algunos conceptos sobre criterios de manejo





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

CONTENIDO

- 1.-SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PRESAS DE EMBALSE EN LA ARGENTINA
- 2.- CAMBIOS REGISTRADOS EN LOS ÚLTIMOS 50 AÑOS.
- 3.- ALGUNOS CONCEPTOS SOBRE LOS CRITERIOS DE MANEJO DE EMBALSE
4. **ANÁLISIS DE CASOS PARTICULARES**
 - 4.1- CUENCA DE LOS RÍOS LIMAY Y NEUQUÉN
 - 4.2.- PRESAS DE CABRA CORRAL Y EL TUNAL
5. CONCLUSIONES



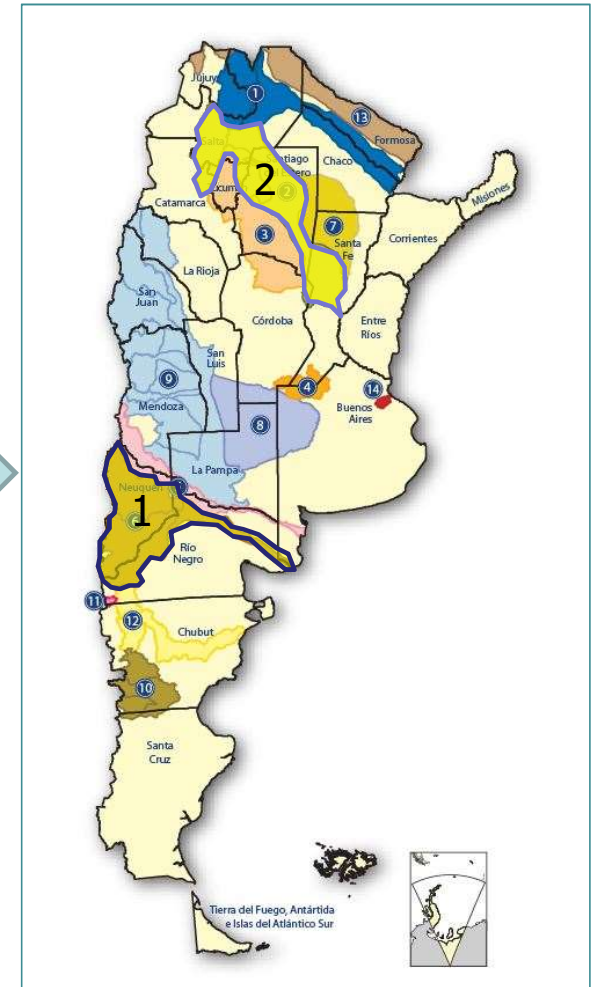
2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES



UBICACIÓN DE PRESAS



CUENCAS HIDROGRÁFICAS



COMITÉS DE CUENCAS



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

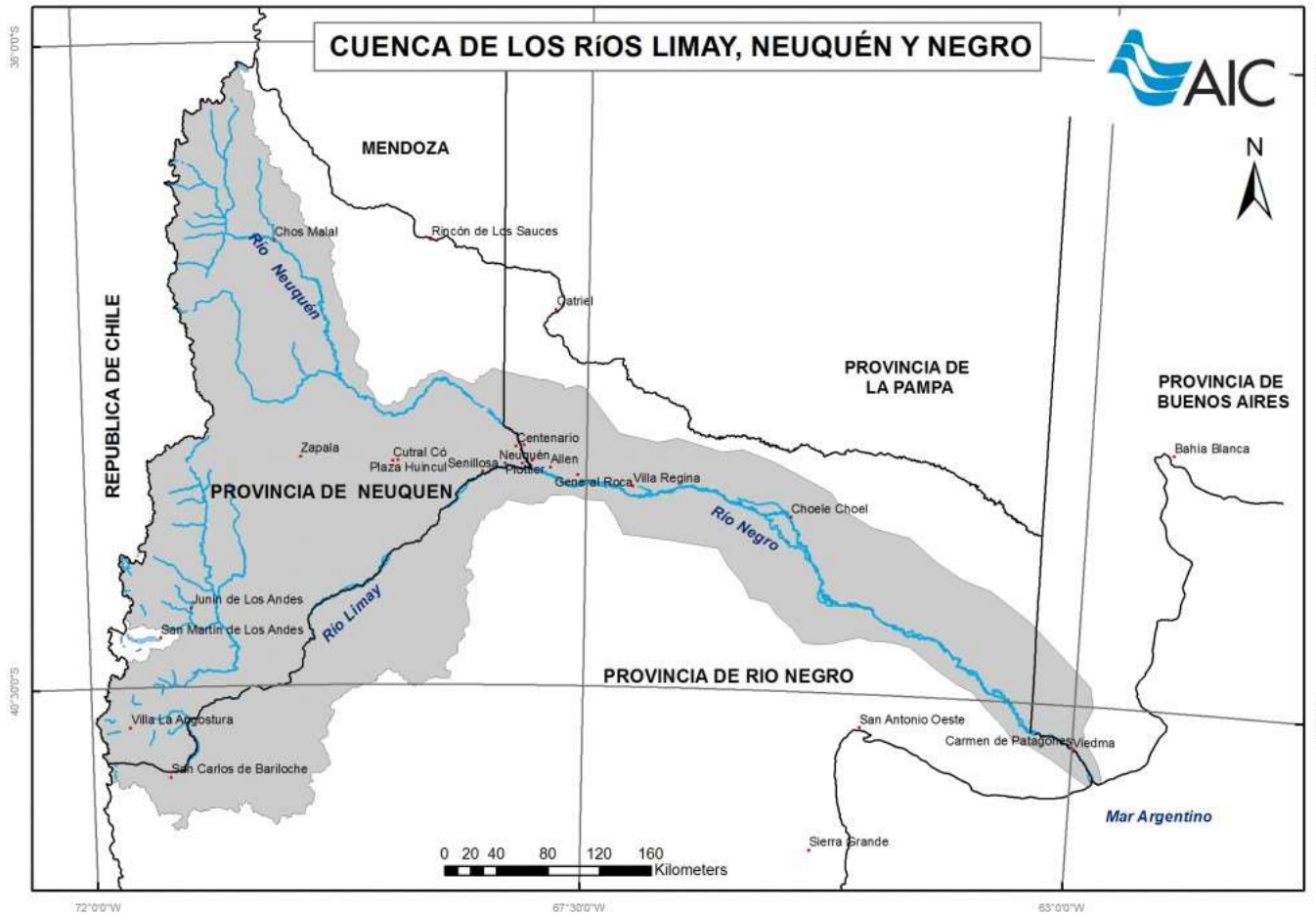
CONTENIDO

- 1.-SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PRESAS DE EMBALSE EN LA ARGENTINA
- 2.- CAMBIOS REGISTRADOS EN LOS ÚLTIMOS 50 AÑOS.
- 3.- ALGUNOS CONCEPTOS SOBRE LOS CRITERIOS DE MANEJO DE EMBALSE
4. **ANÁLISIS DE CASOS PARTICULARES**
 - 4.1- **CUENCA DE LOS RÍOS LIMAY Y NEUQUÉN**
 - 4.2.- PRESAS DE CABRA CORRAL Y EL TUNAL
5. CONCLUSIONES



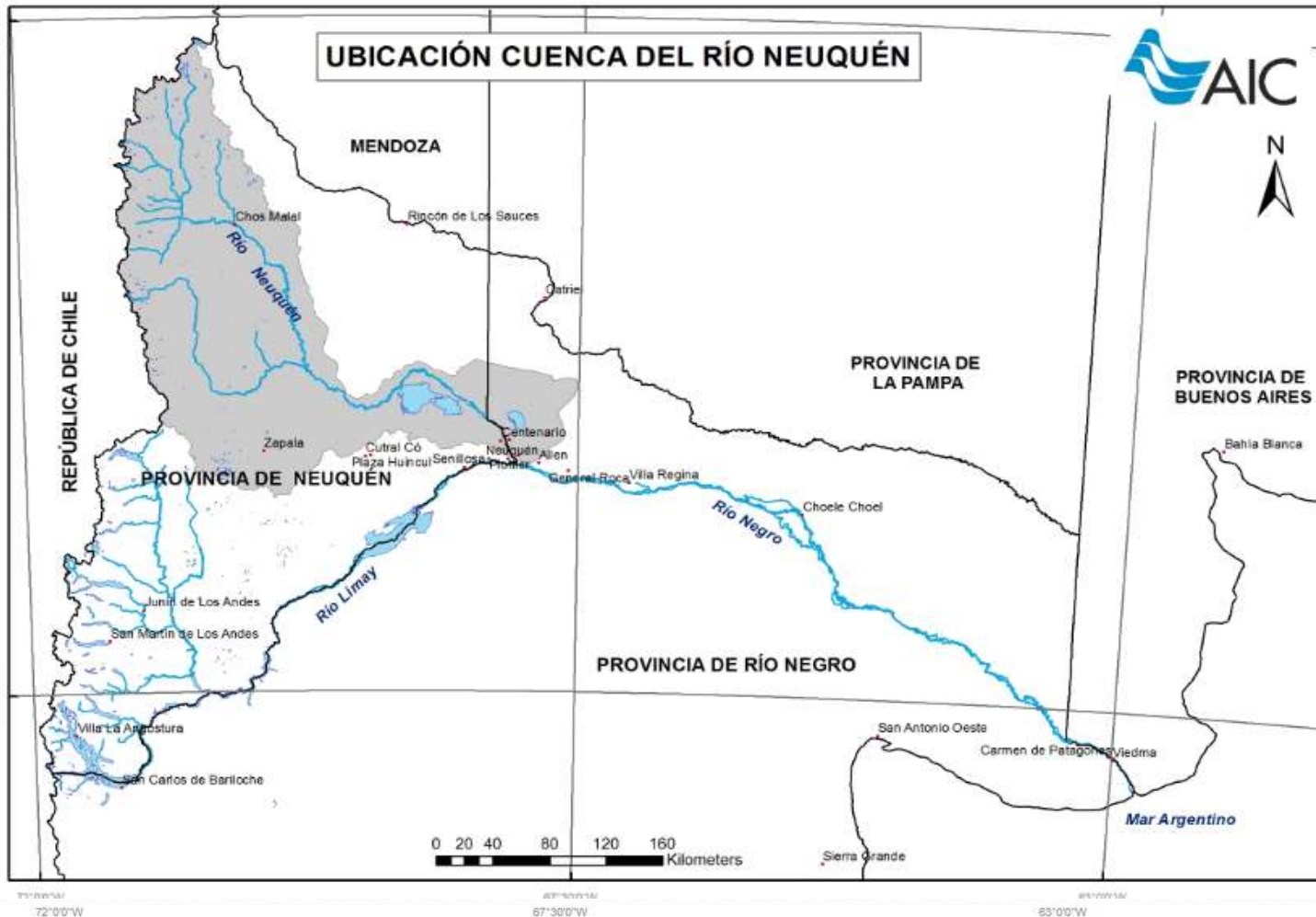
2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.1.- Revisión de las crecidas de diseño de los ríos Limay y Neuquén





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES



Cuenca del Río Neuquén.

- Superficie = 50.770 Km²
- Long. Río = 420 Km
- Cantidad de aprovechamientos = 4



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES



Cuenca del Río Limay.

- Superficie = 63.700 Km²
- Long. Río = 500 Km
- Cantidad de aprovechamientos = 5



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

Aprovechamientos sobre el río Limay





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.1.a- Determinación de la CMP en el río Limay.

Recopilación y revisión de información

Se realizó completo relevamiento de la documentación existente sobre la base de la cual se elaboró un listado de la información necesaria para realizar los trabajos. Se procedió a la revisión de los datos hidrometeorológicos, validación de su calidad y actualización de los datos básicos de la cuenca.

Selección y Determinación de la Precipitación Máxima Probable (PMP) y de la Tormenta Máxima Probable (TMP)

La nueva PMP se obtuvo a partir de tormentas maximizadas propias de la cuenca. La distribución areal y temporal de la misma se basó en datos disponibles obtenidos de tormentas históricas.

Determinación de condiciones antecedentes para la CMP

Además de la PMP, para estimar la CMP fue necesario evaluar y determinar las condiciones antecedentes a la PMP. Esta tarea incluyó la evaluación de precipitaciones nivales, suelos, cobertura del suelo, niveles en los lagos y datos de tormentas históricas y de temperaturas. Las condiciones antecedentes se determinaron a partir de la revisión de datos históricos y de mecanismos causantes de grandes crecidas históricas.



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.1.a- Determinación de la CMP en río Limay.

Selección del modelo hidrológico

Se utilizó un modelo determinístico de transformación lluvia - caudal calibrado que permitió considerar las particularidades de la cuenca, como ser el impacto de la elevación en las precipitaciones pluviales y fusión de nieve, particularmente importante en áreas de considerables gradientes de elevación.

Calibración del modelo hidrológico para eventos de grandes crecidas

El modelo hidrológico calibrado fue validado para comprobar que los eventos de crecidas importantes estaban modelados en forma apropiada.

Selección de condiciones generadoras de la CMP

Se realizó una selección de precipitaciones en la generación de la CMP para que fuera la más adecuada a los efectos de representar las condiciones más críticas para el escurrimiento. La selección de esta variable utilizada en la generación de la CMP estuvo basada en estudios previos, análisis de mecanismos de crecidas históricas y en las normas de operación de los embalses.



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.1.a- Determinación de la CMP en río Limay.

Aplicación del modelo hidrológico

La CMP fue generada por la aplicación del modelo hidrológico de la cuenca calibrado para la combinación seleccionada de lluvia y fusión nival.

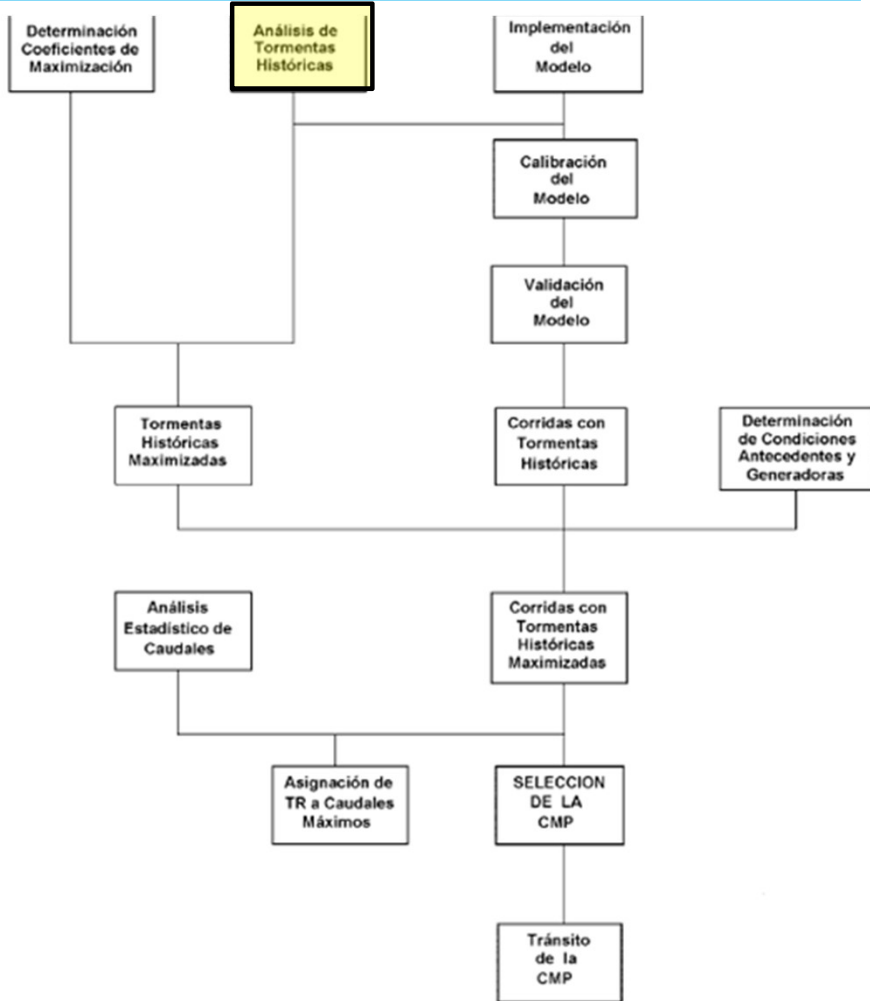
Tránsito de la CMP ingresante

El tránsito de la CMP comprobó la aptitud de las estructuras de derivación de los embalses y la máxima elevación de los mismos durante la crecida. El tránsito sobre los embalses se efectuó a través de rutinas que incluyeron las características de los mismos, niveles iniciales, leyes de descarga y normas de operación.

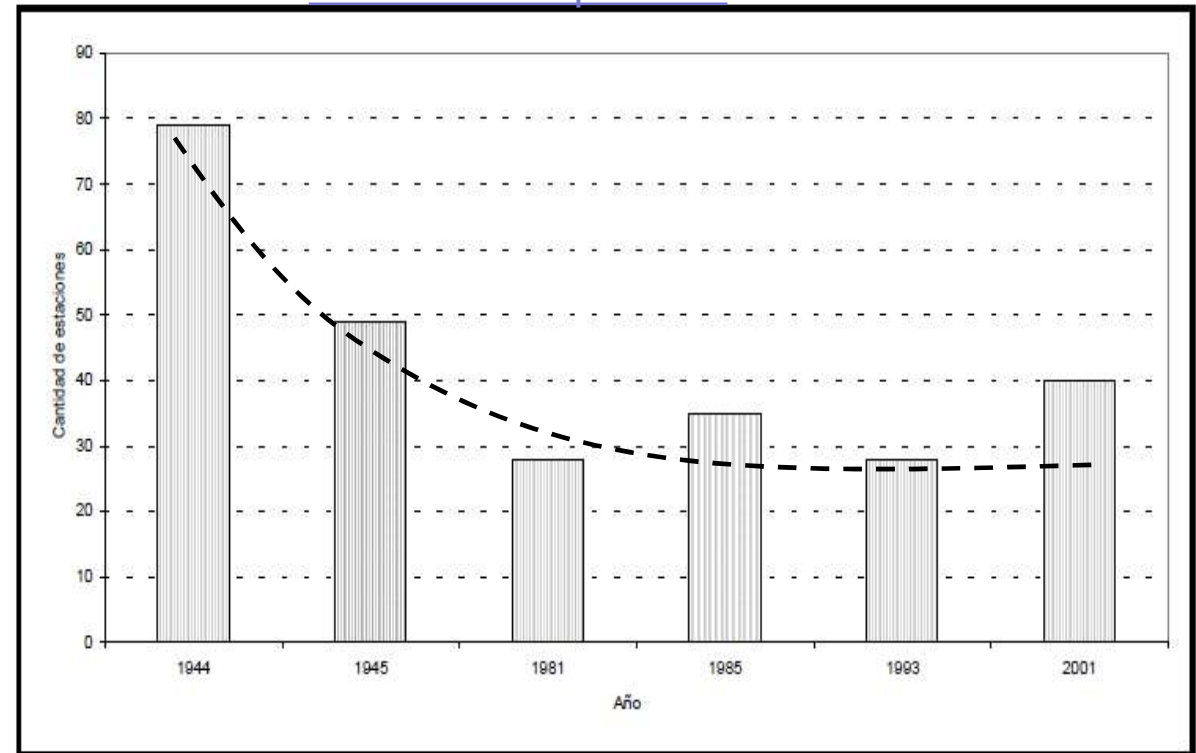


2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.1.a- Determinación de la CMP.



