

Generación hidroeléctrica en pequeña escala

Proyecto ANII: PR_FSE_2010_08



Objetivos

- Seleccionar y estudiar sitios que presenten mejores condiciones para aprovechamiento hidroeléctrico (**entre 1 MW y 50 MW**).
- Detectar posibilidades de desarrollos nacionales.
- Generar un grupo de trabajo multidisciplinario.

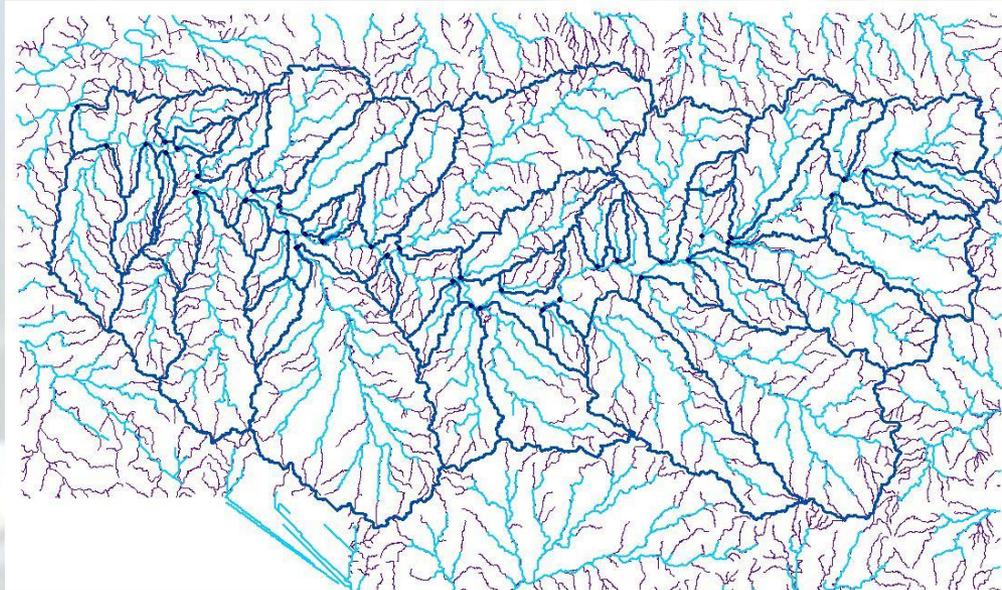
Etapa 1

- Relevamiento exhaustivo de cursos de agua en carta 1:500.000
- Resultado: 462 cursos
- 1ª estimación: **199 sitios con $P > 600$ kW**



Etapa 2

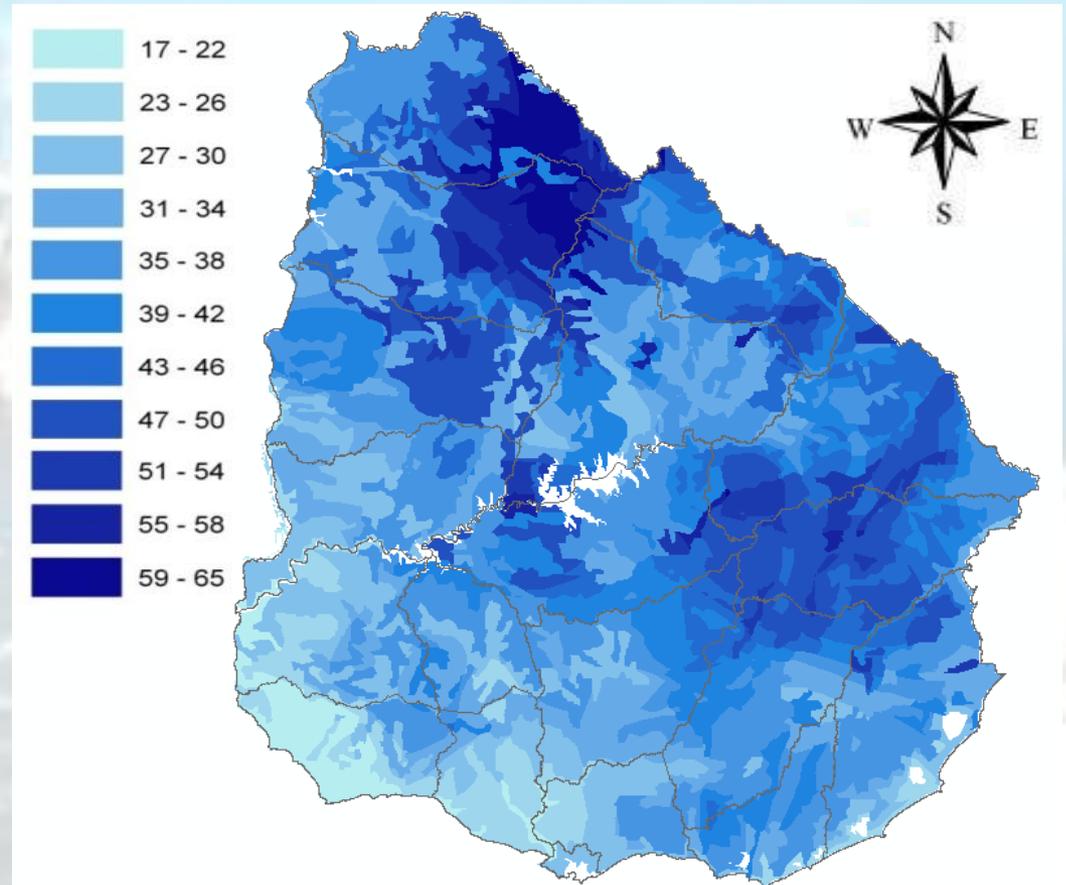
- Herramientas: modelo digital del terreno (del SGM) y software ArcGis (sistemas de información geográfica).
- Google Earth.
- Relevamiento por cuencas usando ArcGIS, con cartas 1:50.000.



