



A N E X O I

COMPLEJO HIDROELECTRICO
SU DESCRIPCION



DESCRIPCION DE LAS OBRAS

1. Generalidades

El emplazamiento del Aprovechamiento Hidroeléctrico de Piedra del Aguila se encuentra ubicado sobre el río Limay, aproximadamente a 25 km de la población homónima y a unos 250 km de las ciudades de Neuquén y San Carlos de Bariloche. (Fig.1)

El río Limay que nace en el lago Nahuel Huapi, límite natural entre las provincias del Neuquén y Río Negro, constituye el drenaje de una amplia zona que se extiende desde la Cordillera de los Andes pasando por una región lacustre con exuberante vegetación, hasta el desierto Patagónico, lugar donde está ubicada la obra. (Fig.2)

El aprovechamiento tiene como funciones la producción de energía eléctrica, para lo cual estará integrado al Sistema Interconectado Nacional a través de la red de 500 kv, como así también la regulación del río Limay, mediante la disponibilidad de un volumen de 2.000 Hm³, para contribuir a la atenuación de las crecidas de invierno.

2. Obras civiles

Las obras del Aprovechamiento PIEDRA DEL AGUILA (Fig.4) incluyen una presa de hormigón de gravedad de 170 m de altura máxima sobre la fundación y una Casa de máquinas con 4 grupos turbogeneradores de 350 MW cada uno, provisiones para permitir la instalación futura de dos grupos adicionales de igual capacidad, las obras de Toma y Conducción, un aliviadero con capacidad para evacuar 10.000 m³/s, las obras para el desvío del río, descargador de fondo y facilidades para la construcción (caminos de acceso, un puente sobre el Río Limay, Villa Temporal y la provisión de energía eléctrica).

Las disposición general de las obras está condicionada por el alineamiento del eje de la presa y el esquema adoptado de desvío del río, determinados a través de una estrecha interrelación entre las obras componentes en cuanto a su emplazamiento : optimización.

El cierre frontal del río se logra con una presa de hormigón de gravedad cuya cota de coronamiento a cota



595,30 m.s.n.m. alcanza un máximo de 170 m sobre la fundación. El talud de aguas arriba es vertical. El de aguas abajo tiene una pendiente 0,75 H:1.V.

La estructura de hormigón de la presa se funda en la roca sana que es impermeabilizada con una cortina de inyecciones. Las subpresiones bajo los bloques de la presa se reducen con una cortina de drenajes. Existe en la margen izquierda, un antiguo cauce del río (Paleocauce) relleno con un material aluvional cuya permeabilidad ha sido necesario reducir, a los efectos de lograr el control del flujo de agua en su interior para evitar la reactivación de un importante fenómeno de erosión retrogradante en el estribo izquierdo de la Presa.

Para lograr tal objetivo, el Proyecto contempló la ejecución de una Barrera de Impermeabilización y atrás de ella un adecuado Sistema de Drenaje, ambos ilustrados en la Fig. N°3.

La barrera se materializó mediante la construcción de un Muro Diafragma y una Cortina de Inyecciones que cubren completamente la sección transversal del Paleocauce. El Muro Diafragma, que conecta la estructura rígida de la Presa con la flexible de la Cortina de Inyecciones, se construyó colando hormigón en una serie de galerías horizontales superpuestas de 2,5 m de ancho. La Cortina de Inyecciones se construyó mediante la inyección de lechadas cementicias y químicas en el terreno a través de perforaciones verticales iniciadas desde galerías excavadas al efecto.

El Sistema de Drenaje está integrado por los siguientes elementos.

- Una cortina de drenaje materializada por perforaciones verticales iniciadas desde galerías y que también cubre completamente otra sección transversal del Paleocauce ubicada a una distancia de 200 m aguas abajo de la anterior.
- Una serie de abanicos subhorizontales de drenaje conformados por perforaciones iniciadas desde pozos excavados en el nivel superior de este relleno aluvional y a una distancia de 30 m aguas abajo de la Cortina de Drenaje.



- Una trinchera drenante excavada en el sector posterior del Paleocauce (denominado Anfiteatro).

- Una batería de pozos perforados desde la citada trinchera y equipados con bombas para aliviar las presiones piezométricas que generadas por la presencia del embalse, pudieran reactivar la erosión citada.

El Aliviadero, de diseño convencional, está ubicado en la margen izquierda y el vertedero está controlado por cuatro compuertas radiales de 19 m de alto y 15 m de ancho.

La estructura de control se complementa en el coronamiento con un pórtico grúa que puede desplazarse a lo largo de la presa para servir también a las estructuras de toma. El canal de descarga se estrecha hacia aguas abajo de 60 a 52 m hasta terminar en un dissipador tipo salto de ski.