Análisis de Tormentas Históricas Estaciones Disponibles

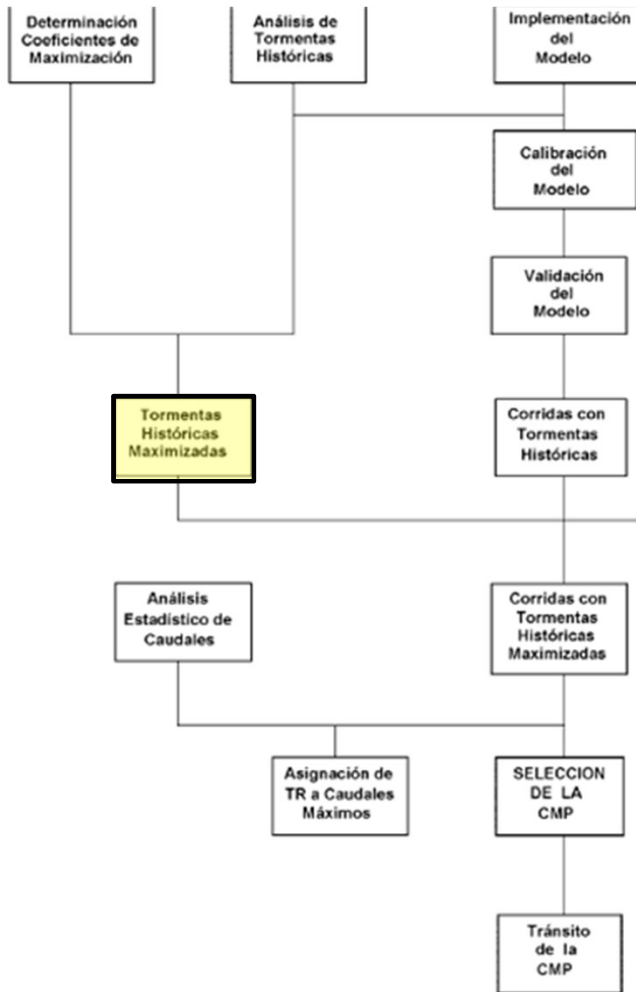


- * Temperatura de Rocío = 8 Estaciones con registros entre 20 y 40 años
- * Temperatura de Rocío = 6 Estaciones situadas en Chile
- * Información Hidrometeorológica

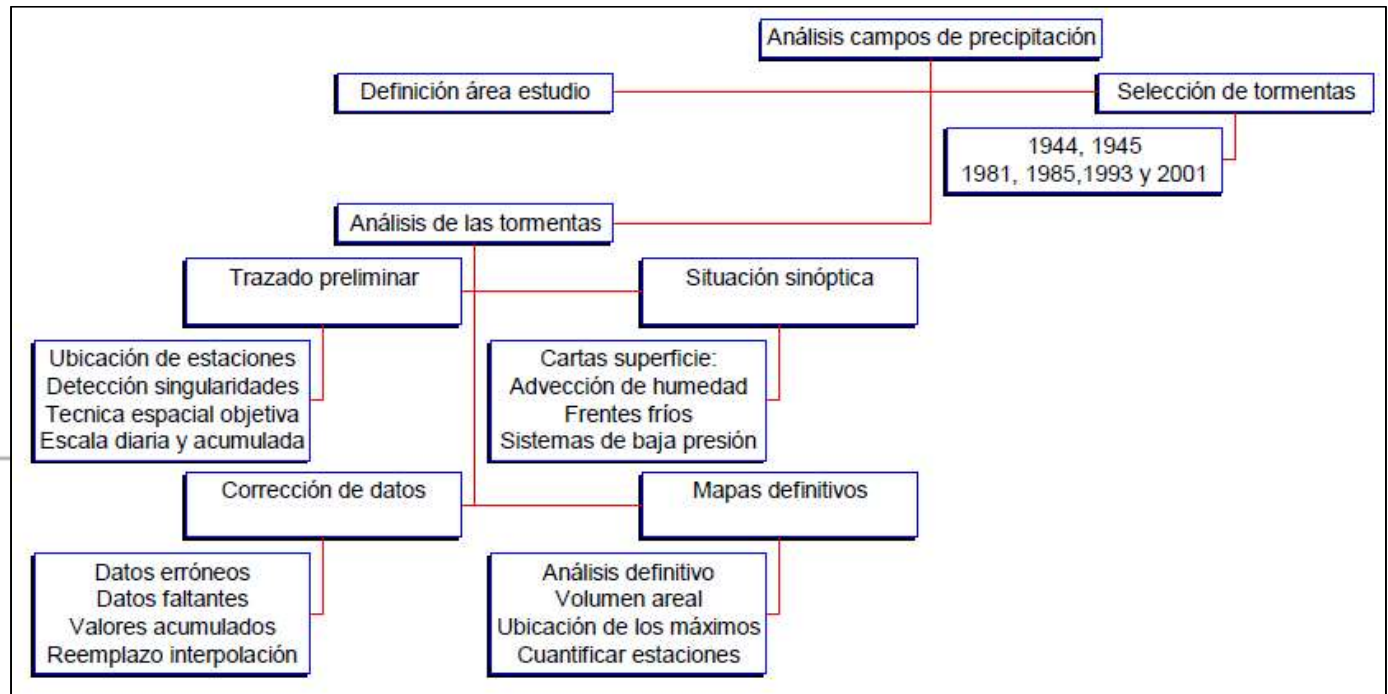


2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.1.a- Determinación de la CMP.



Selección de la precipitación máxima probable



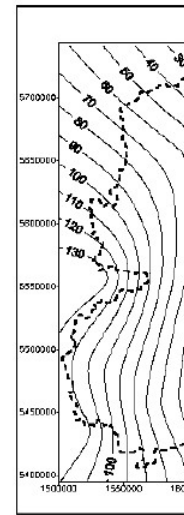
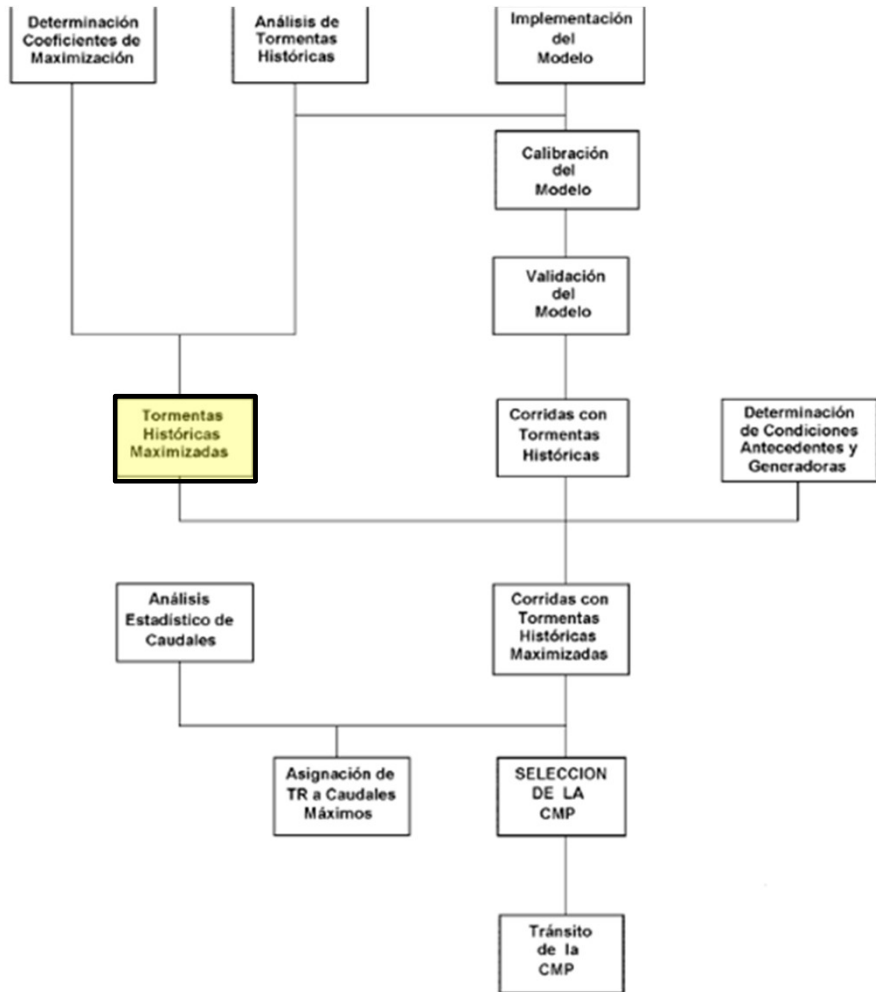


2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

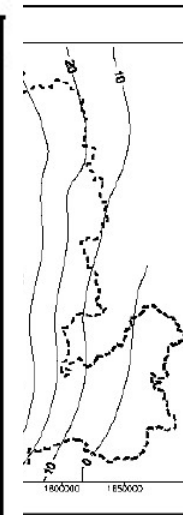
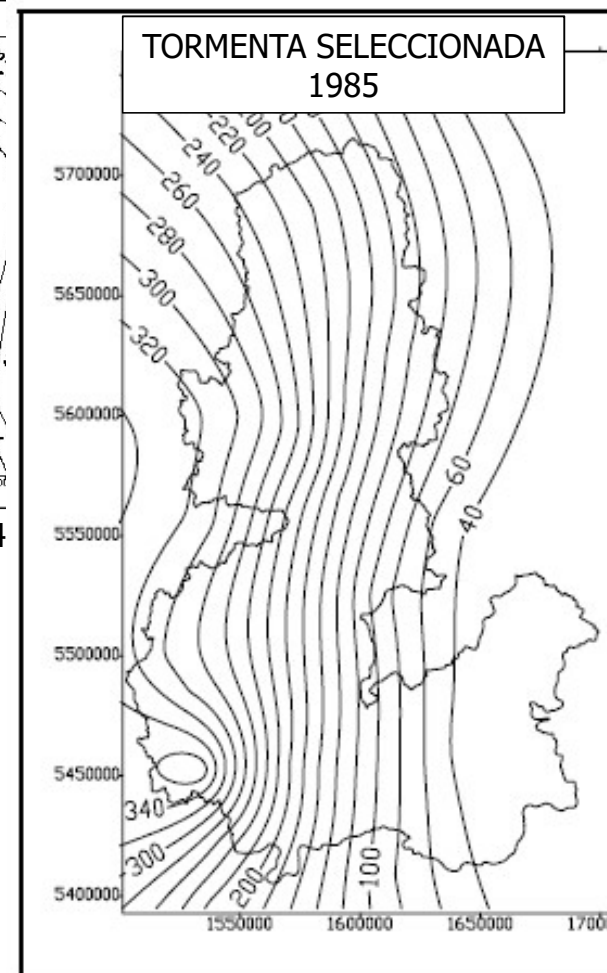
ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.1.a- Determinación de la CMP.

Proceso de Selección de PMP



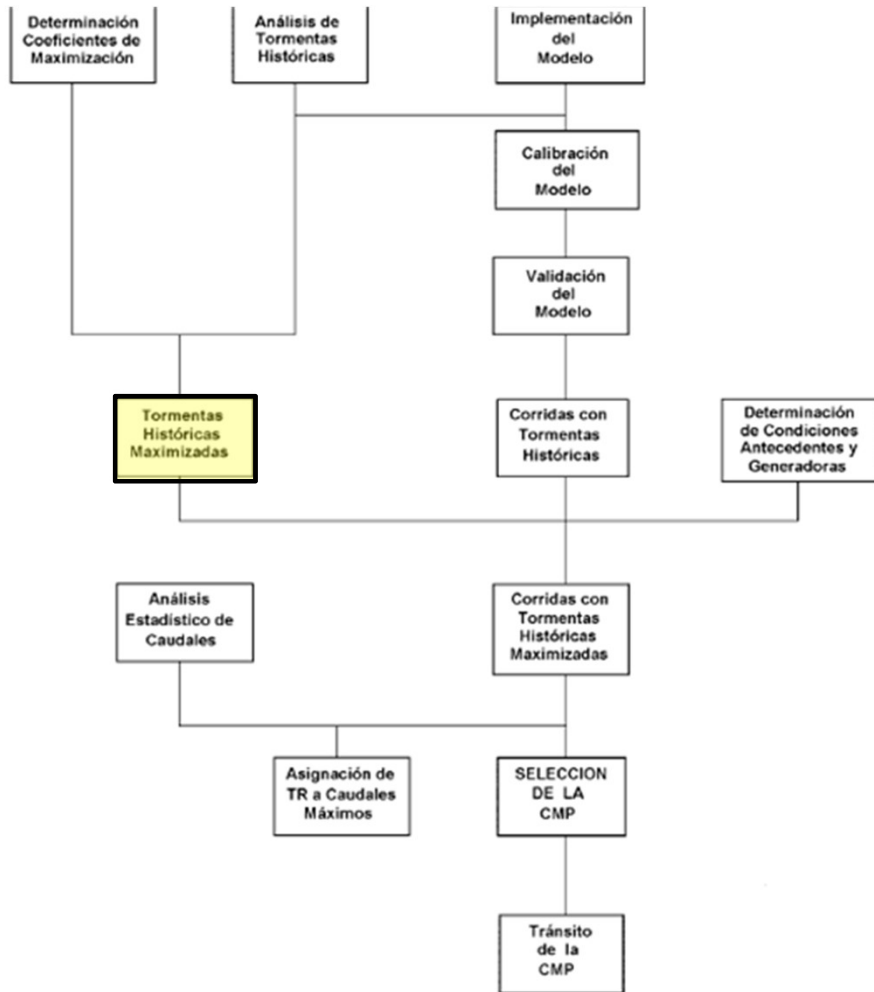
1944





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.1.a- Determinación de la CMP.



Proceso de Selección de PMP

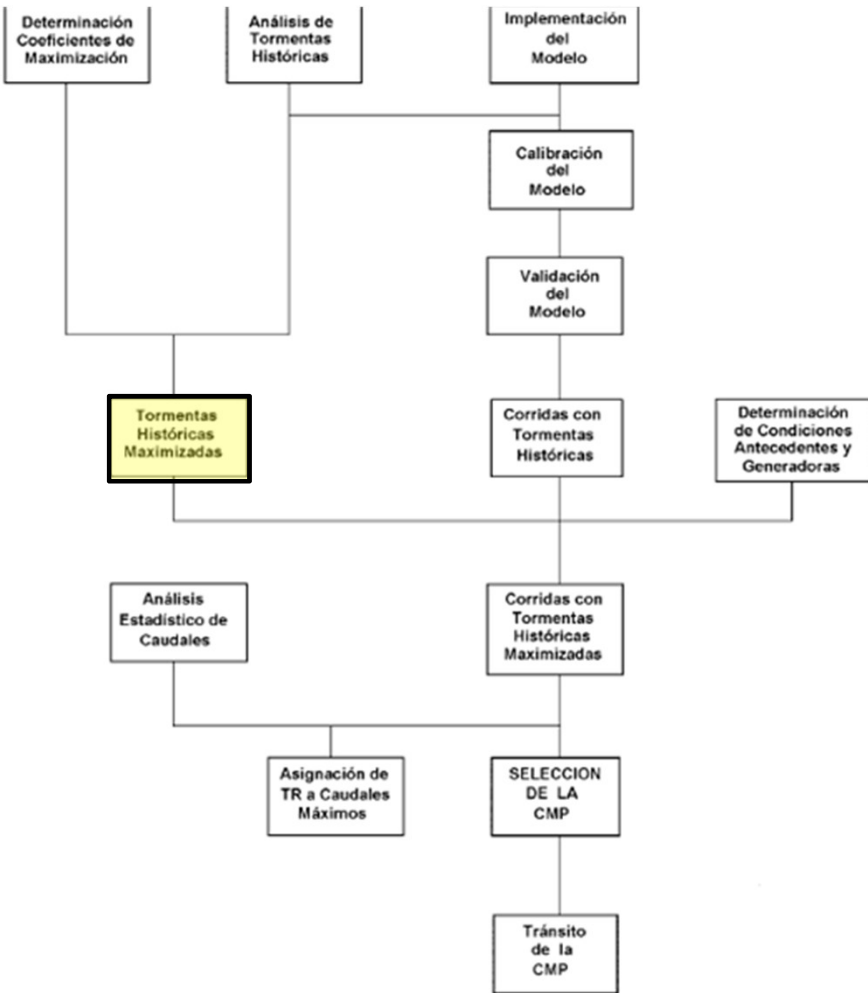
- Determinación del máximo punto de rocío en superficie persistente en 12 hs
- Reducción del punto de rocío al nivel de 1000 Hp.
- Determinación del valor medio areal del máximo punto de rocío.
- Reducción del valor de 100 años al nivel 1000 Hp.
- Determinación del valor medio areal máximo asociado a un período de retorno de 100 años.
- Cálculo del coeficiente de maximización

$$r_m = W_m / W_t$$

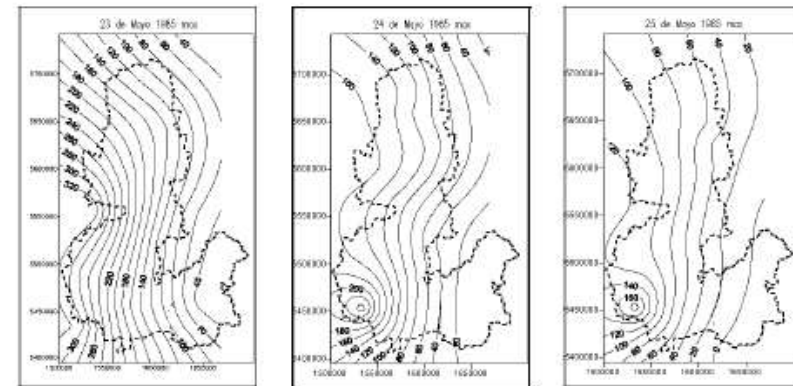


2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.1.a- Determinación de la CMP.