Etapa 2

Escurrimiento medio
(mm/mes)

Fuente: DINAGUA

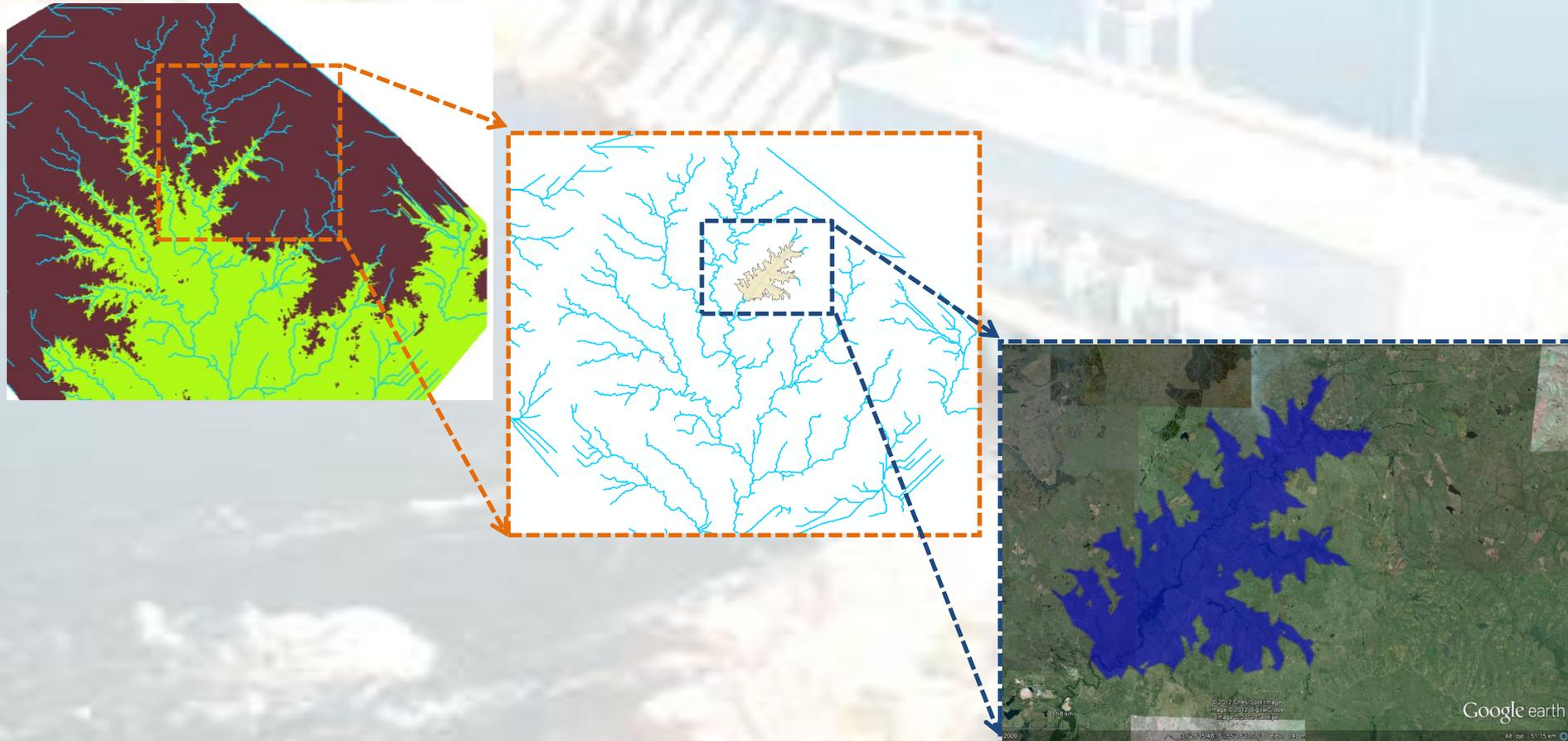


$$Q_{turb} = \text{Área cuenca} * \text{Esc. Medio}$$

$$\text{Potencia} = 9,81 * Q * H * \text{Rend}$$

Etapa 2

- 160 sitios prometedores (más de 600 kW)
- 129 de ellos: más de 1 MW



Etapa 3

Criterios de eliminación:

