



**PAH**

Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos Energías Renovables



**PAH**

Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos

---

Energías Renovables

## Energías Renovables

### Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos

Copyright (C) 2008  
Secretaría de Energía

Título Original de la Obra:  
Energías Renovables 2008 - Pequeños Aprovechamientos Hidroeléctricos

Todos los derechos reservados.

No está permitida la reproducción total o parcial de esta obra ni su tratamiento o transmisión por cualquier medio o método sin autorización escrita de la Secretaría de Energía

#### DERECHOS RESERVADOS

Desarrollado por:  
Coordinación de Energías Renovables  
Dirección Nacional de Promoción  
Subsecretaría de Energía Eléctrica

Edición, diagramación y diseño:  
Tecnología de la Información  
Dirección General de Cooperación y Asistencia Financiera  
Secretaría de Energía

# Indice

---

INTRODUCCION .....	4
DEFINICION .....	5
Tipos de aprovechamientos .....	6
Convenciones usuales .....	6
Principales ventajas de la generación hidroeléctrica .....	7
Desafíos que enfrentan los grandes aprovechamientos .....	7
SITUACION DE LA ENERGIA HIDROELECTRICA EN EL PAIS .....	8
LOS PEQUEÑOS APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS .....	9
Definición .....	10
El potencial .....	12
Principales ventajas .....	14
LINEAMIENTOS DEL PLAN DE ACCION EN PEQUEÑOS APROVECHAMIENTOS ---	14
CONCLUSIONES .....	15
LEGISLACION .....	16
BARRERAS .....	16

## Introducción

# DAH

La hidroeléctrica es la mayor fuente de energía renovable explotada por el hombre, y consiste en la conversión en electricidad de la energía potencial gravitatoria contenida en los saltos de agua. Comprende tanto los aprovechamientos llamados de acumulación (agua embalsada por un dique) como los denominados "de paso" (o de agua fluyente). Comparada con otras fuentes renovables, la hidroeléctrica se caracteriza por poseer mayor tradición tecnológica, factor de utilización y previsibilidad en la disponibilidad del recurso. Las primeras centrales hidroeléctricas comerciales del mundo se instalaron hacia finales del siglo XIX y eran ciertamente muy pequeñas de acuerdo a los estándares actuales. Hoy en día sin embargo, el agua abastece cerca del 20% de la demanda eléctrica mundial.

## Definición

---

El principal componente de una central hidroeléctrica es una turbina hidráulica. La energía que una turbina hidráulica extrae del agua depende tanto del caudal que conduce como de la diferencia de altura existente entre los reservóónos superior e inferior, denominada caída o "salto aprovechable". Por el contrario, una rueda hidráulica (mucho menos eficiente) aprovecha directamente la energía cinética de la corriente.

Los modelos comerciales de turbinas hidráulicas responden a muy variado diseño, dependiendo de las características de cada central y esencialmente, del salto que aprovechan. En este sentido, las centrales hidroeléctricas se equipan con turbinas tipo Pelton (altas caídas), Francis (caídas medias a altas), o hélice o Kaplan (bajas caídas), que en conjunto son las mas comunes. Sin embargo las centrales de muy bajas caídas (como las emplazadas en canales de riego) requieren máquinas mas refinadas como las turbinas tubulares o los grupos bulbo, en los que el generador eléctrico se encuentra alojado en el interior de una "góndola" sellada situada en el interior de la tubería de presión. Los pequeños aprovechamientos utilizan con ventaja las características de las turbinas de flujo cruzado tipo Michell-Banki, que si bien no poseen los rendimientos de las anteriores, son mas versátiles y fáciles de construir y mantener.

En cualquier caso, la potencia desarrollada por un generador eléctrico acoplado al eje de una turbina hidráulica responde a la ecuación:

$$\text{Potencia (kilowatss)} = \text{Salto (m)} \times \text{Caudal (m}^3\text{/sec)} \times 7$$

donde 7 es una constante que refleja el rendimiento global de la conversión.