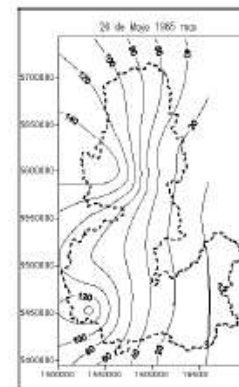
TORMENTA SELECCIONADA MAXIMIZADA



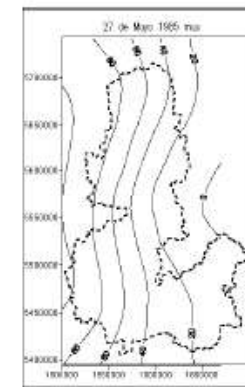
Primer día

Segundo día

Tercer día



Cuarto día



Quinto día



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

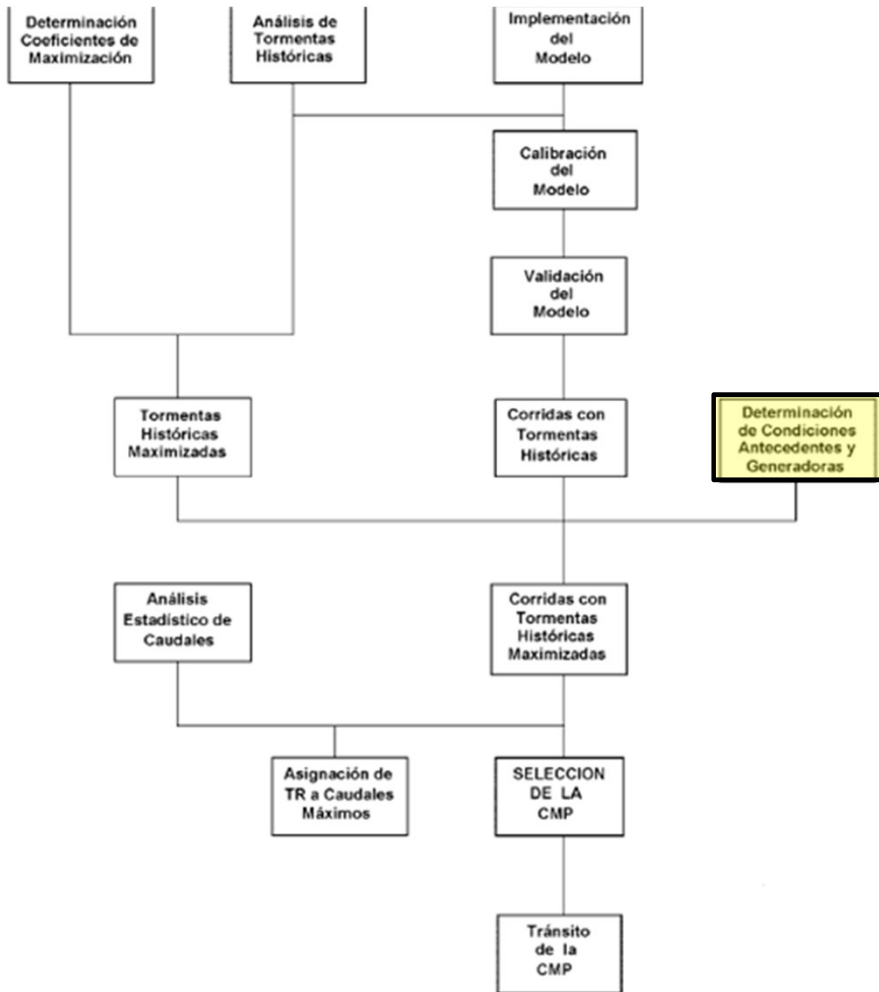
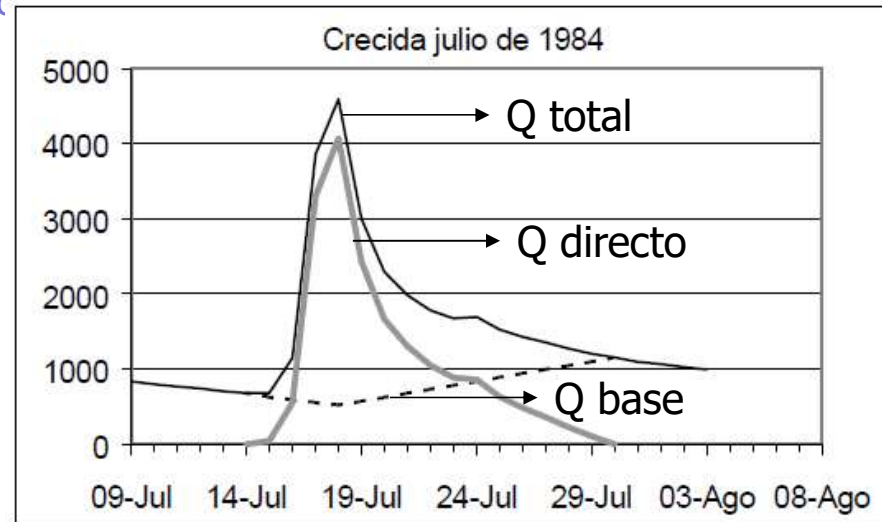
ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.1.a- Determinación de la CMP.

DETERMINACIÓN DE CONDICIONES ANTECEDENTES

Se realizó la tarea de separación de las componentes del hidrograma (caudal total) en caudal directo y caudal base. Esta separación permitió además, contar con información adicional para la calibración y verificación de los modelos que se utilizaron en el estudio.

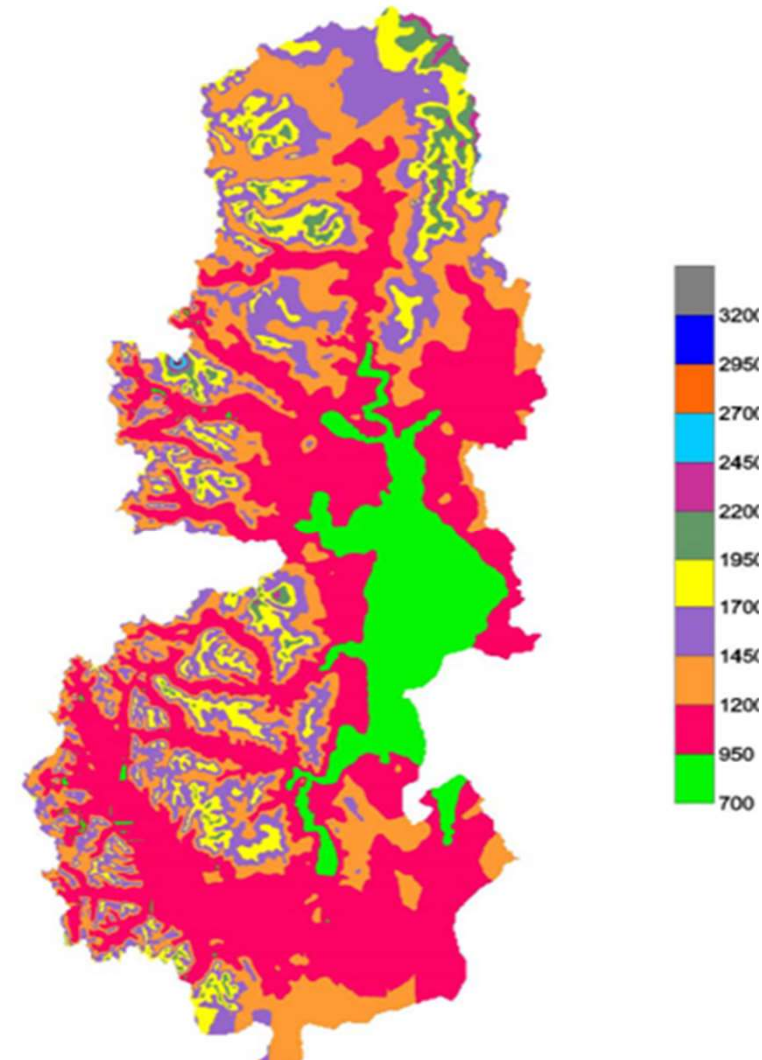
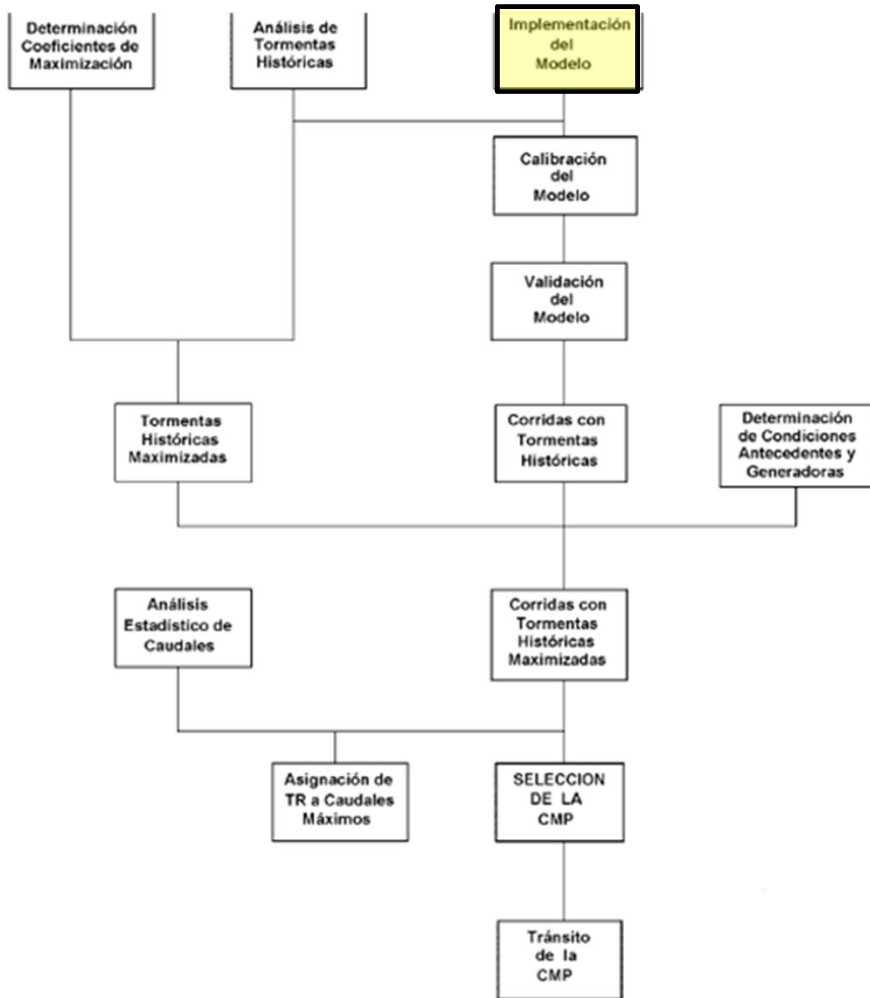
Se analizaron **16 crecidas** observadas en el Río Limay. Estas crecidas corresponden al **período 1944-2000** y se estimaron los volúmenes de caudal directo con el propósito de definir la lámina escurrida para cada evento.





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

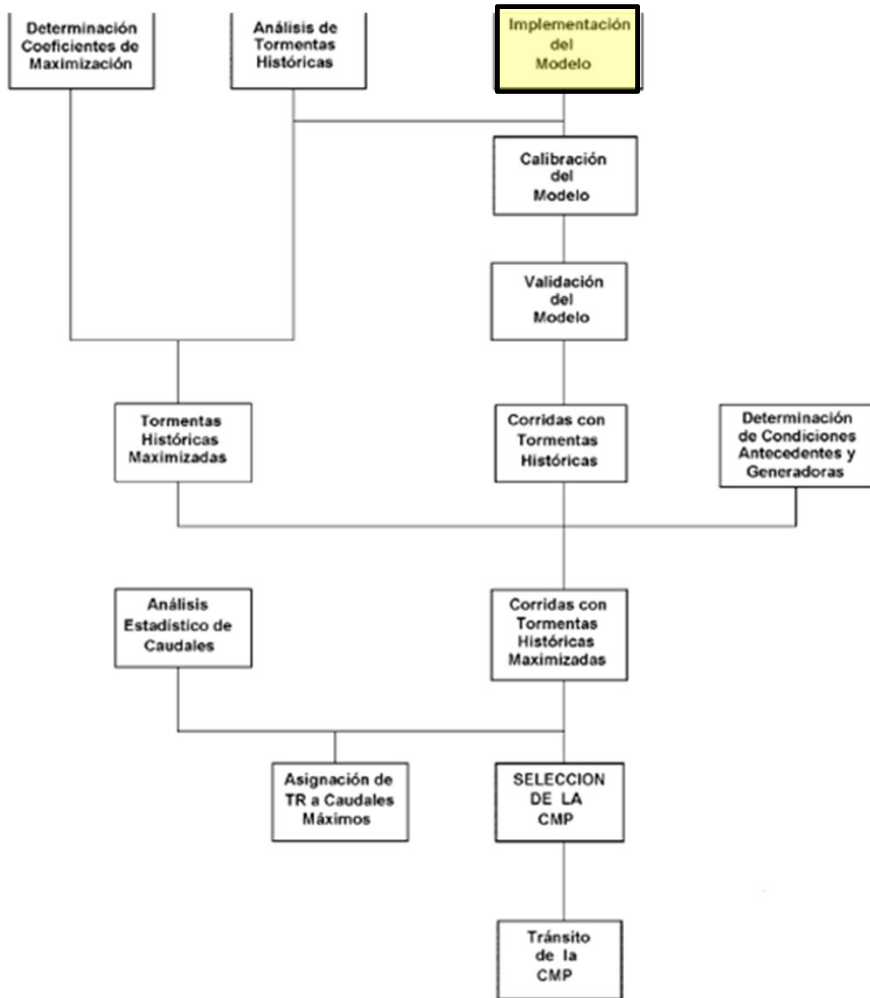
4.1.a- Determinación de la CMP en río Limay.





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.1.a- Determinación de la CMP en río Limay.



Las precipitaciones invernales en la cuenca del río Limay son las que producen, en la mayoría de los casos, los caudales máximos anuales.

No obstante, fue necesario estudiar la contribución de la fusión nival a los fines de maximizar las componentes del escurrimiento superficial en la estimación de la Crecida Máxima Probable (CMP).

Se seleccionó la tormenta que produjo el mayor caudal en una serie de 55 años desde el año 1944.

* Proceso de transformación lluvia – Caudal.

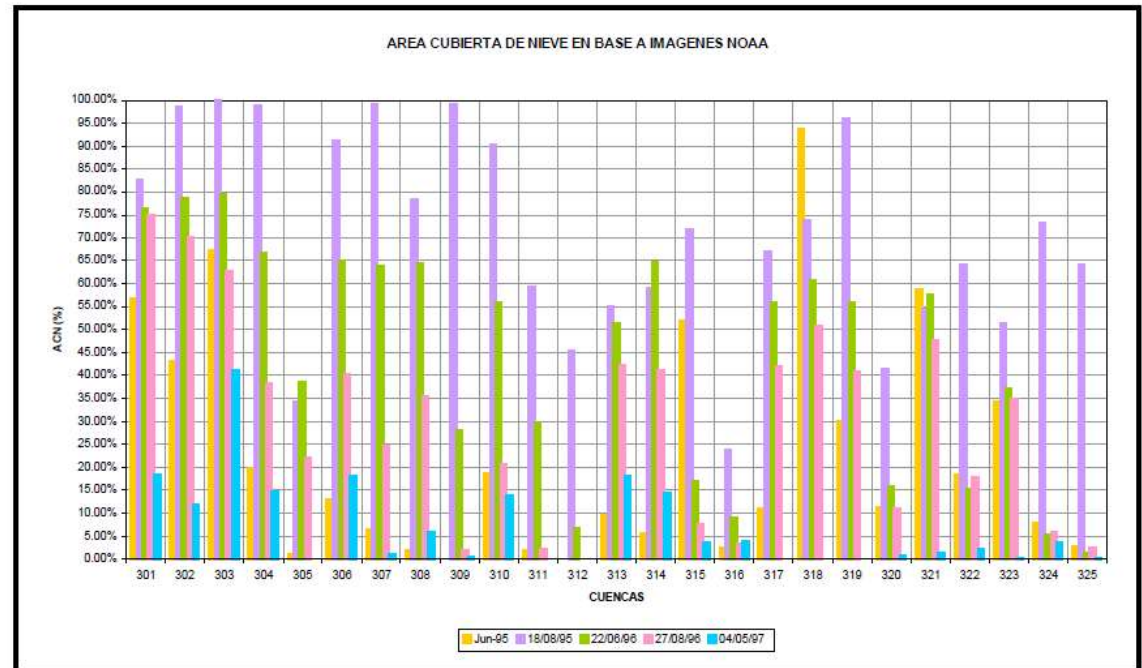
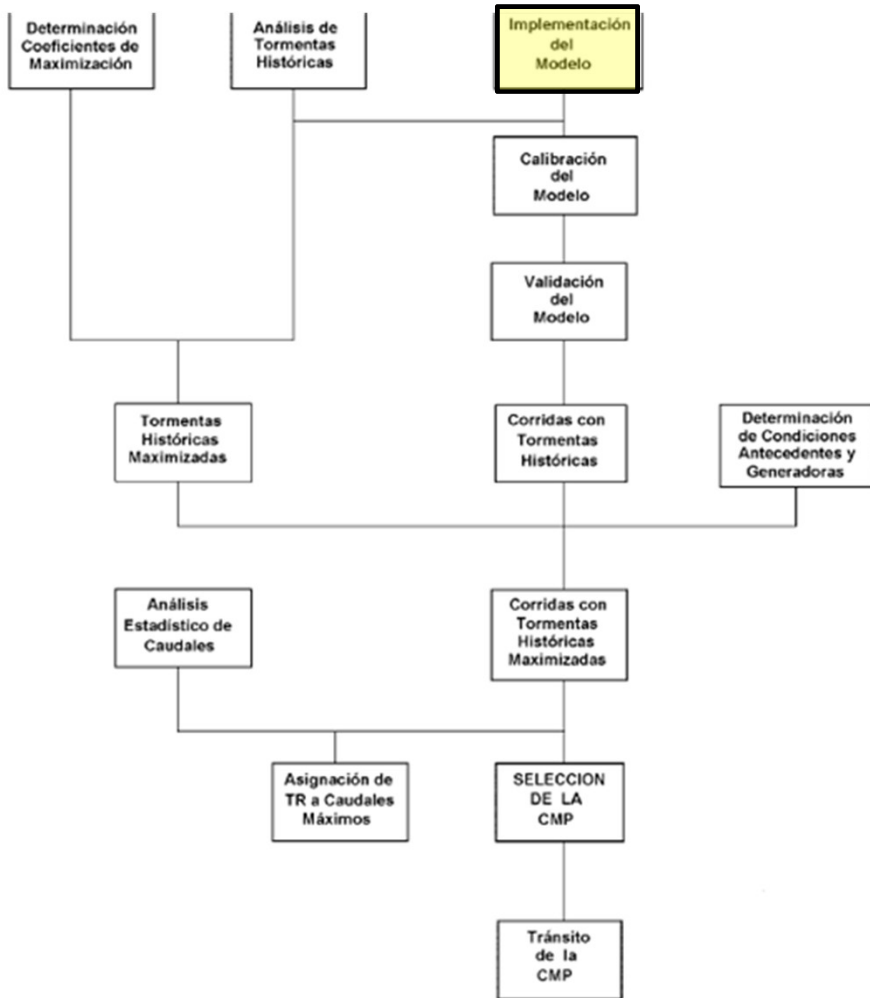
* Estimación de la contribución nival

- La fusión se produce cuando el cambio en el almacenamiento de energía del manto de nieve (Q_0) es positivo.
- El cálculo de Q_0 implica realizar el balance de energía para la superficie de nieve, el cual requiere mediciones de radiación, presión de vapor, velocidad del viento, precipitación y temperatura a distintas alturas.



2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.1.a- Determinación de la CMP en río Limay.