- Inundación de centros poblados
- Corte de rutas
- Inundación de zonas incluidas en el SNAP



70 sitios donde hay mejores condiciones y menos impactos negativos, y permitiría más de 1 MW

Potencia total en ellos y energía anual (factor de capacidad en función del tiempo de residencia)

Etapa 3

70 sitios

SITIOS DE POSIBLES APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS

Nombre del cierre	Departamento	latitud			longitud			Á_lago (Km ²)	L_presa (m)	Salto (m)	Volumen presa (miles de m ³)	Á_cuenca (km ²)	Q (m ³ /s)	Volumen Embalse (hm ³)	P (kW)	indice CONEAT medio	Energía generable anual (MWh)
		grad	min	seg	grad	min	seg										
Yi2_85m	Durazno	33	25	33	56	23	17	94	1280	16	583	7379	102	548	12,864	77	71,023
arapey_110m	Salto	31	10	58	56	43	17	18	729	24	525	2700	57	76	10,787	141	59,555
arerunguá_110m	Salto	31	21	55	56	58	56	84	2144	34	2,578	1780	37	675	9,890	103	65,504
arerunguá_90m	Salto	31	19	43	57	4	15	49	1049	24	148	2391	50	261	9,378	127	55,836
arapey_120m	Salto	31	10	46	56	41	59	40	1082	20	277	2766	59	269	9,209	146	50,843
tacuari_70m	Cerro Largo	32	37	7	54	0	28	49	1409	26	1,886	2467	38	601	7,645	72	50,028
arapey_80m	Salto	31	12	2	57	1	6	31	1416	14	86	3435	69	58	7,569	136	41,351
olimar_60m	Tr y Tres	33	13	31	54	39	57	87	375	21	298	2013	37	355	6,140	79	38,429
queguay_ch_60m	Paysandú	32	6	15	57	24	1	54	1514	24	1,047	1390	27	181	5,050	133	30,680
														sumas:	231,455	1,431,160	

Potencia total instalable: 231 MW

Energía Anual Generable: 1:430.000 MWh

Etapa 3

70 sitios



Etapa 3

Distribución por departamentos

SITIOS DE POSIBLES APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS

Departamento	N°de sitios	Á_lago (Km ²)	Volumen Embalse (hm ³)	P (MW)	Energía generable anual (MWh)
Artigas	5	133	978	12,8	77.181
Cerro Largo	4	114	1125	10,9	71.682
Durazno	5	281	1257	19,8	111.782
Flores/Soriano	2	64	261	5,9	35.535
Florida	3	72	304	4,6	28.355
Lavalleja/Maldonado	3	162	727	6,2	39.641
Maldonado	2	39	557	2,7	18.994
Paysandú	13	538	5148	44,1	288.441
Río Negro	2	85	276	3,0	18.742
Rivera	2	109	617	7,9	51.295
Salto	14	488	2832	72,9	434.682
San José/Flores	3	95	401	7,6	46.760
Soriano	4	119	569	9,0	56.303
Tacuarembó	1	209	1314	3,1	22.327
Tr y Tres	7	246	1043	21,2	129.438
sumas:				231,5	1.431.160

Etapa 4

Criterios de selección de sitios a estudiar con mayor detalle:

- Potencia instalable
- Energía anual generable
- Relación Potencia vs. Área inundada
- Relación Potencia vs. Dimensión obra civil
- Distancia a la red de distribución en MT
- Índice CONEAT de padrones inundados

Etapa 4

Selección de sitios a estudiar en detalle

Ponderación con distintos criterios (coeficientes de ponderación):

- Disponibilidad de potencia instalada y generación energética.
- Fuerte atención al impacto.
- Emprendimiento económica y financieramente rentable.

Etapa 4

Factores de ponderación

Coeficientes de ponderación			
Criterio	Énfasis potencia y energía	Énfasis impacto	Énfasis rentabilidad
Potencia instalada	10	3	4
Energía anual	10	4	10
Potencia / área de lago	5	9	7
Potencia / (CONEAT x área lago)	8	10	9
Potencia / volumen presa	2	3	4
Potencia / km línea	1	1	3
Período de repago de equipos	4	2	10

Etapa 4

Criterio de ponderación

Potencia y energía

arapey_110m
Yi2_85m
arerunguá_110m
arerunguá_90m
arapey_120m
tacuari_70m
arapey_80m
arapey_130m
olimar_60m
olimar_50m
yerbal_90m

.....

Impacto

arapey_110m
Yi2_85m
olimar_50m
arapey_130m
arapey_80m
arapey_120m
yerbal_90m
tacuari_70m
arerunguá_90m
arerunguá_110m
mataojogde_120m

.....