## I Tipos de aprovechamientos

Constructivamente los aprovechamientos hidroeléctricos corresponden (esencialmente) a tres grandes esquemas:

- \* De embalse, con central a pie de presa
- \* De pasada, y alta caída, que aprovechan la pendiente del terreno
- \* De pasada, y baja caída, construídos sobre ríos de llanura y canales de riego

Los aprovechamientos de pasada no requieren reservorio, pero al carecer de capacidad de almacenamiento son altamente dependientes de las variaciones naturales del caudal del río. Contrariamente, los aprovechamientos a embalse pueden ser "despachados" y ajustarse rápidamente a las variaciones de demanda, que es una característica muy valiosa para el sistema eléctrico.

## I Convenciones usuales

En rigor de verdad, los aprovechamientos hidroeléctricos pueden clasificarse en función de diversos criterios y no resulta muy útil ajustarse a una definición única. Las clasificaciones posibles se refieren a potencia, salto, captación, capacidad de regulación, tipo de sistema eléctrico etc. De manera orientativa se citan a continuación las dos mas usuales, que son potencia y salto de diseño:

### De acuerdo a la potencia instalada

CATEGORÍA	RANGO DE POTENCIAS (kW)
PICO CENTRAL	0-5
MICRO-CENTRAL	5-50
MINI-CENTRAL	50-500
PEQUEÑA CENTRAL	500-30.000
MEDIANA CENTRAL	30.000-50.000
GRAN CENTRAL	>50.000

### De acuerdo al salto de diseño

CATEGORÍA	SALTO (m)
BAJA-CAIDA	2-30
MEDIA-CAIDA	30-100
ALTA-CAIDA	>100

## Principales ventajas de la generación hidroeléctrica

Dada su naturaleza renovable, la hidroeléctrica es una forma de generación eléctrica que no implica la producción de desechos ni la emisión de gases de efecto invernadero. La sustentabilidad de los grandes embalses en cambio, es un tema debatido entre los especialistas y depende sobremanera de la definición que se tenga de ella. En cualquier caso entre las ventajas que reporta la generación hidroeléctrica es posible señalar:

- \* Generación limpia, económica (no hay costo de combustible) e inagotable
- \* Sustitución de combustibles fósiles y ahorro de sus emisiones contaminantes
- \* Posibilidad de beneficios adicionales como riego, agua potable, turismo y recreación, además de la generación de electricidad
- \* Larga vida útil
- \* Empleo de recursos y mano de obra nacionales. Tanto la construcción de las obras civiles como del equipamiento hidro-electro-mecánico puede ser encomendado a empresas argentinas

## Desafíos que enfrentan los grandes aprovechamientos

Por supuesto no hay forma de generación eléctrica que no tenga un impacto ambiental de mayor o menor severidad, y las grandes hidroeléctricas (y las renovables en general) no son la excepción. Ciertamente la magnitud del impacto que los grandes aprovechamientos de uso múltiple plantean al medio natural, económico y social afectado, amerita que (y así lo establece la legislación) su estudio, proyecto y construcción queden siempre supeditados a la racional explotación y preservación de todos los recursos naturales vinculados a la cuenca hídrica en la que se hallan emplazados, como también al juicioso tratamiento de toda la problemática vinculado con ellos (manejo del agua, destino de la energía, control de inundaciones, seguridad de presas etc.) Entre las principales desventajas y/o objeciones de orden económico y ambiental que los aprovechamientos hidroeléctricos deben enfrentar es oportuno citar:

- \* Mayor costo unitario (u\$s/kW) que otro tipo de centrales
- \* Mayores períodos de estudio y construcción
- \* Posible inundación de áreas ribereñas
- \* Eventual relocalización de poblados