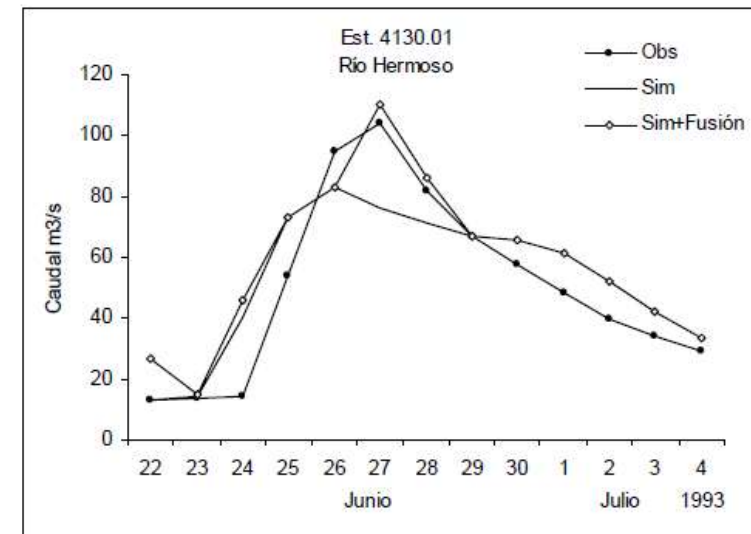
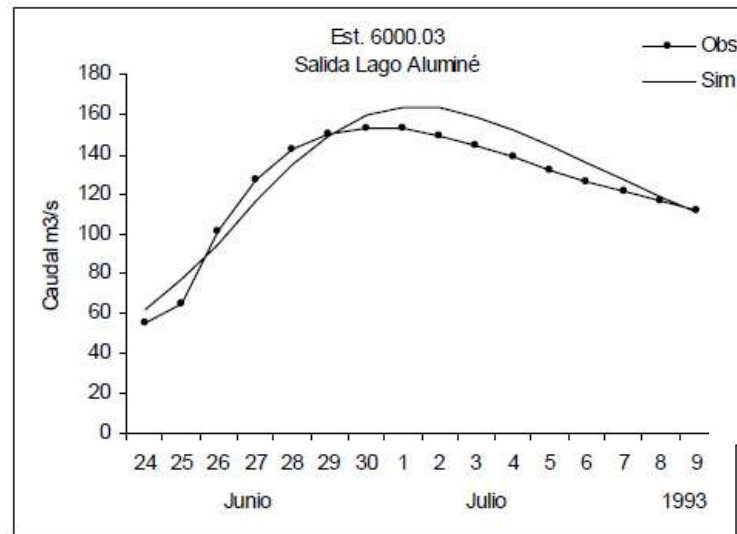
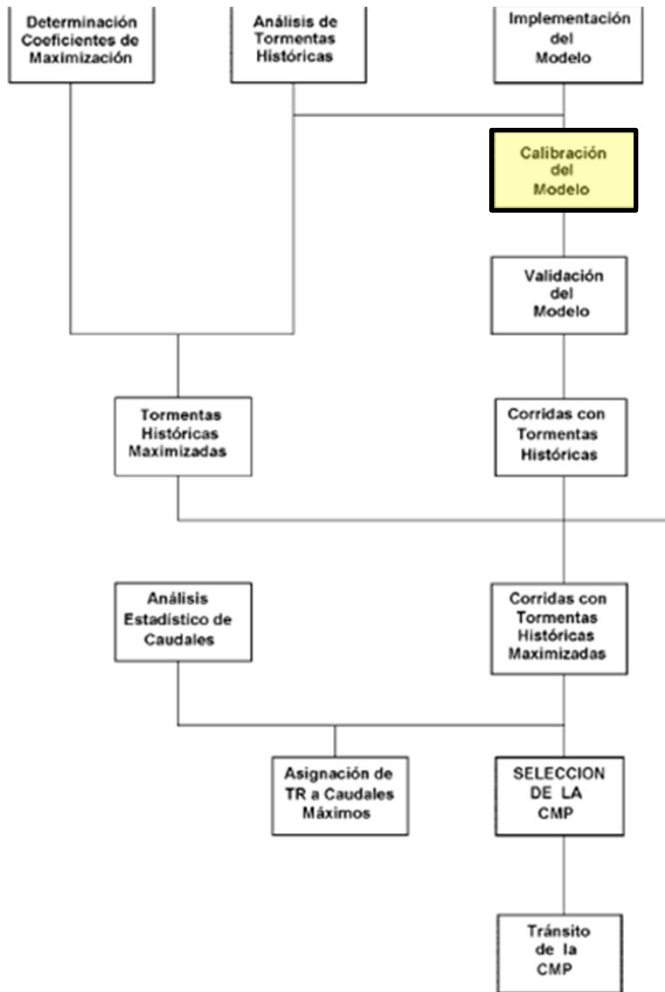
Área de cobertura nivel para distintas cuencas



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.1.a- Determinación de la CMP en río Limay.



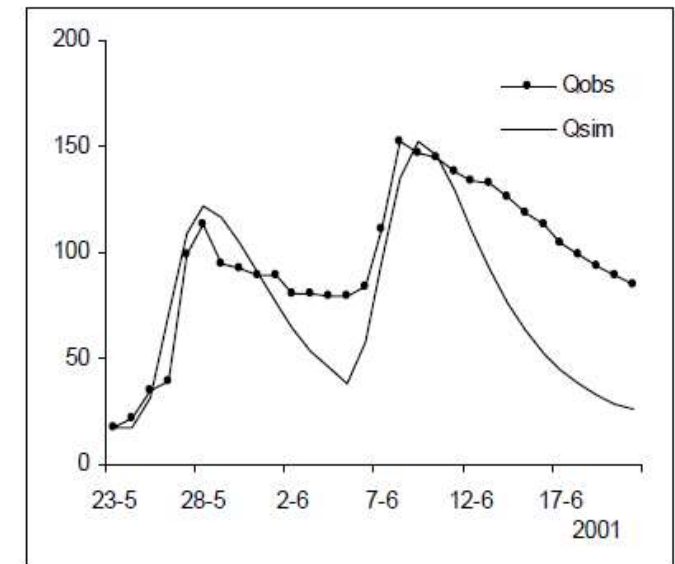
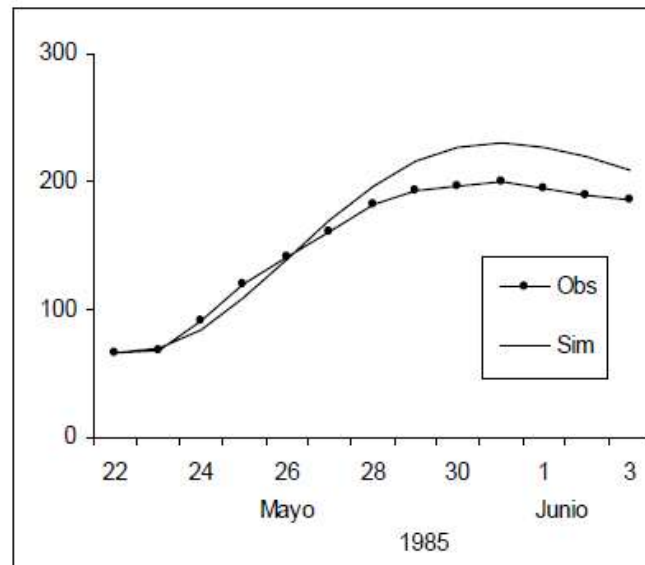


2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.1.a- Determinación de la CMP en río Limay.



Las tormentas estudiadas para determinar la PMP se utilizaron en la verificación de la metodología de transformación precipitación-caudal aplicada

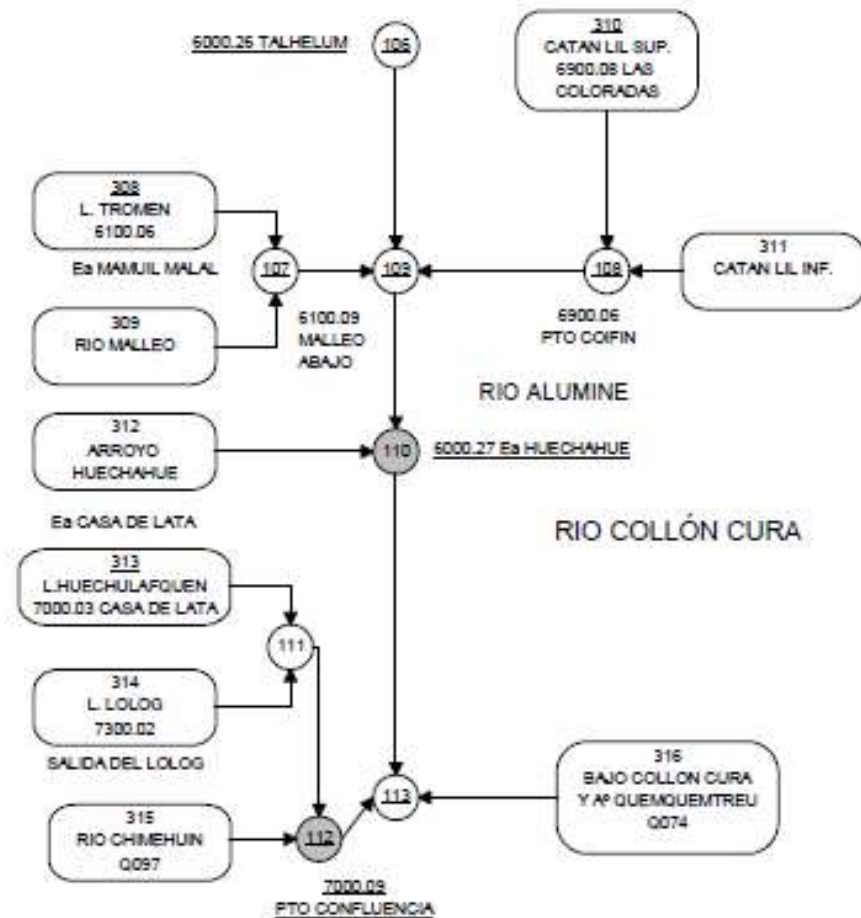
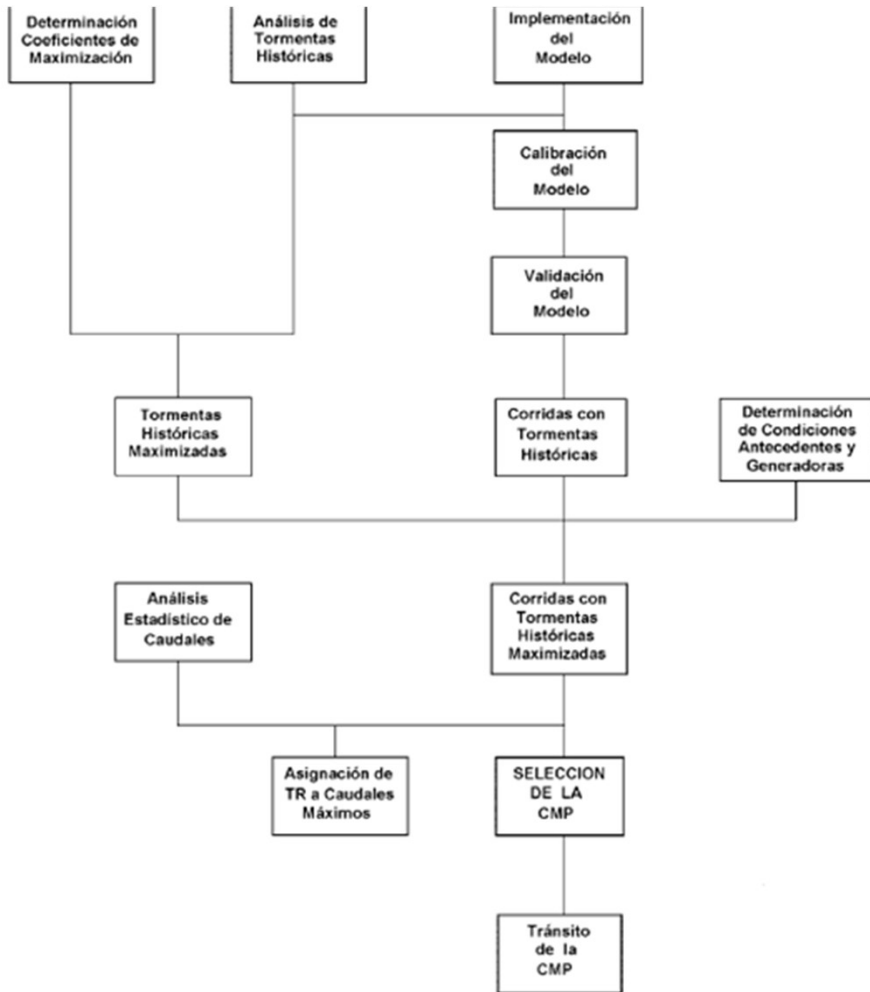




2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

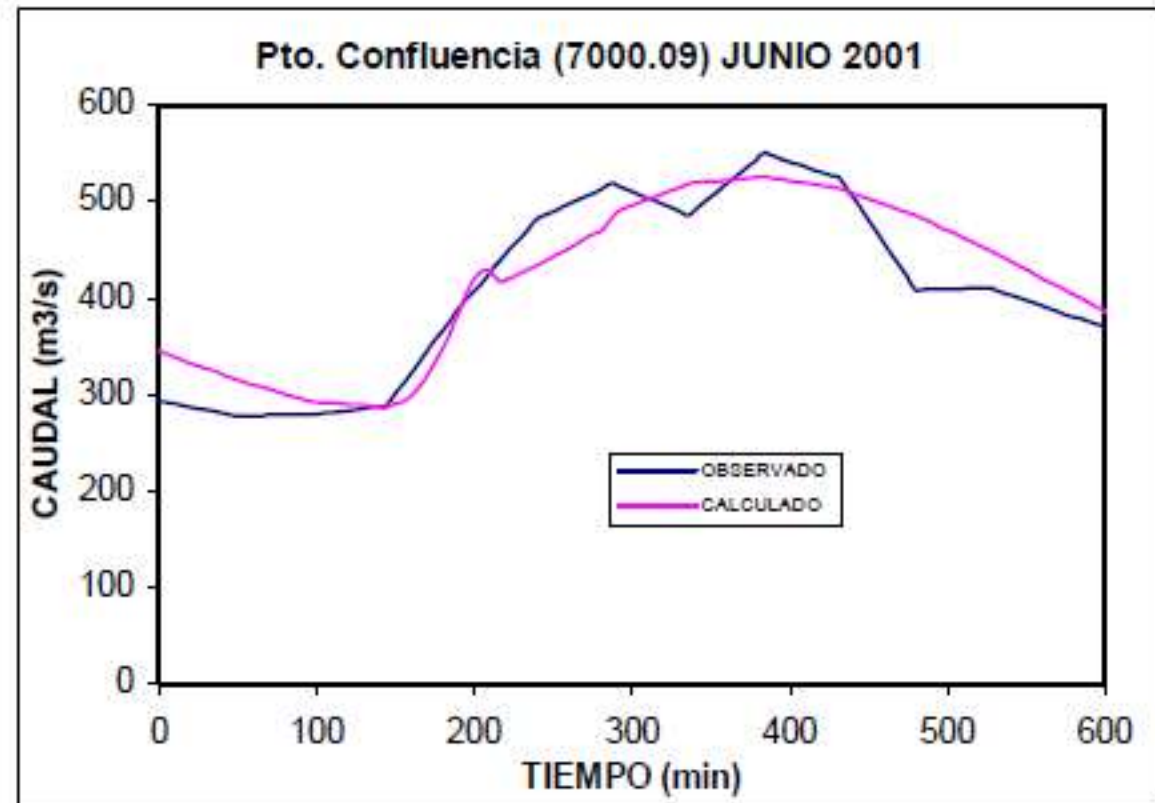
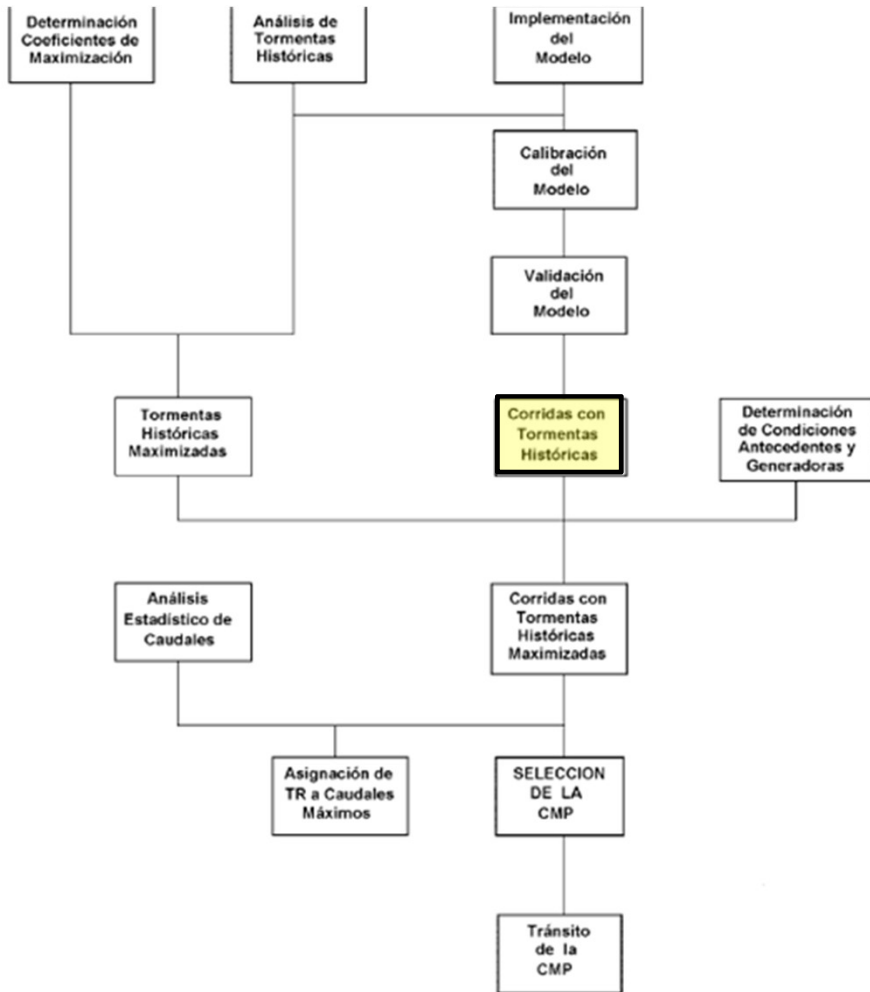
4.1.a- Determinación de la CMP en río Limay.