El descargador de Fondo ubicado en el cuerpo de la presa sobre margen derecha asegura un caudal mínimo hacia aguas abajo, usado durante la etapa de llenado del embalse, y constituye un dispositivo de seguridad.

Consta de tres conductos circulares independientes, de 4,5 m de diámetro cada uno con sendos juegos de compuertas en cámaras ubicadas en el extremo aguas abajo y guías para juegos de ataguías.

La Obra de Toma consiste para cada turbina, en una estructura de captación abocinada, controlada por compuerta plana, que se continúa mediante una transición en la tubería forzada de 9 m de diámetro que se desarrolla parcialmente empotrada hasta su conexión con la Cámara Espiral. (Fig. N° 5)

La central hidroeléctrica, exterior y cubierta, ubicada al pie de presa está equipada inicialmente con cuatro grupos de 350 MW habiéndose tomado las previsiones para la adición de dos grupos de iguales características a ubicar en el área del Canal de descarga de las obras de desvío.

La casa de máquina se compone de módulos de 26 m de ancho para alojar cada grupo y dos de 21 m para la playa de montaje. En un edificio anexo se ubican los sistemas de control y comando.

El canal de restitución tiene una sección rectangular de 100 m. de largo y 112 m de ancho.

Instrumentación de las Obras: El sistema cuenta con una variedad de instrumentos y un número de ellos tal que, estratégicamente dispuestos, permiten conocer los valores de temperatura de los hormigones, las deformaciones de las estructuras y sus fundaciones, las deformaciones de grandes excavaciones del Aliviadero y Desvío del río, las tensiones internas del hormigón, eficiencia de la pantalla de impermeabilización y drenaje tanto en la fundación de la Presa como en el Paleocauce, caudales de filtración y respuesta dinámica de la Presa frente a la acción de un eventual sismo.

Aproximadamente el 70% del instrumental es telecontrolado por medio de un sistema de telemedición y registro que concentra la información obtenida con una frecuencia predeterminada y que luego a través de un sistema de teletransmisión de datos, previsto para el telecontrol de la Central, la transmitirá a un centro de control.

El otro 30% del Instrumental es operado manualmente, en general en base a principios físicos simples, y tiene como fin, por otro lado, realizar un permanente chequeo del instrumental electrónico, y frente a una falla del sistema electrónico la distribución de los mismos permitirá realizar un control mínimo de los parámetros fundamentales mientras se soluciona el desperfecto del sistema de telemedición.

Este esquema permite reducir al mínimo posible la toma de lecturas manuales en la Obra, a fin de evitar en lo posible mediciones rutinarias, las que de realizarse van en perjuicio de la capacidad de observación del personal de inspección, siendo éste último punto de fundamental importancia para el control de la Obra.

Tanto en la presa como en el Paleocauce la instrumentación se concentró en 4 secciones principales respectivamente. La Fig. 6 muestra la distribución de secciones, las Fig. 7 y 8 muestran las secciones principales de la Presa y Paleocauce.



Asimismo resultó necesario ejecutar obras complementarias para la reubicación de rutas y puentes tanto sobre el río Collón Cura (afectación de 10 km rutas 40 y 237 y ejecución de puente de 300 m), como sobre el río Pichí Leufú (ejecución de puente de 120 m, y afectación de 25 km de ruta 40).

En la provincia de Río Negro se debió reubicar a la Colonia Paso Flores y al asentamiento indígena Pilquiniyeu del Limay.

3. Equipamiento electromecánico de la Central (Fig. N°5)

3.1. Equipamiento mecánico

Las turbinas serán del tipo Francis de eje vertical con cámara espiral de acero. La capacidad de generación de la Central de 1400 MW está dada por cuatro unidades de 350 MW cada una.

Para cubrir los desplazamientos interiores en la central se contará con dos puentes grúas provistos cada uno de un cabrestante móvil con dos ganchos de 540 Tn y 40 Tn.

En el tubo de aspiración para cubrir las necesidades de simultaneidad de trabajo en las cuatro unidades durante el proceso de montaje y cuando comience a funcionar la primera máquina se han previsto dos juegos de ataguías de acero y dos juegos de paneles de hormigón.

El pórtico grúa que acciona estas ataguías de cierre de los aspiradores es del tipo móvil montado sobre rieles, podrá atender los requerimientos de todas las unidades y tendrá una capacidad de elevación de 35 Tn.

3.2. Equipamiento eléctrico

Cada generador de 390 MVA operará en bloque con su correspondiente transformador elevador con interruptor de 500 KV.

La Energía Media anual generada será de 5.500 GWh.