## Situación de la energía hidroeléctrica en el país

En Argentina la hidroeléctrica posee una alta cuota de participación en la generación eléctrica total (38% en promedio). Históricamente, la construcción de los grandes aprovechamientos que hoy prestan servicio ha favorecido la creación de empleo, la promoción económica y social de sus zonas de influencia, y la concreción de importantes obras de infraestructura para riego, provisión de agua potable, turismo y control de inundaciones. Como aspectos salientes de ese desarrollo actual y potencial se pueden mencionar:

- \* El 38% de la capacidad instalada total es hidroeléctrica (9761 MW)
- \* De casi un centenar de Centrales en servicio, sólo 3 grandes plantas (Yacretá, Piedra del Águila y Salto Grande) contribuyen con casi el 50% de la generación hidráulica total.
- \* Yacretá será la central eléctrica mas grande del país cuando esté terminada (3100 MW).
- \* Es aún modesto el aprovechamiento del potencial hidráulico total (22%).

CENTRAL	PROVINCIA	NRO . DE MAQ	POTENCIA NOMINAL (MW)	GENERACION ANUAL (GWh)
PIEDRA DEL ÁGUILA	NEUQUEN	4	1400	6018
EL CHOCON	NEUQUEN	6	1200	3049
YACYRETÁ (mitad argentina)	CORRIENTES	10	1050	6272
ALICURA	NEUQUEN	4	1020	2559
SALTO GRANDE (mitad argentina)	ENTRE RIOS	7	945	5313
RIO GRANDE	CÓRDOBA	4	750	388
PLANICIE BANDERITA	NEUQUEN	2	450	2023
FUTALEUFU	CHUBUT	4	448	3111

Mayores aprovechamientos en servicio

Ubicación geográfica



CENTRAL	PROVINCIA	POTENCIA NOMINAL (MW)
CORPUS (Argentina-Paraguay)	MISIONES	2880
GARABI (Argentina-Brasil)	CORRIENTES	1800
CÓNDOR CLIFF-LA BARRANCOSA	SANTA CRUZ	1700
CHIHUIDOI	NEUQUEN	478
AÑA CUA	CORRIENTES	300
CARACOLES	SAN JUAN	125

Principales proyectos en estudio y construcción

## Los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos

Un pequeño aprovechamiento comprende una central hidroeléctrica de pequeña escala que (dependiendo de su potencia) puede abastecer de energía tanto a la red pública como a una pequeña vivienda o establecimiento rural alejado de la red de distribución. En este sentido, los pequeños aprovechamientos se caracterizan por no requerir los prolongados estudios técnicos, económicos y ambientales asociados a los grandes proyectos, y se pueden iniciar y completar más rápidamente, lo que los torna una opción de abastecimiento viable en aquellas zonas y regiones del país no servidas aún por sistemas convencionales.

De ahí que no existe oposición entre aprovechamientos grandes y pequeños. Mientras los "grandes" abastecen el extenso sistema interconectado, los pequeños proveen electricidad a zonas remotas de una manera comparativamente económica y ambientalmente benigna. Igualmente, y dado el hecho que los pequeños aprovechamientos carecen (en general) de un gran reservorio, su impacto ambiental es también comparativamente reducido. Muchos emplean incluso embalses formados originalmente con otros propósitos.

>> Antigua Usina "Molet"  
Río I, Córdoba (1905)

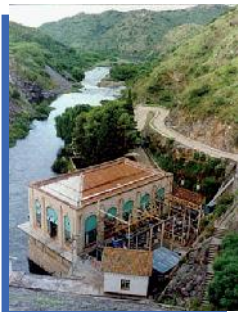


## | Definición

Por supuesto no existe una convención única e internacionalmente aceptada que determine que aprovechamiento es o no pequeño, y cada país adopta su propia definición. De acuerdo al nuevo "Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía para Producción Eléctrica", la categoría de pequeño aprovechamiento corresponde en la Argentina a centrales hidroeléctricas de hasta 30 MW de potencia, y esa categoría incluye también las plantas mini y micro que usualmente abastecen sistemas aislados y pequeños consumos dispersos. En base a esta definición, Argentina posee 75 pequeñas, mini y micro centrales hidroeléctricas, con una potencia sumada de 377 MW y una generación anual que equivale al 1,6% de la demanda nacional de electricidad.