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

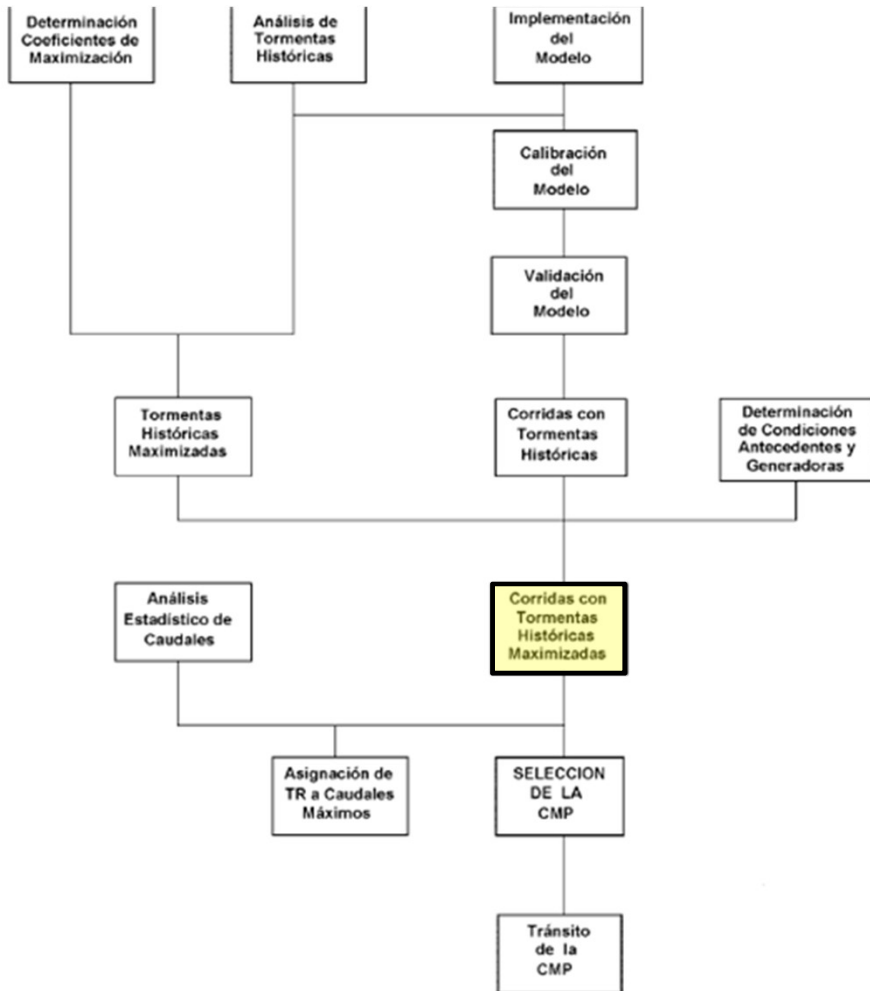
4.1.a- Determinación de la CMP en río Limay.





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

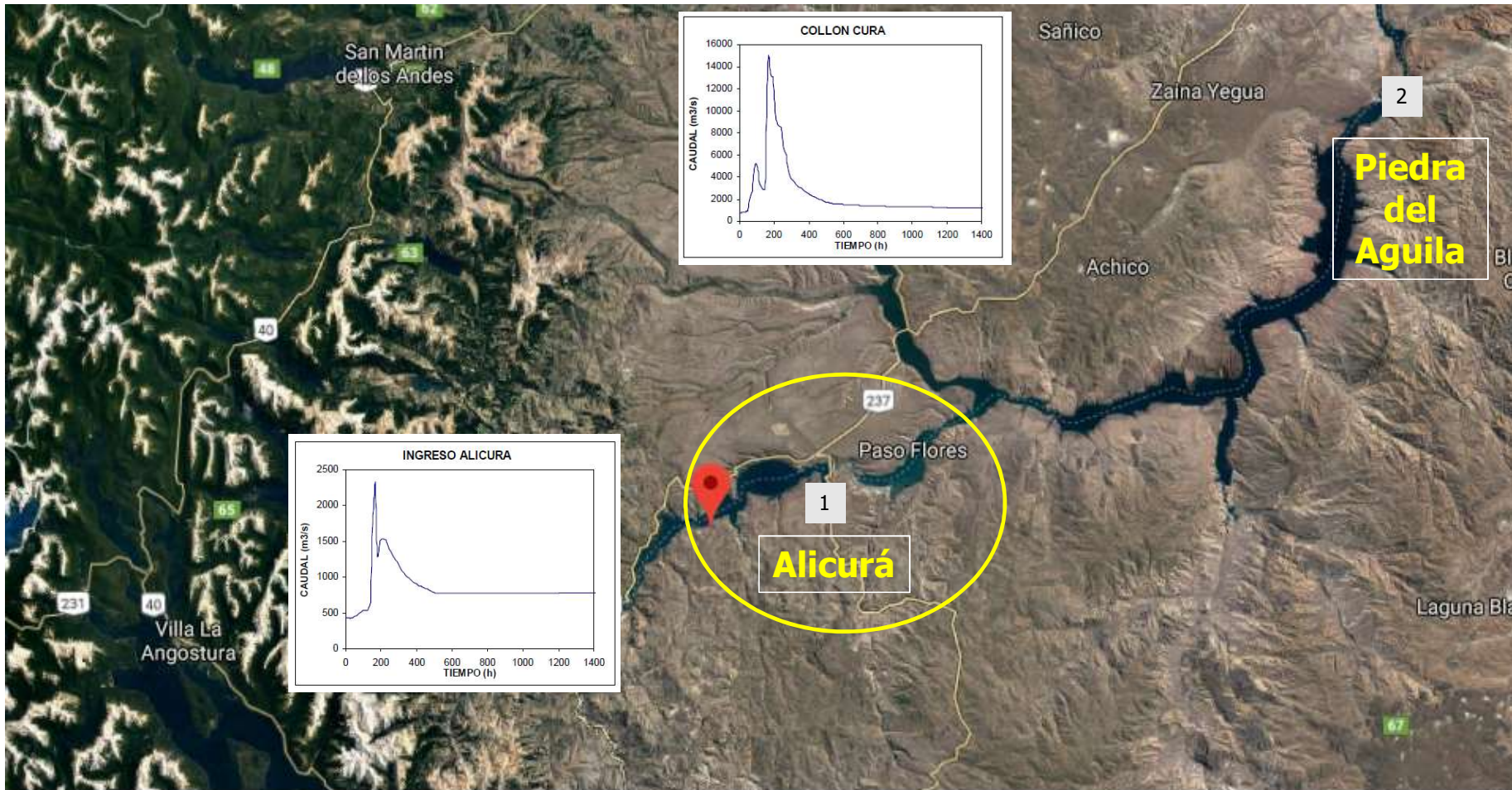
4.1.a- Determinación de la CMP en río Limay.





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

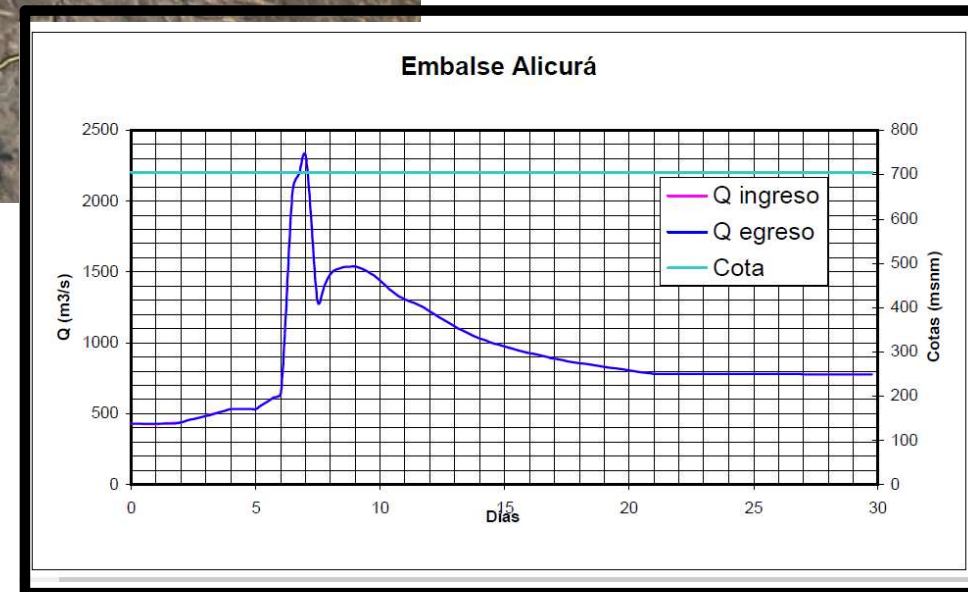
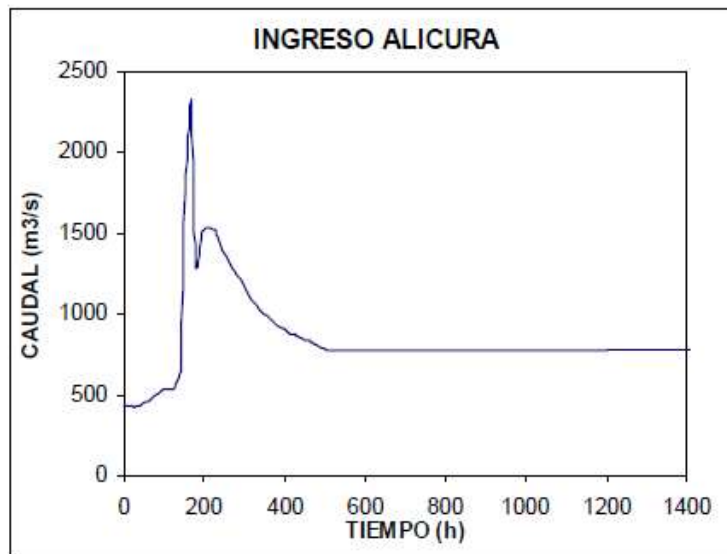
Determinación de hidrogramas de crecidas (CMP)





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

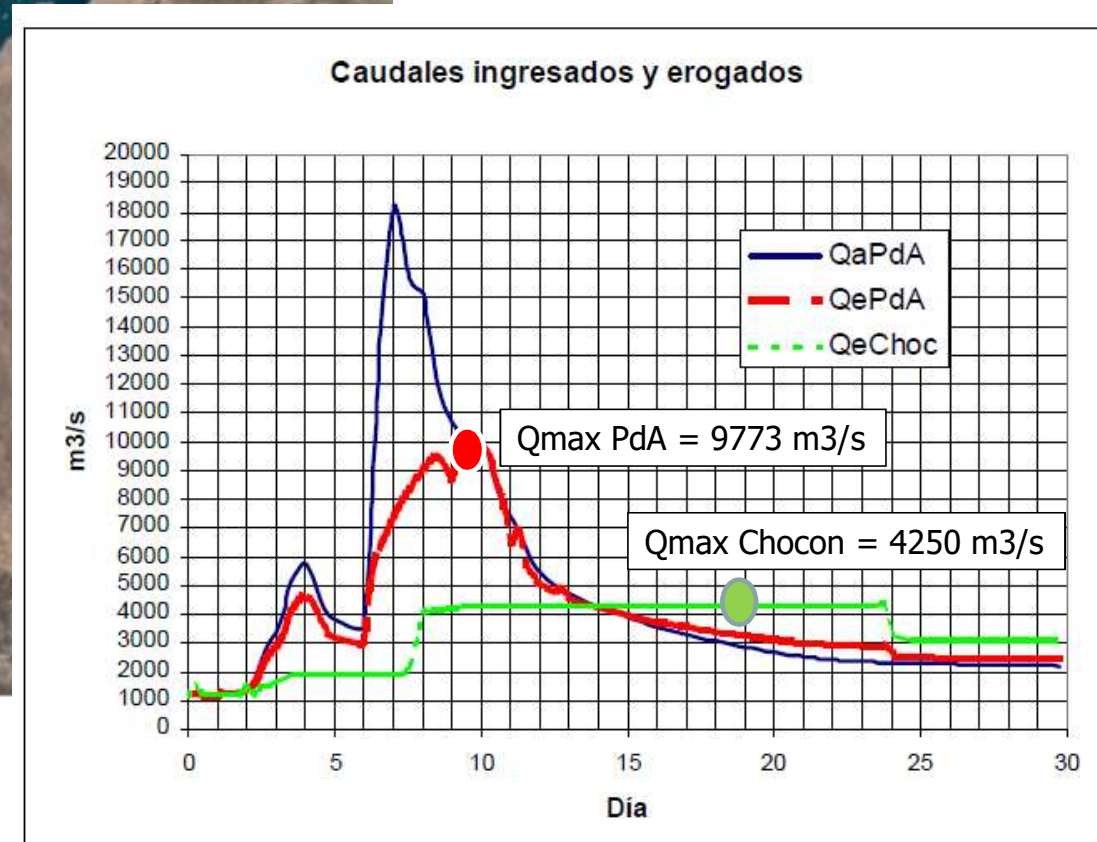
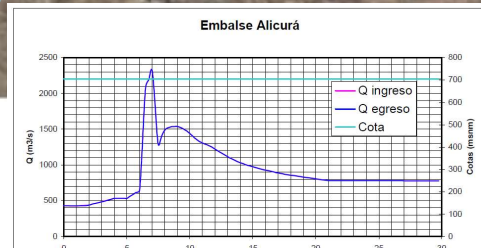
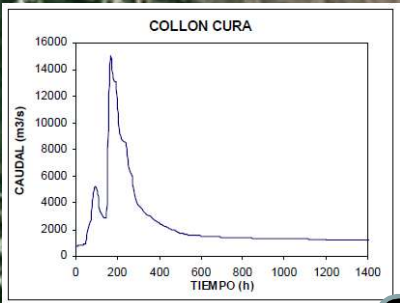
4.1.b- Determinación de la CMP en río Neuquén





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

Determinación de hidrogramas de crecidas (CMP)





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

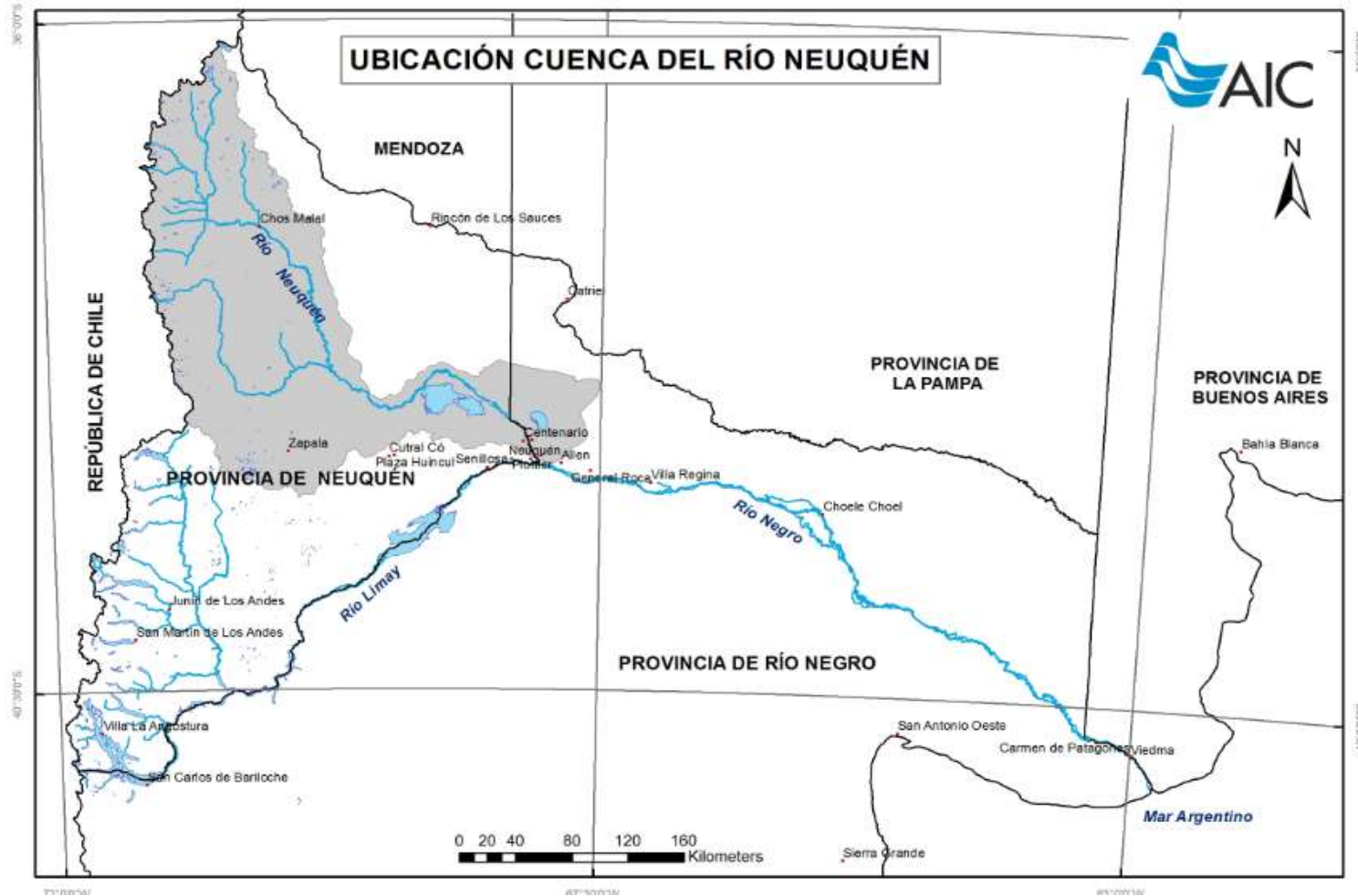
CONTENIDO

- 1.-SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PRESAS DE EMBALSE EN LA ARGENTINA
- 2.- CAMBIOS REGISTRADOS EN LOS ÚLTIMOS 50 AÑOS.
- 3.- ALGUNOS CONCEPTOS SOBRE LOS CRITERIOS DE MANEJO DE EMBALSE
4. **ANÁLISIS DE CASOS PARTICULARES**
 - 4.1- CUENCA DE LOS RÍOS LIMAY Y NEUQUÉN**
 - 4.2.- PRESAS DE CABRA CORRAL Y EL TUNAL
5. CONCLUSIONES



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.1.b- Determinación de la CMP en río Neuquén

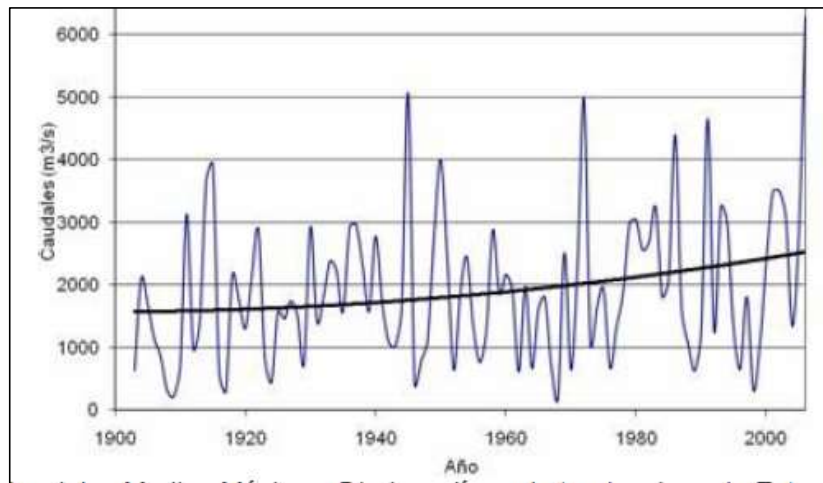




4.1.b- Revisión de las crecidas del río Neuquén (Decamilenaria y CMP)