Rentabilidad

arapey_110m
Yi2_85m
arerunguá_110m
tacuari_70m
arerunguá_90m
arapey_120m
arapey_80m
olimar_50m
Yerbal_90m
Arapey_130m
olimar_60m

.....

Etapa 4

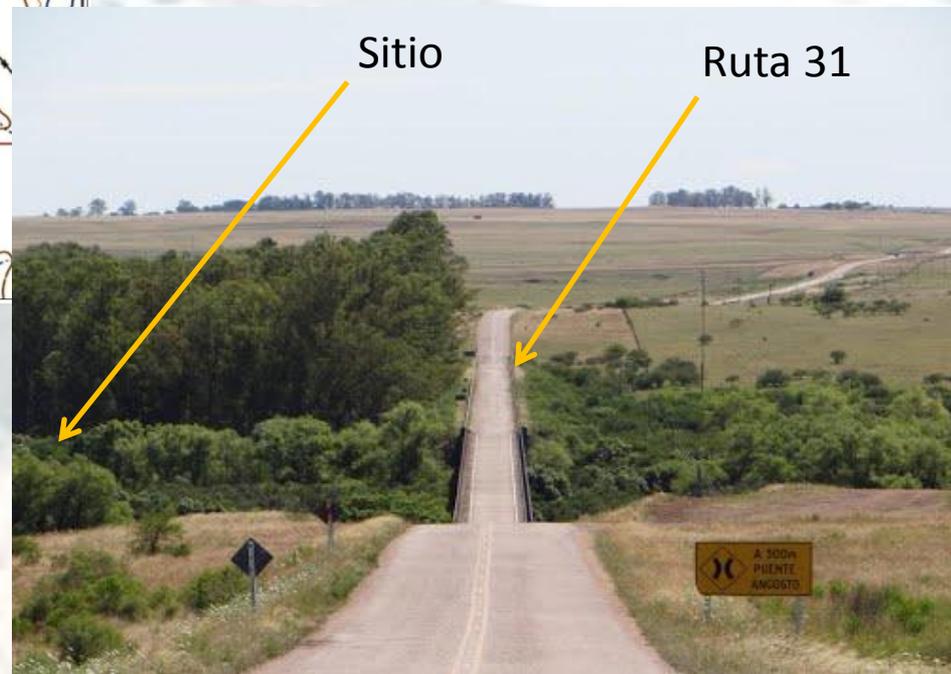
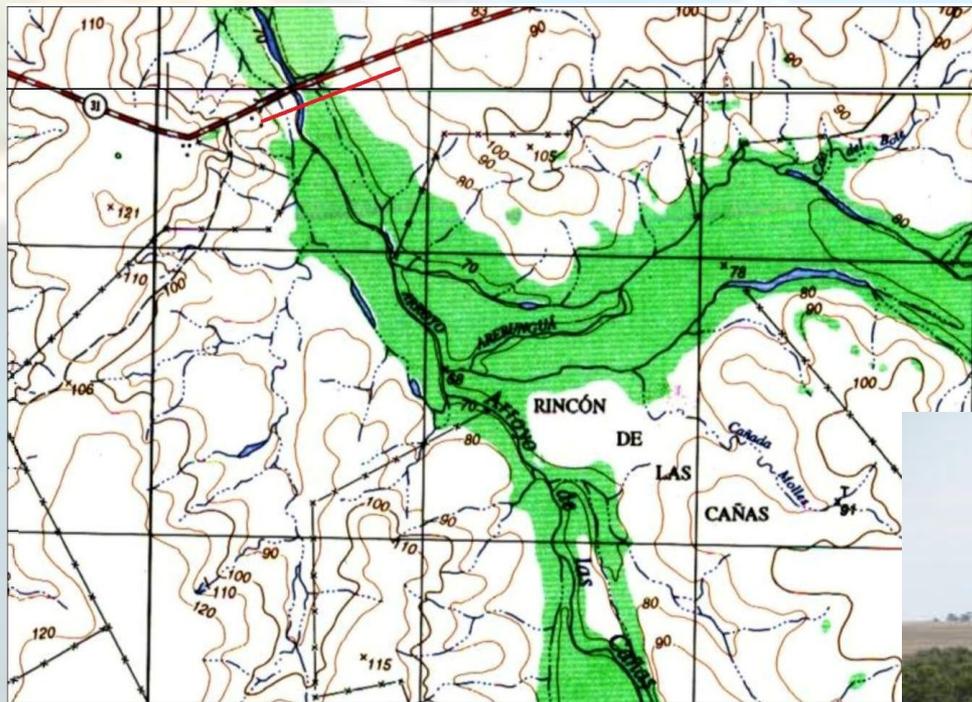
- Selección de 15 sitios más prometedores, de acuerdo a cada criterio.
- Selección de los 5 mejores según los tres criterios:
 - Arapey 80m
 - Arapey 130 m
 - Yermal 90m
 - Arerunguá 90m
 - Yí 85 m

En ellos, **estudio a nivel de anteproyecto:**

- Cálculo más preciso de caudales y potencia.
- Caudal reservado.
- Diseño preliminar de presa .
- Selección de turbina(s).
- Evaluación de impactos sociales – económicos – ambientales.
- Internalización de costos sociales y ambientales.