CENTRAL	PROVINCIA	NRO. DE MAQ.	POTENCIA NOMINAL (kW)	GENERACION ANUAL (MWh)
PUEBLO VIEJO	TUCUMAN	2	15000	57602
PIEDRAS MORAS	CÓRDOBA	1	6300	42285
FITZ SIMÓN	CÓRDOBA	3	10800	57800
LOS QUIROGA	S. ESTERO	2	2000	11309
SALTITO II	MISIONES	2	640	2525
PUERTO MORENO (BARILOCHE)	RIO NEGRO	2	360	459
RIO PICO	CHUBUT	1	180	992
VALLE GRANDE	JUJUY	1	48	112

Algunas instalaciones representativas



>> Central Fitz Simon,  
Río II, Córdoba



## | El potencial

La Secretaría de Energía de la Nación ha completado recientemente la revisión de un extenso catálogo de proyectos de pequeños aprovechamientos hidroeléctricos (PAH). En este sentido se ha concluido y publicado el "Estudio para la mejora del conocimiento y la promoción de oferta hidroeléctrica de pequeños aprovechamientos" (disponible en Internet), que ha permitido no sólo revisar la viabilidad técnica y económica de los proyectos de PAH inventariados, sino también establecer un "ranking" u orden de mérito capaz de establecer prioridades en la concreción de los emprendimientos mas factibles.

El estudio revela la existencia de 116 proyectos en 14 provincias, con una potencia total de 425 MW y una energía media anual del orden de 1900 GWh, que sumados a las centrales actualmente en servicio, abastecerían cerca del 2,2% de la demanda eléctrica anual estimada hacia el 2016, porcentaje relevante dentro de la meta del "Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía para Producción Eléctrica" introducido con la Ley 26.190/06, que propone que en 10 años el 8% del consumo eléctrico nacional provenga de fuentes renovables de energía (excluyendo del cálculo de ese indicador a los grandes aprovechamientos).

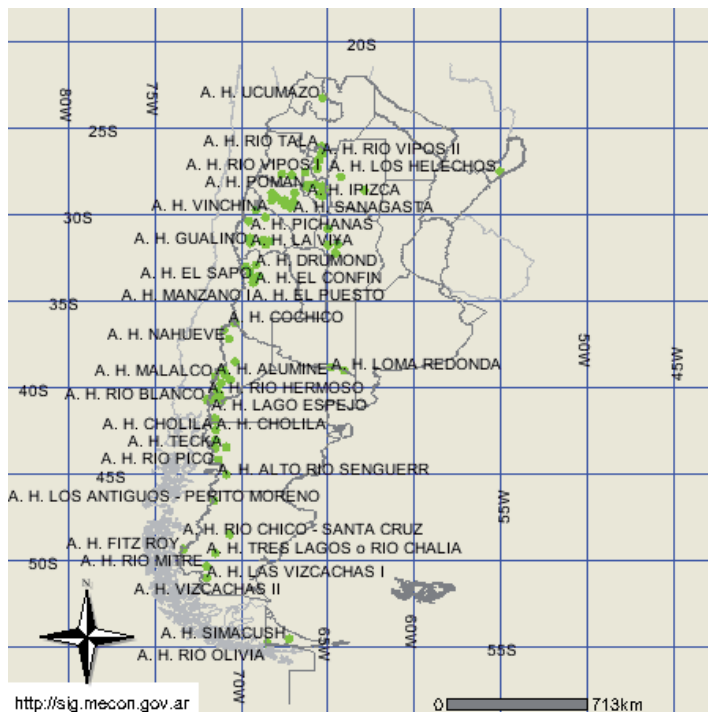
En relación a esto, es oportuno mencionar que los 35 proyectos mas grandes reúnen el 80% de la energía total de todo el inventario. Del análisis de ese subgrupo es posible señalar que: 10 proyectos se encuentran a un nivel de Anteproyecto o Proyecto Ejecutivo (2 en fase licitatoria), 13 mas a un nivel de prefactibilidad/factibilidad que resultaría útil continuar, y otros 12 a un nivel de desarrollo preliminar que es necesario mejorar. Akededor de 25 MW adicionales podrían provenir de la reconstrucción y/o modernización de una treintena de antiguas centrales que con el tiempo han ido quedando progresivamente desactivadas.