1) Características del río Neuquén

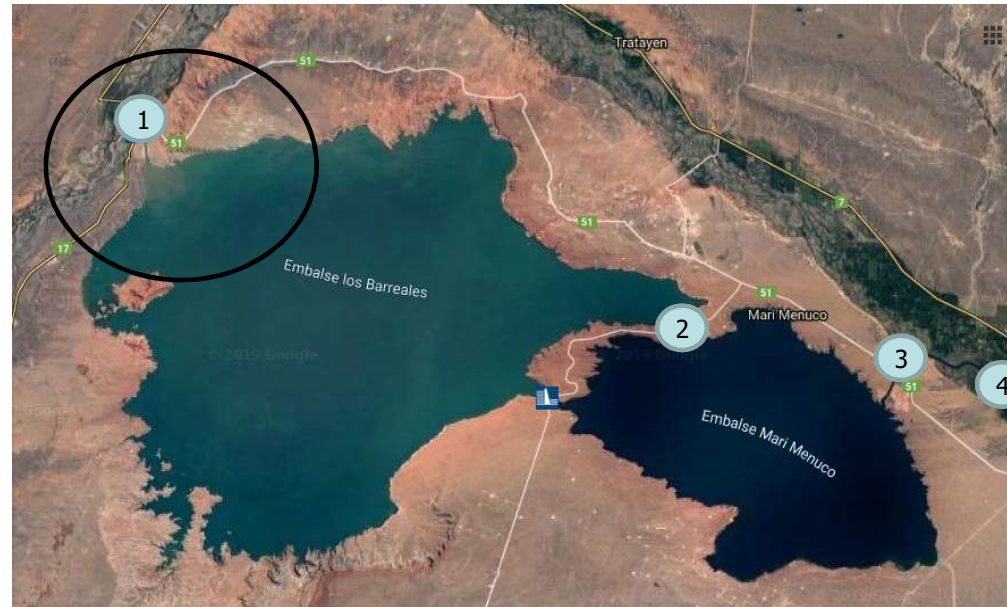
- El régimen del río es netamente pluvio-nival, con escasos lagos que permitan laminar naturalmente las crecidas
- El módulo de río se estima en aproximadamente 300 m³/s
- Tendencia al crecimiento de caudales medios en los últimos 50 años





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

OBRAS EXISTENTES EN EL RÍO NEUQUÉN

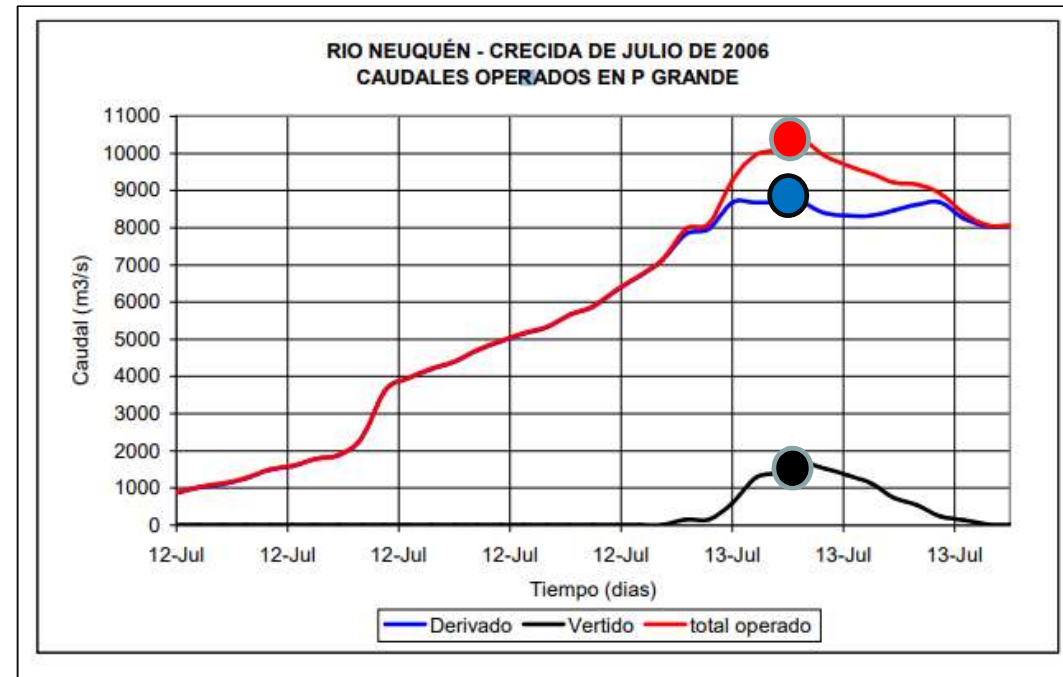
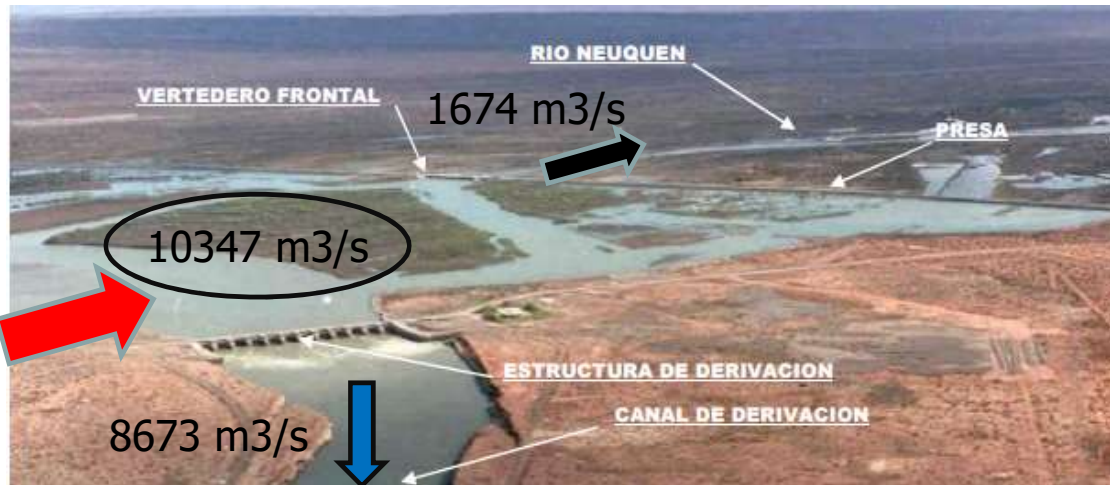




2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.1.b- Revisión de las crecidas del río Neuquén (Decamilenaria y CMP)

2) Crecida máxima registrada: Julio de 2006

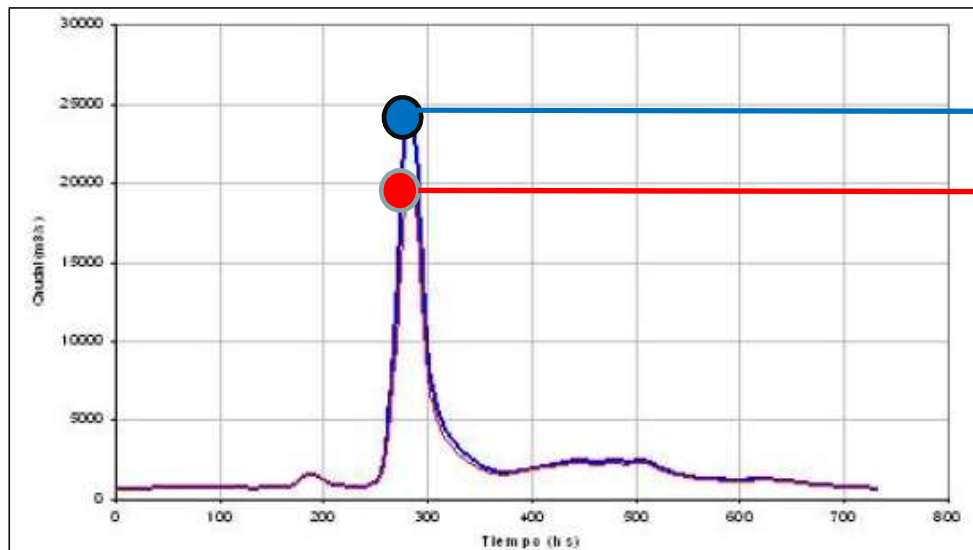




4.1.b- Revisión de las crecidas del río Neuquén (Decamilenaria y CMP)

3) Revisión de las crecidas de diseño y verificación

- Se consideró la actualización de los datos hidrométricos existentes hasta el momento de la crecida máxima histórica.
- El INA y la AIC establecieron criterios de verificación de las crecidas estableciéndose los hidrogramas resultantes.



Crecida Maxima Prob. $Q_{max} = 25.070 \text{ m}^3/\text{s}$

Decamilenaria: $Q_{max} = 20.217 \text{ m}^3/\text{s}$

CAPACIDAD DEL VERTEDERO EXISTENTE
 $Q_{max} = 11.500 \text{ m}^3/\text{s}$



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

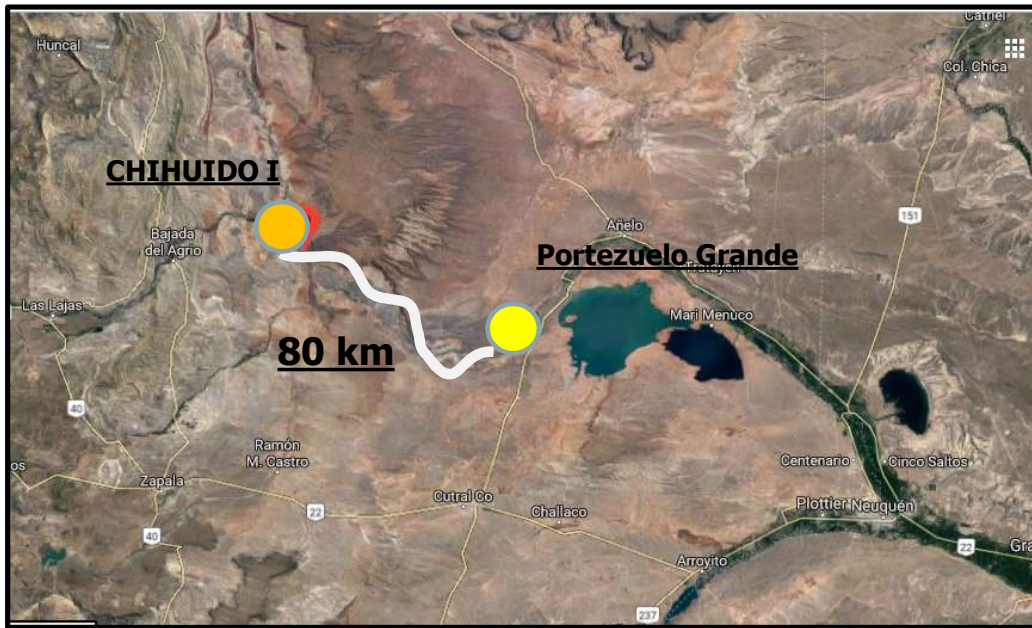
4.1.b- Revisión de las crecidas del río Neuquén (Decamilenaria y CMP)

4) MEDIDAS PLANTEADAS PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO

- Ampliación de la capacidad de descarga del vertedero existente
- Construcción de una presa de regulación y generación de energía aguas arriba.



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES



CHIHUICO I

- Presa de CFRD
- Altura = 105 m
- Volumen de embalse = 6100 Hm³



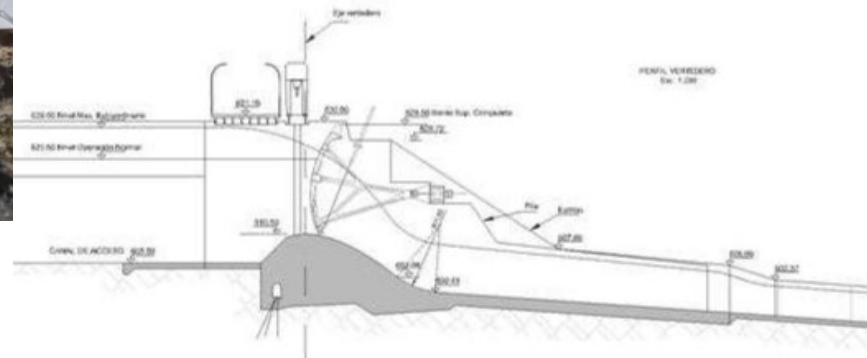
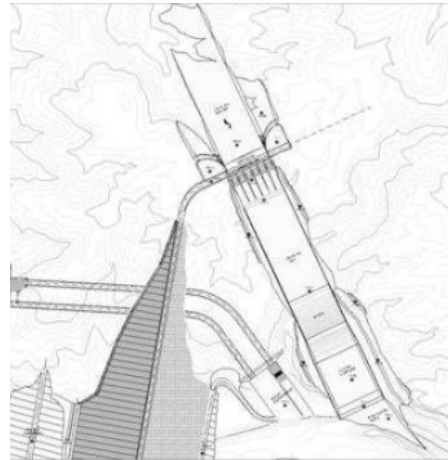
2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

CHIHUICO I - VERTEDERO

VERTEDERO

- Cota de cresta del vertedero: 610,50 m
- Carga máxima (H_{máx}): 18,96 m
- Nivel de la platea de acceso: 605,50 m
- Longitud del canal de llegada: 400 m
- Altura del paramento vertical, P: 5,00 m
- Ancho de vertedero: 100,70 m





4.1.b- Revisión de las crecidas del río Neuquén (Decamilenaria y CMP)

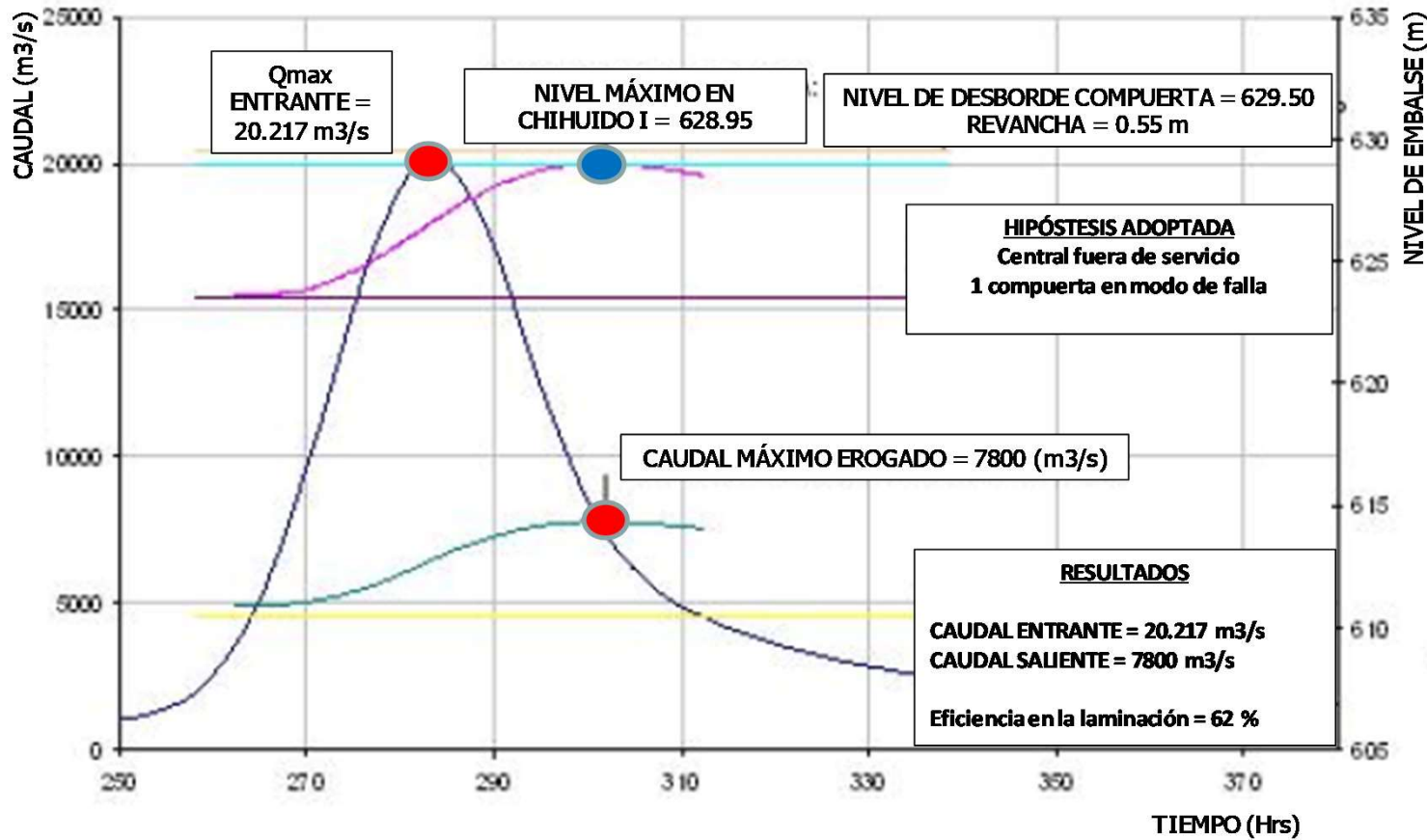
5) MODELACIÓN DE LAS CRECIDAS EN EL RÍO NEUQUÉN

- Se emplearon modelos hidrológicos convencionales (HEC-1 – HEC-HMS)
- Se establecieron consignas de manejo de embalses tendientes a:
 - No superar el nivel máximo de operación del nuevo vertedero
 - No superar la capacidad máxima de evacuación del vertedero existente.
- Se establecieron escenarios con la central fuera de servicio y una de las compuertas del vertedero en modo de falla.