Resumen de uno de los anteproyectos

Arerunguá 90



Resumen de uno de los anteproyectos Arerunguá 90

Datos generales

Salto neto : 21,1 m

Área de cuenca: 2391 km²

Caudal medio: 50 m³/s

Avenida de proyecto para

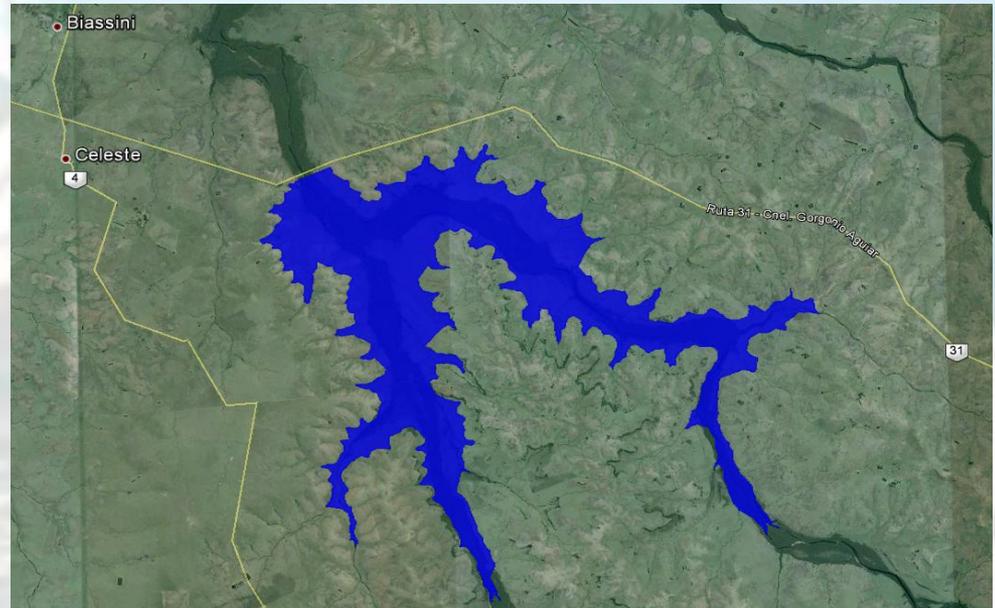
Tr = 500 años: 7056 m³/s

Caudal reservado: 0,96 m³/s

Factor de capacidad: 0,68

Potencia: 8,8 MW (3 x 2865 + 193)