El esquema de 500 KV consistirá en un sistema de doble barra, simple interruptor, blindado, con aislación de hexafluoruro de azufre (SF-6), al que se conectarán todas



las unidades y que se vinculará con la estación transformadora del sistema mediante dos líneas de transmisión.

La potencia de servicios auxiliares será suministrada alternativamente desde las siguientes fuentes:

- Transformador conectado a barras de los generadores 1 a 4.
- Línea de 13,2 KV proveniente de la E.T. Piedra del Aguila (132 KV)
- Grupo generador de emergencias.

La central contará con dos bancos de baterías estacionarias de 110 V. suficiente cada una de ellas para suministrar potencia para control durante paradas y arranques de la central y potencia para alumbrado de emergencia durante 2 horas.

Cada banco de batería tendrá su cargador dimensionado para alimentar todas las cargas normales de control en corriente continua y la carga de los bancos de baterías.

3.3. Automatización y Control

La Central será supervisada y controlada por un sistema informático.

Este se compondrá de microcomputadoras distribuidoras enlazadas por una red local de datos.

El sistema tendrá microcomputadoras para el control de la planta (operativas, de aplicaciones, de registro, de comunicaciones, etc.), microcomputadoras remotas (turbogrupos, estación de maniobras, auxiliares, vertedero, etc), periféricos centrales (consolas con monitor color, impresoras) y periféricos menores.

El software será el normal de supervisión y control (SCADA), con aplicaciones.

La central se podrá operar desde el Centro de Operación y Despacho o localmente, siempre a través del sistema informático descrito.



4. Resumen de las principales características del aprovechamiento.

4.1. Hidrológicas y de operación del embalse

Nivel máximo normal (verano).....	592 m.s.n.m.
Nivel máximo normal (invierno).....	586 m.s.n.m.
Nivel mínimo normal.....	577 m.s.n.m.
Nivel mínimo anormal.....	564 m.s.n.m.
Area del Embalse c/nivel máximo normal (verano).....	292 Km2
Volumen activo de operación.....	5.935 Hm3
Volumen total del Embalse (a nivel 592).....	12.400 Hm3
Módulo o caudal medio del río Limay (Emplazamiento).....	713 m3/s
Crecida máxima probable (CMP). Caudal Pico..	18.900 m3/s
Capacidad máxima de descarga del aliviadero (a cota 592 m).....	10.000 m3/s
Idem descargador de fondo (a cota 592 m)....	1.560 m3/s

4.2. Características energéticas del aprovechamiento.

Potencia instalada nominal.....	1.400 MW
Potencia instalada.....	1.424 MW
Energía Media Anual Generada.....	5.500 GWh

4.3 Características de las Obras

a) Obras Permanentes

Presa

Tipo.....	GRAVEDAD
Longitud total de coronamiento.....	320 m
Altura máxima sobre el nivel de fundación.....	170 m
Cota de coronamiento.....	595,30 msnm
Volumen total de la presa de hormigón.....	2.780.000 m3
Excavación en roca.....	900.000 m3
Excavación en suelos.....	420.000 m3
Pendiente paramentos aguas arriba..	IV : OH
Pendiente paramentos aguas abajo...	IV:0.75 H



Cortinas

Cortina de Inyección y perforaciones	435
Longitud perforada.....	19.860 m
Volumen inyectado de lechada.....	412 m3
Cortina de drenaje:	
GID.....	157 Perforaciones con 6.143 m
G300.....	37 Perforaciones con 1.277 m
G301.....	19 Perforaciones con 567 m

Aliviadero

Tipo.....	Superficial
Controlado	
Caudal Máximo de Descarga (a cota 592 m).....	10.000 m3/seg
Longitud total incluida pilas.....	94,40 m
Tipo de dissipador de energía.....	salto de ski
Excavación en roca.....	790.000 m3
Sueltos.....	40.000 m3
Volumen hormigón.....	238.000 m3

Compuertas:

Tipo.....	Radial
Número.....	4
Altura.....	19.41 m
Ancho.....	15 m

Ataguías :

Tipo.....	Deslizante
Número.....	.....1 juego (9 paños)
Altura conjunta.....	19.35 m
Ancho.....	15 m



Obras de Desvío

Tipo.....	Canal y estructura de control
Caudal de diseño.....	4.800 m3/seg
Recurrencia.....	30 años
Excavación de aluvión.....	140.000 m3
Excavación en roca.....	670.000 m3
Volumen de ataguías.....	260.000 m3
Volumen hormigón.....	215.000 m3
Cota ataguía aguas arriba.....	494 msnm
Cota ataguía aguas abajo.....	483 msnm

Compuertas de cierre:

Tipo.....	Deslizante
Número.....	4
Altura.....	9.15 m
Ancho.....	6.30 m

Descargador de Fondo:

Estructura en la presa con tomas independientes abocinadas y con tres conductos circulares de descarga, blindados, en el extremo aguas abajo controlados por un sistema de compuertas deslizantes dobles individuales.