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
 ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.1.b- Revisión de las crecidas del río Neuquén (Decamilenaria y CMP)



PARÁMETRO	CRECIDA	
	DECAMILENARIA	CMP
Q _{entrante}	20217	25070
Q _{saliente}	7800	11830
Laminación	61.42	52.81
Q _{presa existente}		11500



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

CONTENIDO

- 1.-SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PRESAS DE EMBALSE EN LA ARGENTINA
- 2.- CAMBIOS REGISTRADOS EN LOS ÚLTIMOS 50 AÑOS.
- 3.- ALGUNOS CONCEPTOS SOBRE LOS CRITERIOS DE MANEJO DE EMBALSE
4. **ANÁLISIS DE CASOS PARTICULARES**
 - 4.1- CUENCA DE LOS RÍOS LIMAY Y NEUQUÉN
 - 4.2.- **PRESAS DE CABRA CORRAL Y EL TUNAL**
5. CONCLUSIONES



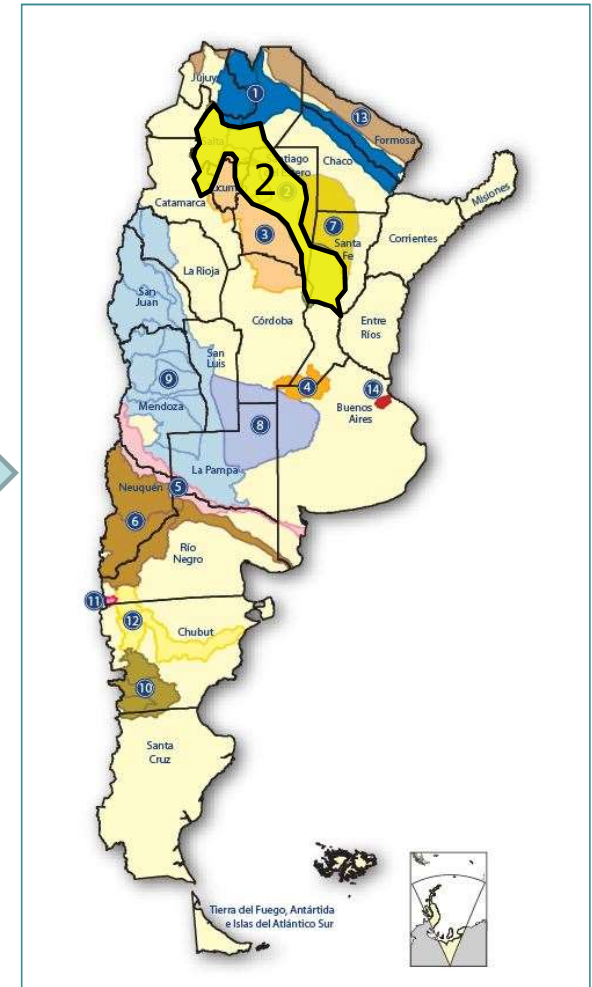
2º TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES



UBICACIÓN DE PRESAS



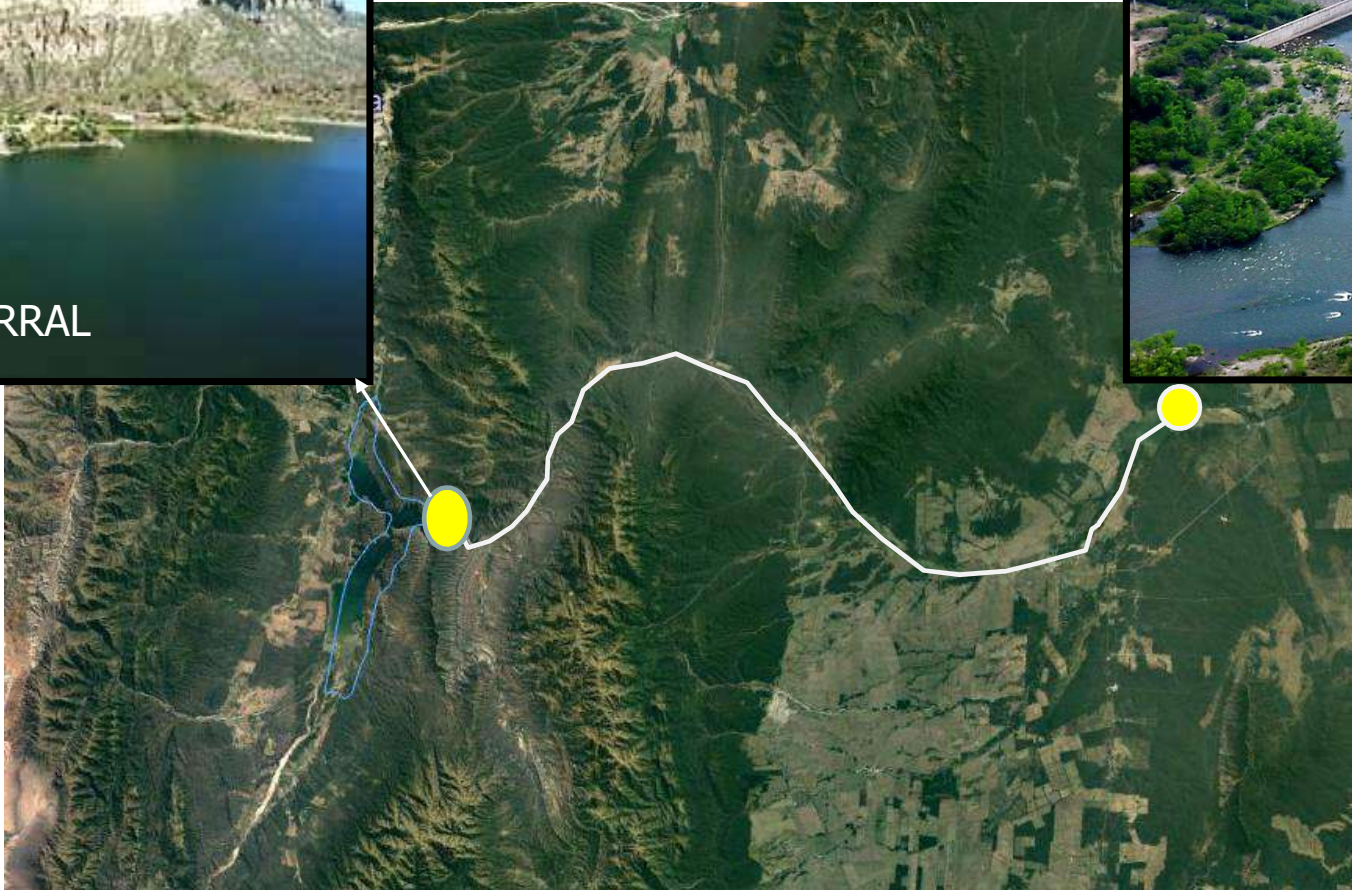
CUENCAS HIDROGRÁFICAS



COMITÉS DE CUENCAS



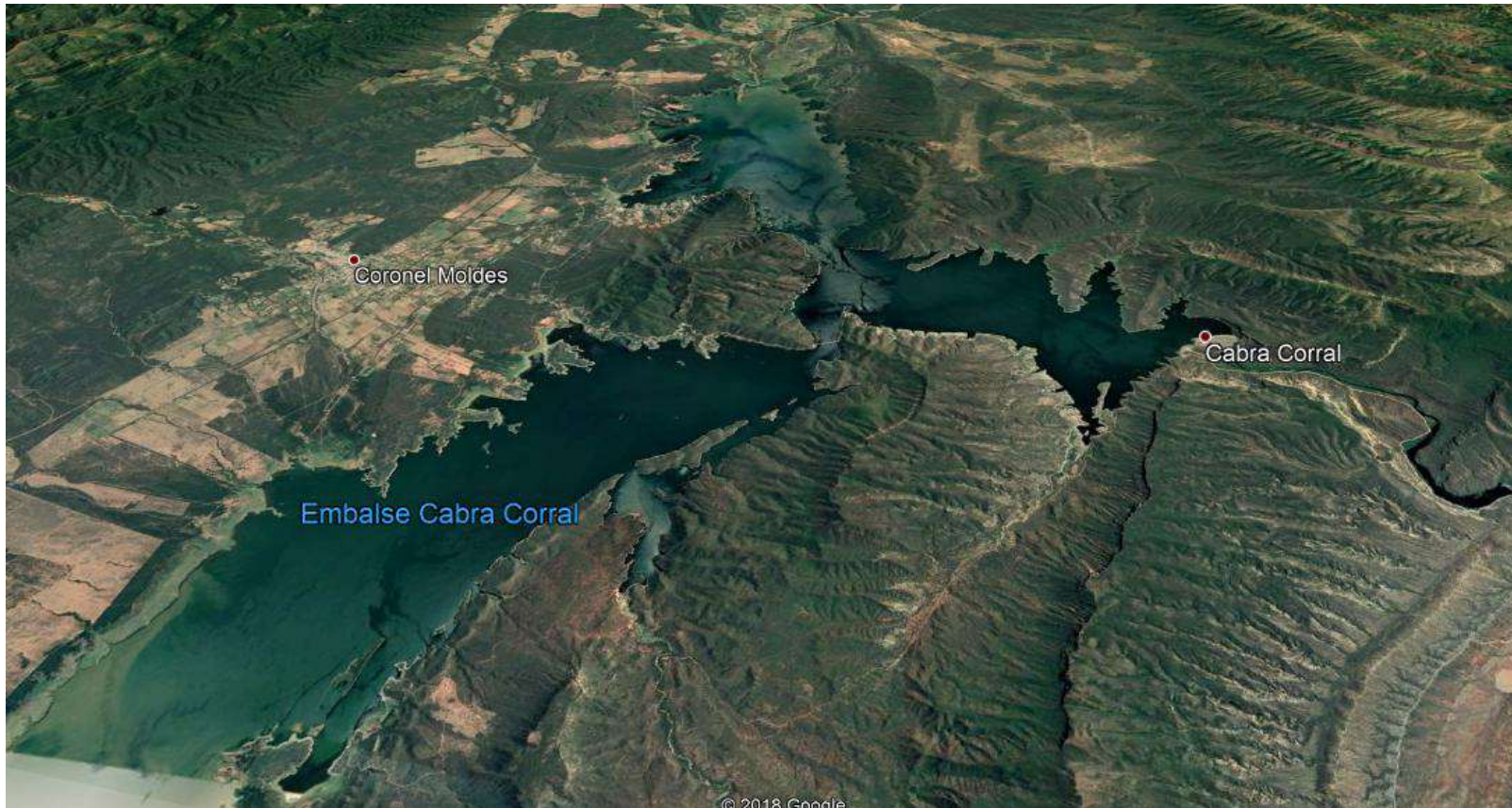
2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.2- Actualización Hidrológica e Hidráulica de Cabra Corral





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.2- Actualización Hidrológica e Hidráulica de Cabra Corral

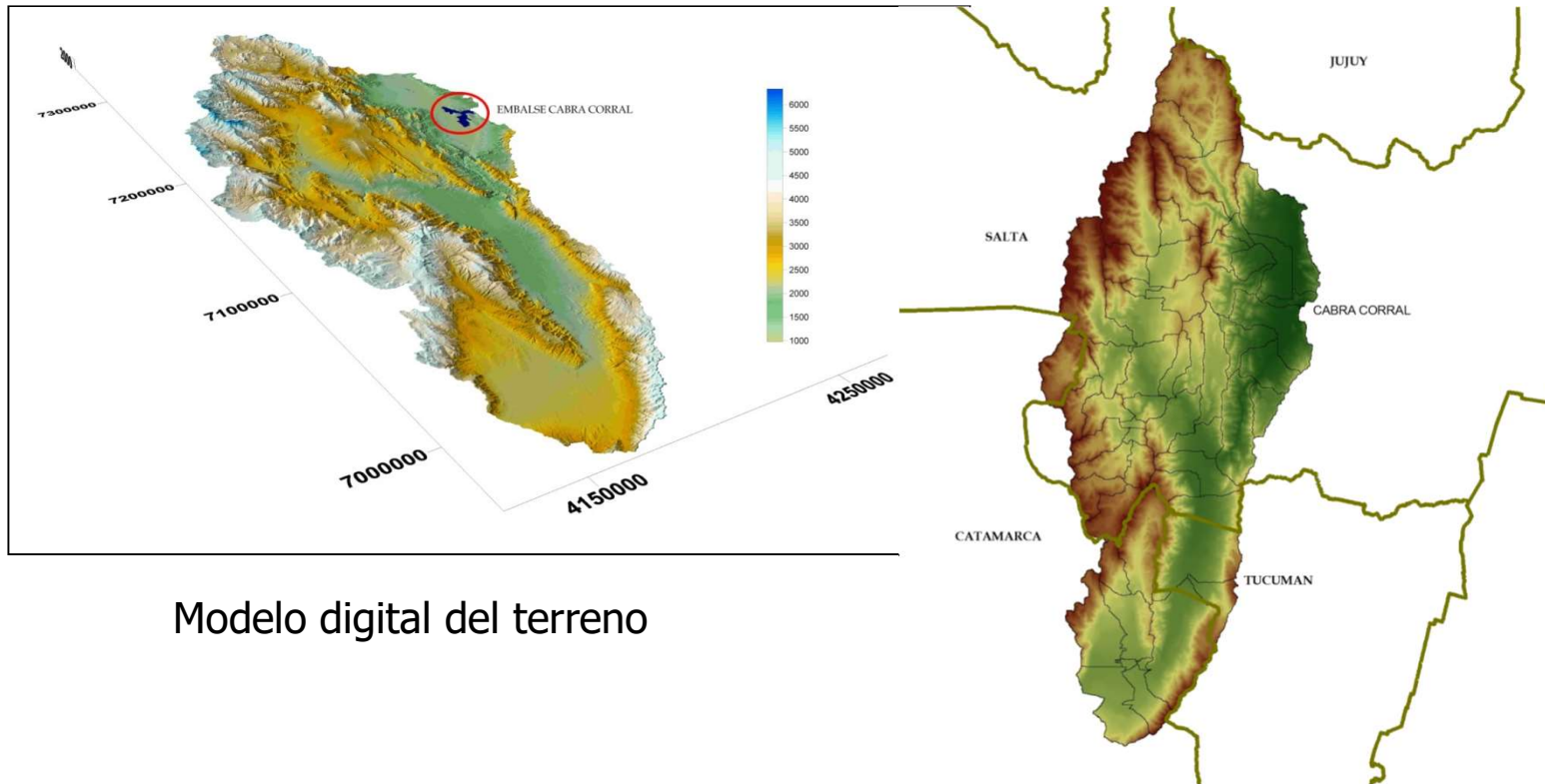
Aplicación de métodos hidrometeorológicos – Caso Cabra Corral





4.2- Actualización Hidrológica e Hidráulica de Cabra Corral

Aplicación de métodos hidrometeorológicos – Caso Cabra Corral

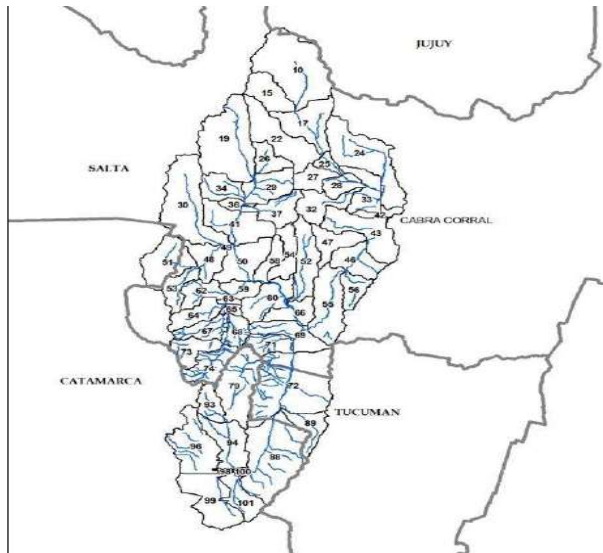


Modelo digital del terreno

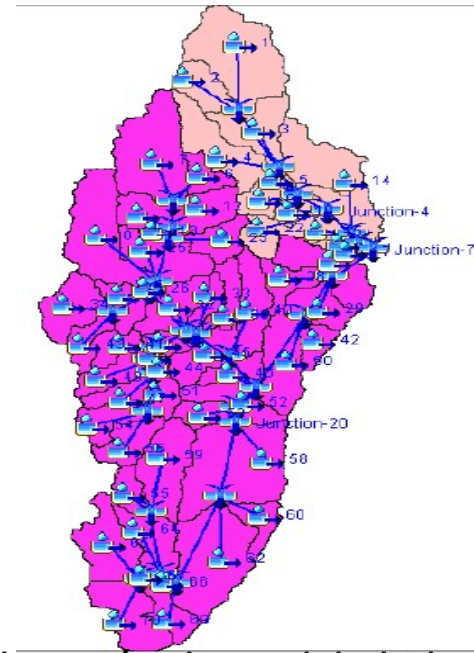


4.2- Actualización Hidrológica e Hidráulica de Cabra Corral

Aplicación de métodos hidrometeorológicos – Caso Cabra Corral



División de Subcuencas de aporte

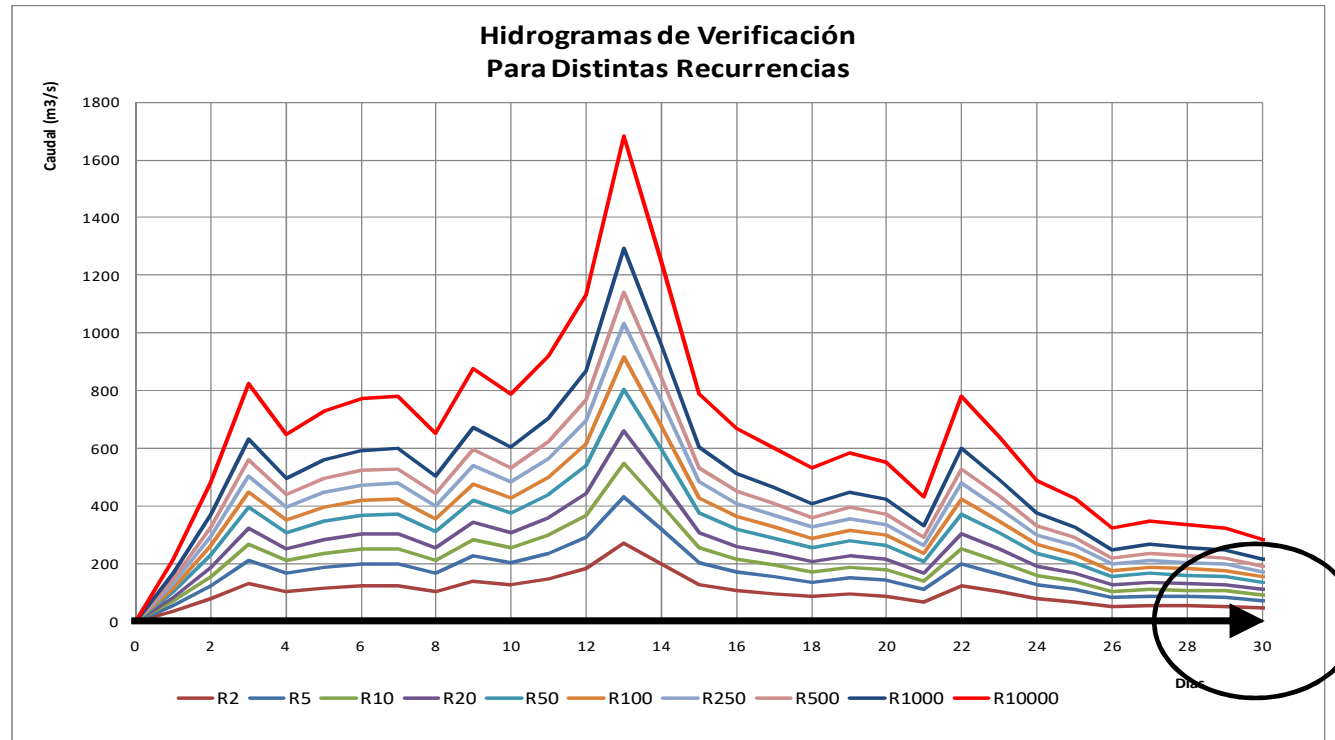


Elaboración de modelo hidrológico



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
 ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.2- Actualización Hidrológica e Hidráulica de Cabra Corral



R(años)	2	5	10	20	50	100	250	500	1000	10000
Qmáx	270.4	433.4	547	658.3	804.7	916	1033.2	1142.9	1293.1	1684
V(hm ³)=	284.27	455.63	575.06	692.07	845.98	962.99	1086.21	1201.53	1359.44	1770.40



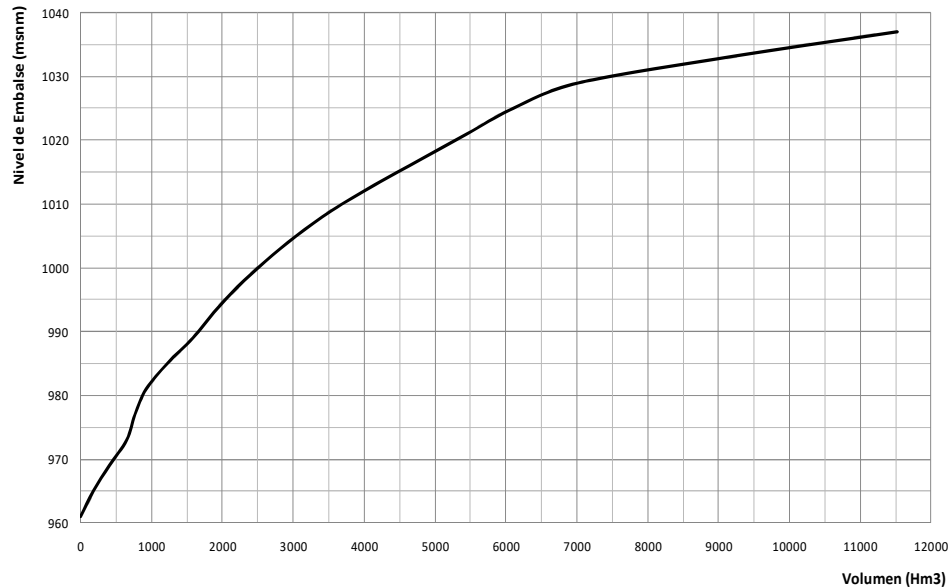
2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.2- Actualización Hidrológica e Hidráulica de Cabra Corral