Energía media anual: 52350 MWh



Resumen de uno de los anteproyectos Arerunguá 90

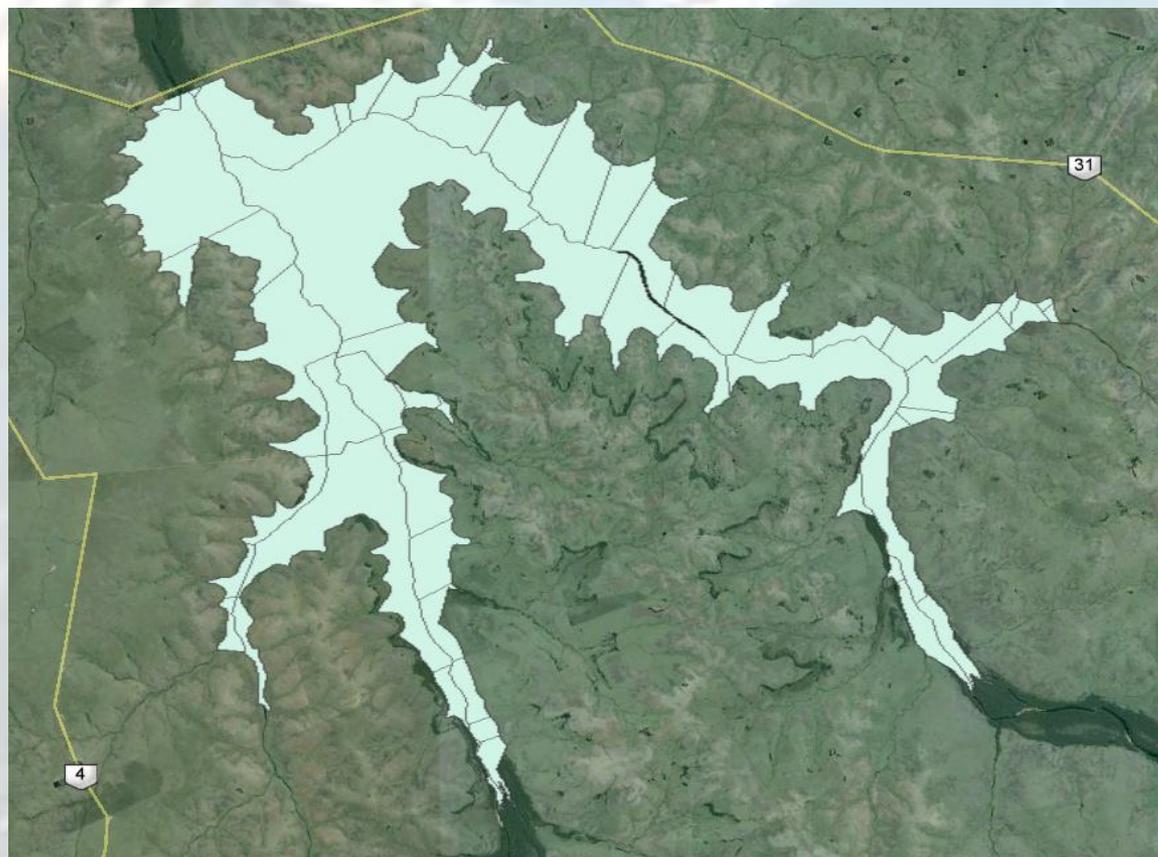
Padrones afectados

(a la cota de vertido)