Volumen hormigón.....	45.000 m3
Longitud de cada conducto.....	75 m
Diámetro de los conductos.....	4,5 m

Compuertas de servicio:

Tipo.....	Deslizante
Cantidad.....	3
Ancho.....	3 m
Altura.....	4,50 m
Carga máxima.....	110 m
Sección pasaje.....	40,5 m2



Compuertas de Guardia:

Tipo.....	Deslizante
Cantidad.....	3
Ancho.....	3 m
Altura.....	4,5 m
Carga máxima.....	110 m
Sección pasaje.....	40,5 m ²

Conducción a presión :

Número de conductos....	3
Diámetro.....	4,5 m
Longitud.....	.....76,6 m (blindaje)

Canal de descarga:

Número de vanos.....	3
Número de tramos típicos	3
Longitud media.....	230 m
Tipo de dissipador.....	deflector lateral

Obras de toma y Conducción:

Volumen hormigón.....	255.000m ³
-----------------------	-----------------------

Toma

Tipo.....	abocinada incorporada a la Presa
Número..	6
Sección bruta de abertura.....	504 m ²
Sección neta abertura.	396 m ²

Ataguías

Tipo.....	deslizante
Número.....	..... 1 juego (4 paños)
Altura.....	12,70 m
Ancho.....	6,15 m

Compuertas

Tipo.....	ruedas fijas
Número.....	6
Altura.....	10,50 m
Ancho.....	7,52 m



Tuberías forzadas

Tipo.....	.....	semiembutidas en la presa
Número.....	.....	4
Sección neta de cada conducto.....	.....	63,6 m ²
Longitud total de cada conducto (acero)....	.....	123 m ²

Central Hidroeléctrica y de Restitución

Tipo.....	.....	Exterior, cubierta a pie de Presa
Longitud de la central..	.....	162 m
Volumen total de hormigón..	.....	310.000 m ³
Excavación en aluvi6n.....	..	430.000 m ³
Excavaci6n en roca.....	.....	157.000 m ³

Turbinas

Tipo.....	.....	Francis, eje vertical
Número de unidades.....	.....	4
Potencia nominal de cada unidad	.....	356 MW
Potencia máxima de cada unidad	.....	370 MW
Salto de dise1o o nominal.....	.....	108 m
Caudal turbinable de dise1o por unidad.....	.....	350 m ³ /seg aprox
Velocidad de rotaci6n.....	.....	.125 r.p.m

Generadores

Potencia nominal.....	.....	390 MVA
Coef	.....	0,95
Tensi6n Nominal .....	.....	15,75 KV
Corriente Nominal.....	.....	14,3 KA

Transformadores

Banco 3 transformadores monofásicos por generador		
Potencia de cada unidad .....	.....	140 MVA
Relaci6n de transformaci6n....	.....	15,75/500/ KV

Estaci6n de maniobras

Tensi6n blindada aislada SF6	.....	7
Cantidad de campos.....	.....	500 KV
Tensi6n nominal.....	.....	500 KV



Ataguías tubo de aspiración

Tipo.....	Deslizante
Número.....	4 juegos (2 metálicos y 2 de hormigón)
Altura.....	7,65 m
Ancho.....	7,90 m

Paleocauce

Excavación de túneles de inyección y drenaje:

longitud total:..... 3.363 m

Excavación subterránea en roca..... 70.800 m3

Excavación subterránea en aluvión... 34.600 m3

Barrera de impermeabilización:

- Área del Muro Diafragma..... 5.300 m2

- Área de Cortina de Inyección..... 89.700 m2

- Longitud total de la Barrera..... 1.220 m

- Profundidad máxima..... 200 m

- Longitud perforada p/inyecciones.. 86.600 m

- Volumen inyectado..... 67.200 m3

- Cemento inyectado..... 32.450 tn

Cortina de Drenaje

- Longitud perforada..... 8.700 m

Abanicos de Drenaje

- Longitud Perforada..... 8.400 m

Trinchera Drenante

- Volumen excavado..... 854.000 m3

Pozos de Bombeo

- Longitud perforada..... 1.010 m

- Cantidad de Pozos..... 12

- Capacidad de cada bomba..... 230 m3/h



b) Obras Complementarias

Caminò de acceso desde la ruta N° 237:

26 Km

Puente sobre el río Limay

Línea de transmisión de 132 kV

Sistema de comunicaciones

c) Obras Temporarias

Villa para una población de 9.000 hab.