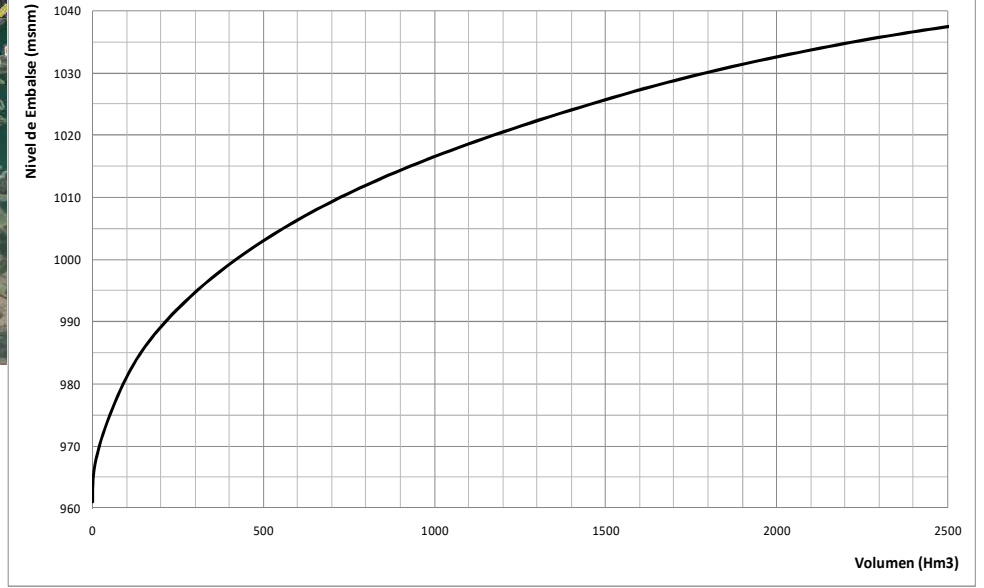


Condiciones de borde Topográficas
Embalse Cabra Corral

Curva Nivel de Embalse vs Area (ha)
Cabra Corral (año 2010)



Curva Nivel de Embalse vs Volumen
Cabra Corral (año 2010)

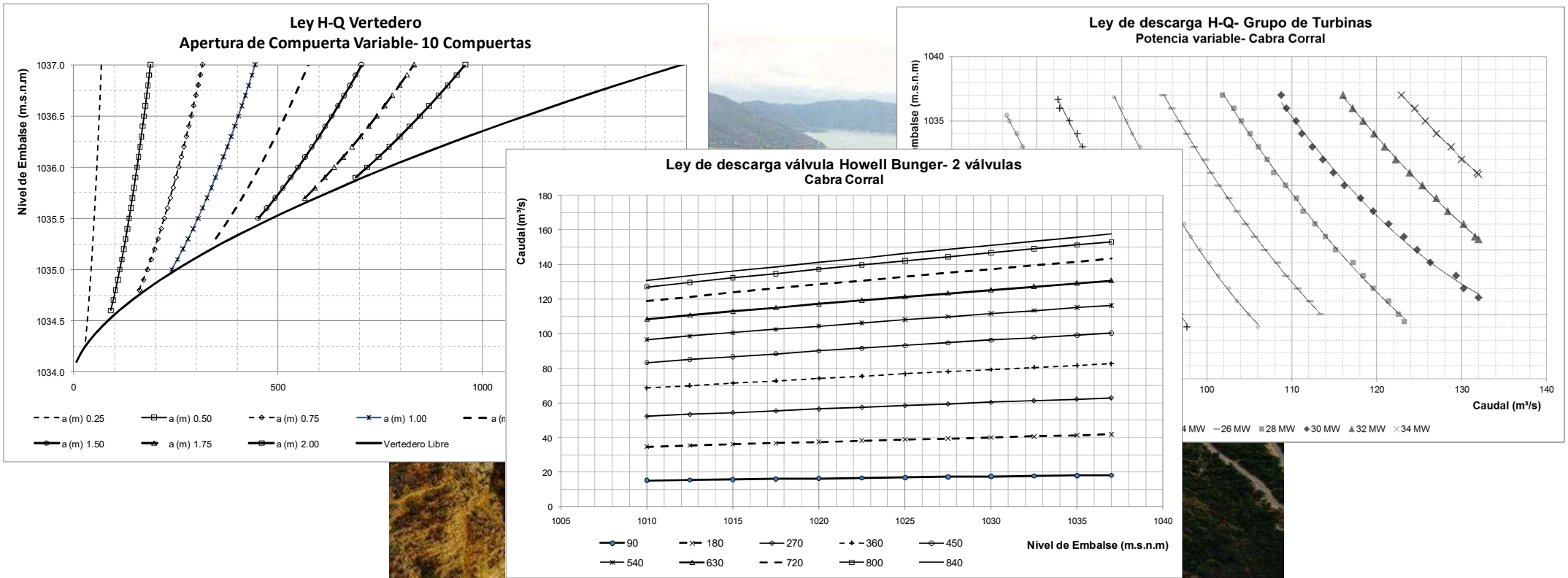




2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS

ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

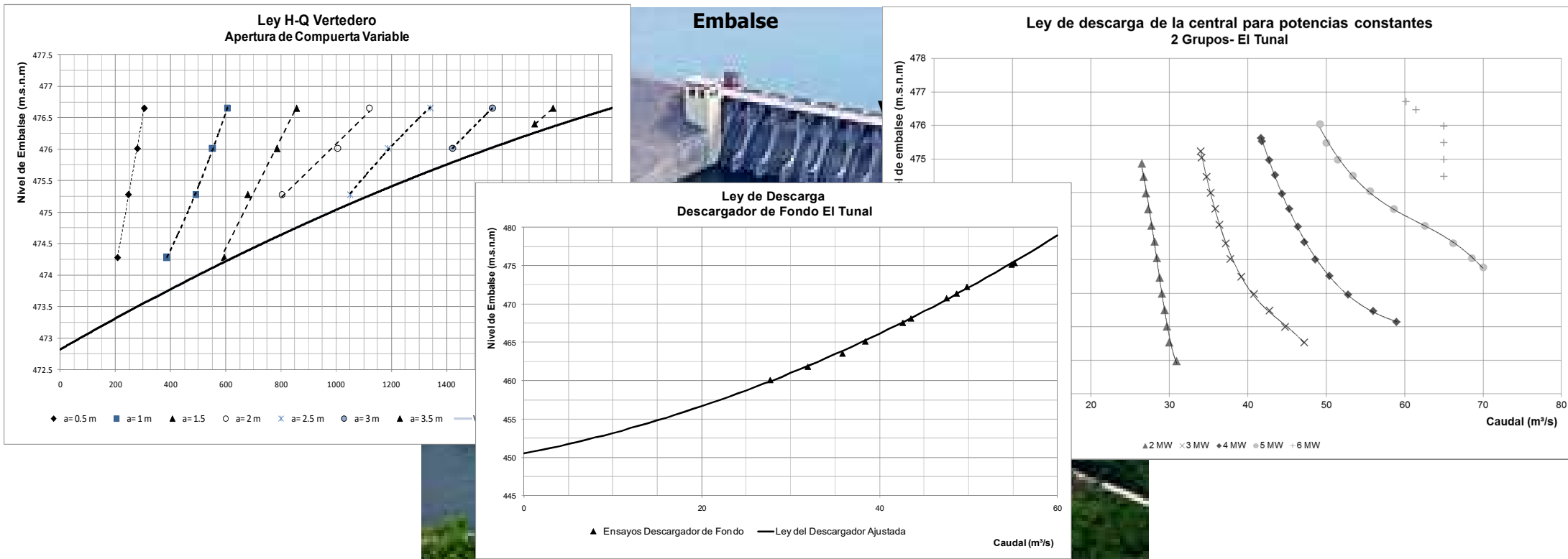
4.2- Actualización Hidrológica e Hidráulica de Cabra Corral





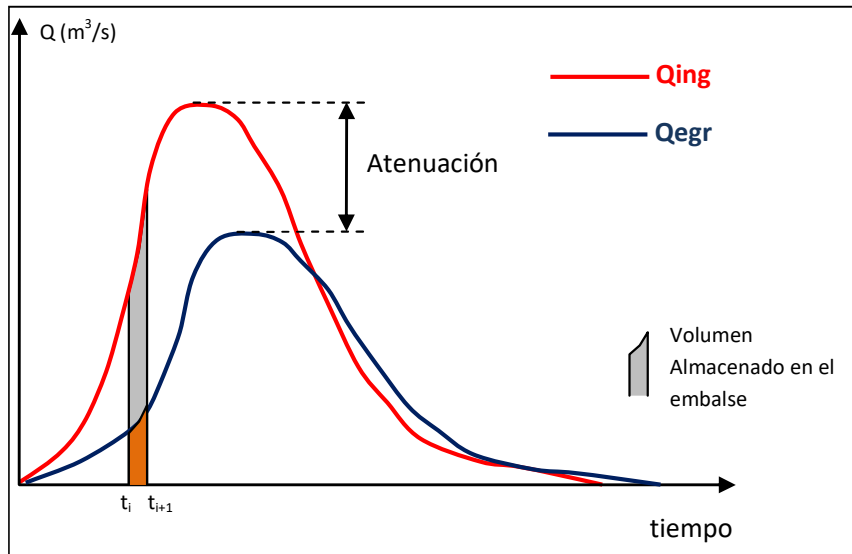
2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

4.2- Actualización Hidrológica e Hidráulica de Cabra Corral





4.2- Actualización Hidrológica e Hidráulica de Cabra Corral



$$\frac{Q_{ing_i} + Q_{ing_{i+1}}}{2} * (t_i - t_{i+1}) - \frac{Q_{egr_i} + Q_{egr_{i+1}}}{2} * (t_i - t_{i-1}) = V_i - V_{i+1}$$

$Q_{ing_i}; Q_{ing_{i+1}}$ = caudal.de.ingreso.en.el.instánte.i.e.i + 1

$Q_{egr_i}; Q_{egr_{i+1}}$ = caudal.de.egreso.en.el.instánte.i.e.i + 1

$Q_{egr_i}; Q_{egr_{i+1}}$ = caudal.de.egreso.en.el.instánte..i.e.i + 1

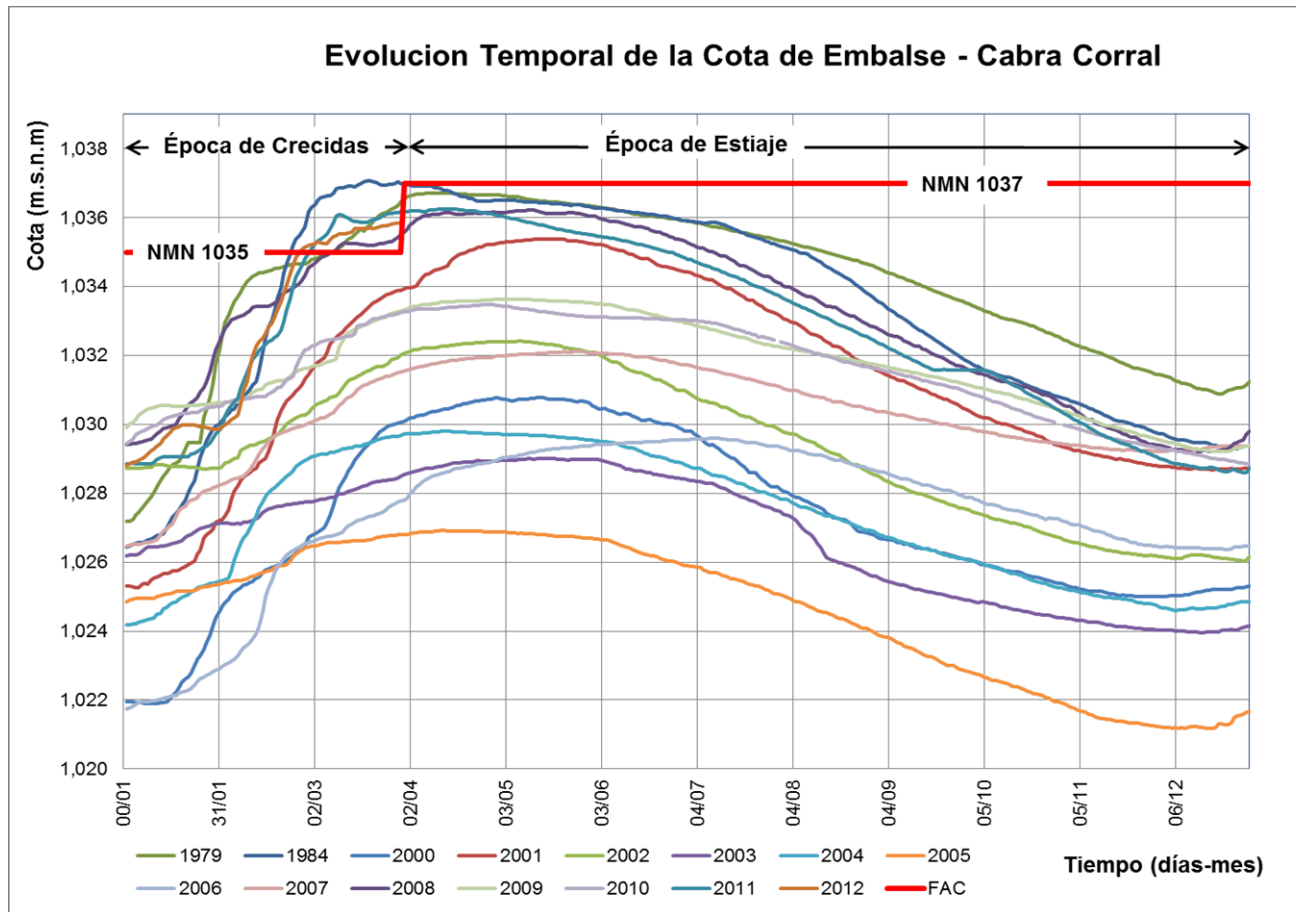
resulta.función.de.la.leyes.de.erogación.decada.órgano.de.
 control.y..función.del.Nivel.de.Embalse.(NE)

$V_i; V_{i+1}$ = volumen.almacenado.en.el.instánte.i.e.i + 1

ambos..volúmenes..son..función..del..Nivel..de..Embalse..(NE)

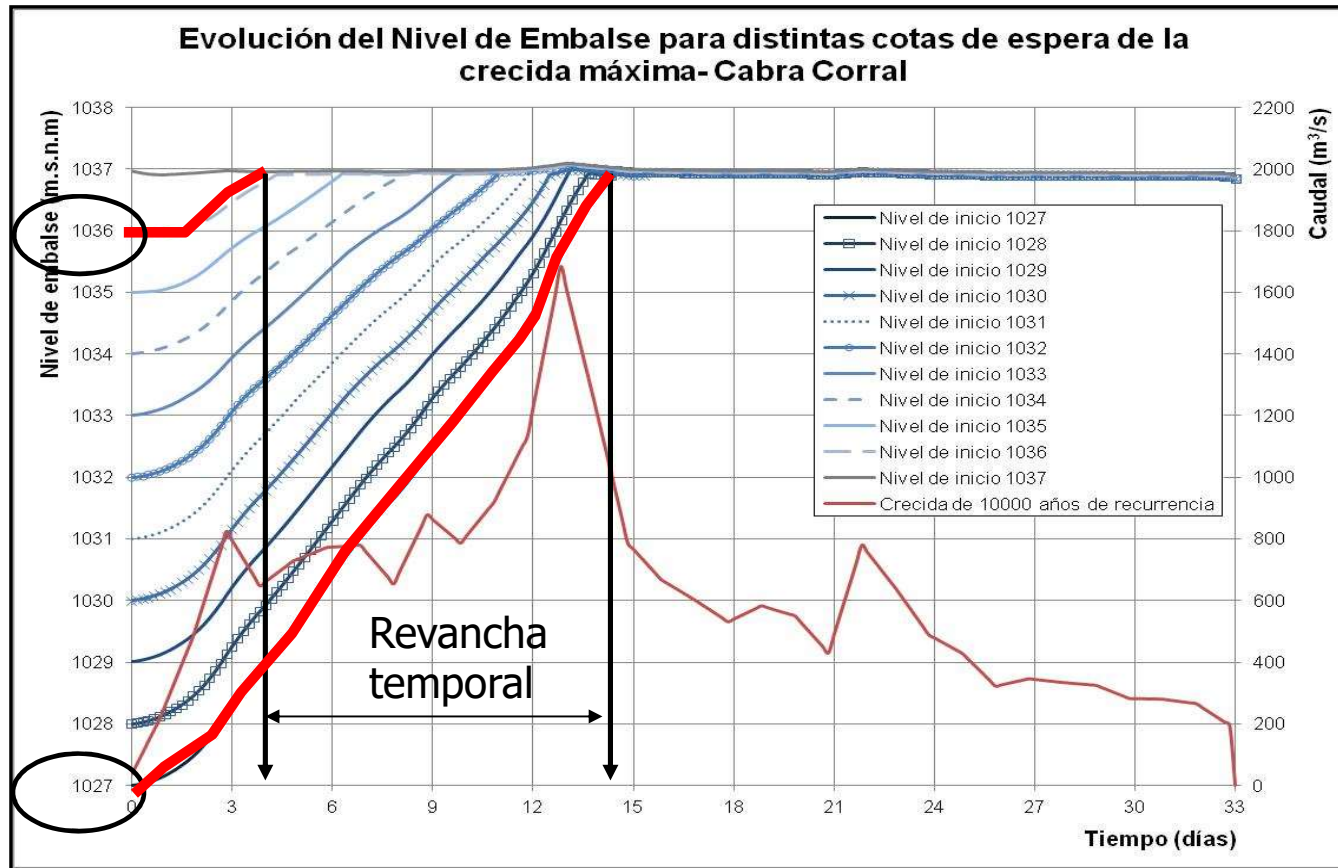


4.2- Actualización Hidrológica e Hidráulica de Cabra Corral





4.2- Actualización Hidrológica e Hidráulica de Cabra Corral





2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

CONTENIDO

- 1.-SITUACIÓN ACTUAL DE LAS PRESAS DE EMBALSE EN LA ARGENTINA
- 2.- CAMBIOS REGISTRADOS EN LOS ÚLTIMOS 50 AÑOS.
- 3.- REVISIÓN DE CRITERIOS DE MANEJO DE EMBALSE
4. ESTUDIOS DE CASO
 - 4.1- CUENCA DE LOS RÍOS LIMAY Y NEUQUÉN
 - 4.2.- PRESAS DE CABRA CORRAL Y EL TUNAL

5. CONCLUSIONES



2° TALLER HISPANO – ARGENTINO DE SEGURIDAD DE PRESAS
ACTUALIZACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA – MANEJO DE EMBALSES

Muchas Gracias