Total: 55

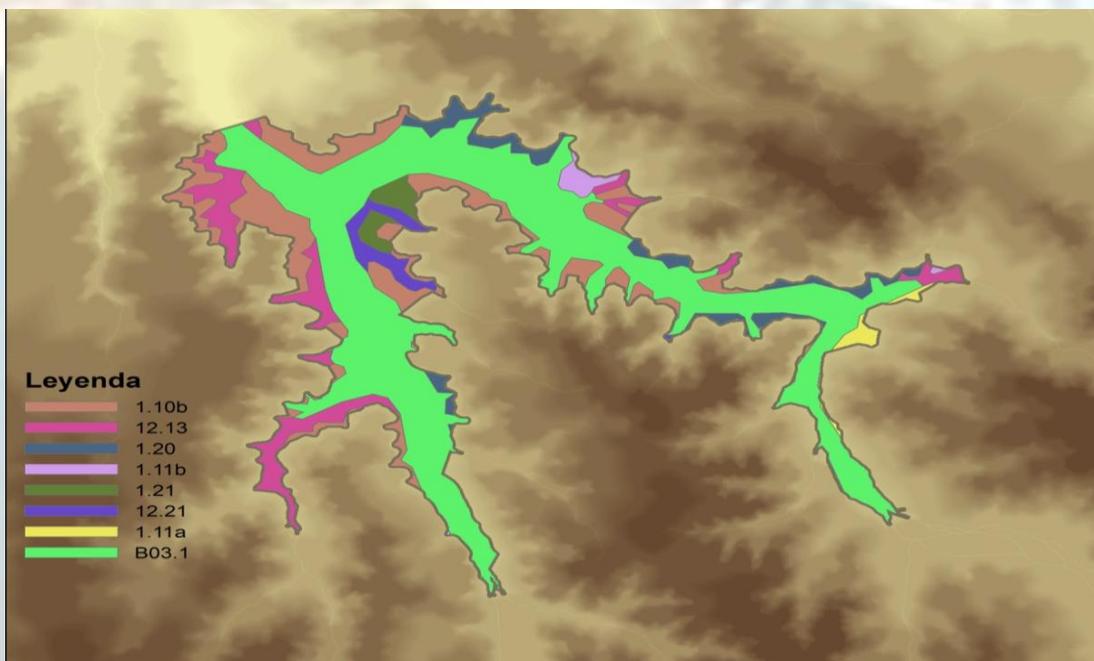
2 en más del 90%

11 en más del 50%

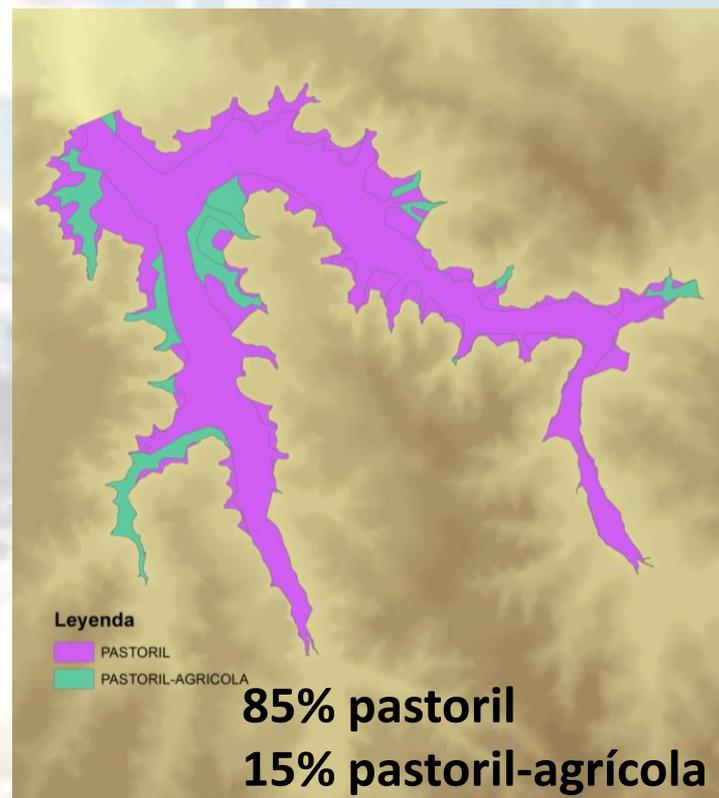


Resumen de uno de los anteproyectos Arerunguá 90

Índice CONEAT y usos actuales de áreas inundadas



Índice medio: 127



Resumen de uno de los anteproyectos Arerunguá 90

Presa

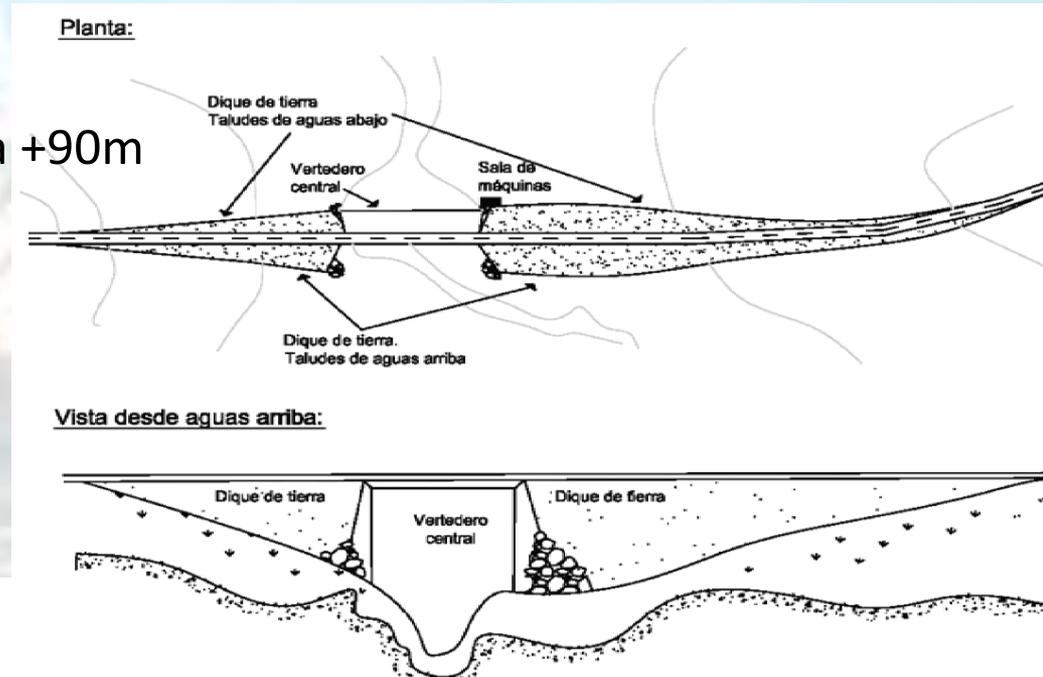
Vertedero de hormigón, 70 m, a cota +90m

Aliviadero 180 m

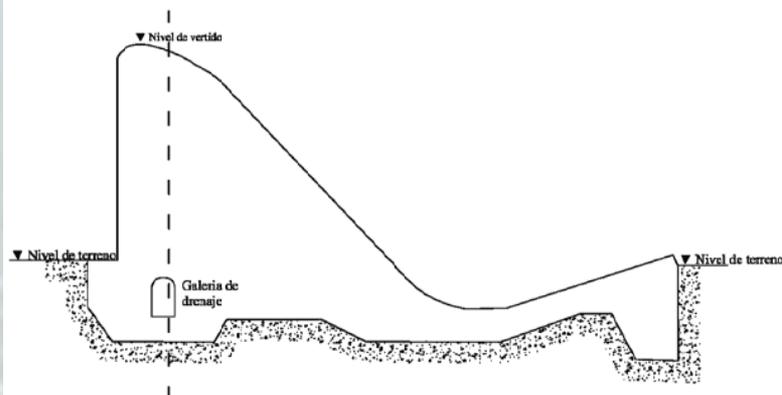
Altura: 38 m sobre la fundación

Movimiento de tierra: 2:800.000 m³

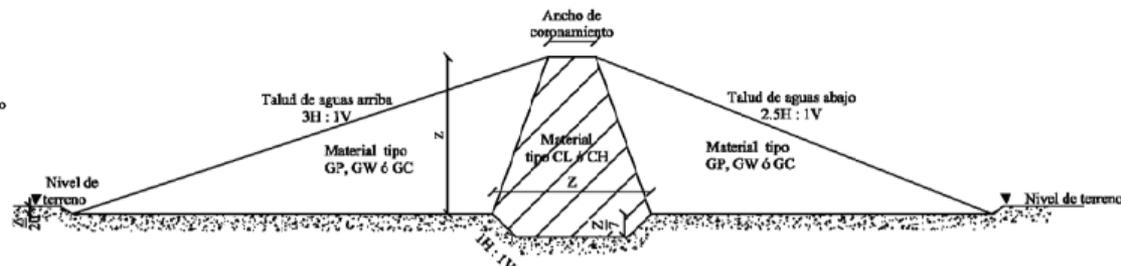
Volumen hormigón: 35.000 m³



Corte transversal del vertedero central:



Corte transversal del terrapien de la presa:



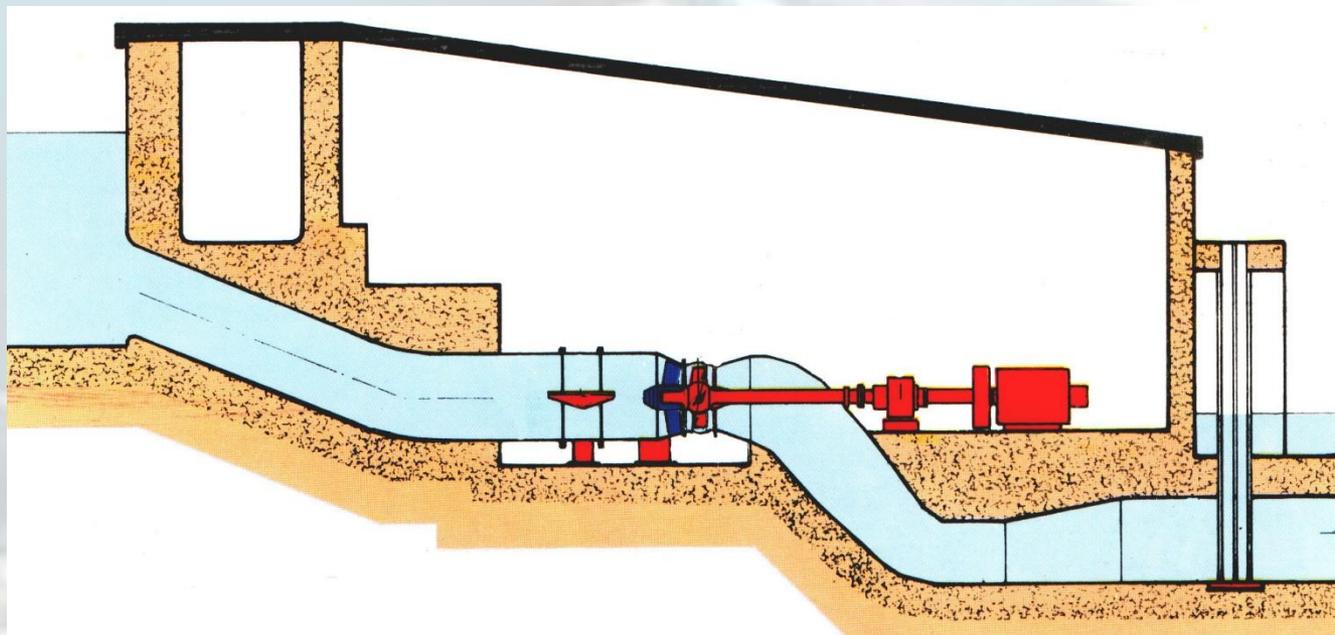
Resumen de uno de los anteproyectos

Arerunguá 90

Turbinas propuestas

Axiales, eje horizontal (generador horizontal o vertical)

Diámetros: 3 x 1,90 m, 1 x 0.40 m



Resumen de uno de los anteproyectos

Arerunguá 90

Estimación de costos

Obra civil (incl. caminería, accesos, etc.): U\$S 31:500.000

Equipos electromecánicos: U\$S 13:300.000

Proyecto, estudios de impacto, fondo de reserva: U\$S
2:100.000

Total: U\$S 47:000.000
(U\$S 5330 / kW)

(A U\$S 90/MWh, 20 años: TIR \approx 4,9%)

Incluye expropiaciones o servidumbres

No incluye: exoneraciones impositivas

Aportes

- Relevamiento exhaustivo de cursos que permiten 1 MW ó más.
- Listado de aspectos descalificadores.
- Selección de 70 lugares posibles.
- Elaboración de criterios de selección de sitios.
- Tipología general de represas (categorización, tipo según avenida de proyecto, posibilidades de sangrador).

Aportes

- Énfasis en los impactos; necesidad de cuantificar externalidades.
- Insistencia en el caudal reservado: una turbina sólo para éste, habitualmente 100% del tiempo.
- Anteproyectos (prefactibilidad) tipo para situaciones distintas.

Muchas gracias



Ing. Daniel Schenzer
Ing. Rodolfo Pienika
Ing. Laura Rovira



Dr. Ing. Christian Chreties
Dr. Ing. Luis Teixeira