>> Presa de  
Salto Andersen  
Río Negro  
La Pampa



CENTRAL	PROVINCIA	POTENCIA NOMINAL (kw)
SALTO ANDERSEN (EN CONSTRUCCIÓN)	LA PAMPA-RIO NEGRO	7500
ARROYO CORTO	CÓRDOBA	5000
LAS PIRQUITAS	CATAMARCA	4000
RIOCHICO-GDOR. GREGORES	SANTA CRUZ	2000
PICHANAS	CÓRDOBA	1600
LOS ANTIGUOS	SANTA CRUZ	1200

Principales proyectos en inventario



## | Principales ventajas

En comparación con los grandes proyectos y en virtud de sus características de generación distribuida, los pequeños aprovechamientos pueden representar:

- \* Diferimiento o aplazo de extensiones de líneas de media y alta tensión y sus pérdidas inherentes
- \* Mayor Habilidad de la red (regulación de tensión/generación en puntas de línea)
- \* Menores períodos de gestación y construcción
- \* Menores montos globales de inversión
- \* Menor impacto ambiental
- \* Posibilidad de fomento al desarrollo local
- \* Posibilidad de calificar proyectos para el mercado mundial de bonos de carbono en emisiones evitadas de gases de efecto invernadero vigente con el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto

## Lineamientos del plan de acción en pequeños aprovechamientos

---

La Dirección Nacional de Promoción de la Secretaría de Energía lleva adelante varias iniciativas relativas al desarrollo de los PAH, que someramente pueden resumirse como sigue:

- \* El relevamiento de todas las instalaciones construidas, funcionando y fuera de servicio, y una revisión paralela de las proyectadas (iniciada con el "Estudio para la mejora del conocimiento y la promoción de oferta hidroeléctrica en pequeños aprovechamientos" en colaboración con el PERMER).
- \* Selección y promoción de los proyectos mas factibles (Ej. Gdor. Gregores, Sta. Cruz).
- \* El compendio de toda la legislación nacional y provincial y reseña de todos los organismos nacionales, provinciales y municipales que prestan conformidad para el desarrollo público o privado de proyectos.



## Conclusiones

---

- La hidroeléctrica es la mayor fuente de energía renovable explotada en el país. Mas de un tercio de la electricidad generada anualmente proviene de centrales hidroeléctricas.

- Argentina ha sido pionera en la materia y luego de décadas de acertada labor, ostenta un significativo desarrollo hidroeléctrico, y con el, todo el potencial técnico y humano requerido para sostener y potenciar la continuidad de su explotación.

- En el contexto de la política de promoción de las fuentes renovables en general, la hidroeléctrica tiene un importante rol que cumplir, asumiendo una parte importante del incremento de oferta en generación que se deberá incorporar a los fines de alcanzar las metas y compromisos nacionales e internacionales que el país ha asumido en materia de energías renovables y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

- La Secretaría de Energía celebra el renovado interés que la generación hidroeléctrica despierta entre los especialistas y el público en general, y acompaña con acciones las iniciativas públicas y privadas que tienden a su pleno desarrollo.



## Legislación

---

La Ley 26190 establece el "Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica". La ley declara de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energía renovables con destino a la prestación de servicio público como así también la investigación para el desarrollo tecnológico y fabricación de equipos con esa finalidad. Establece como objetivo del presente régimen, lograr la contribución de las fuentes de energía renovables hasta alcanzar el OCHO POR CIENTO (8%) del consumo de energía eléctrica nacional en el plazo de DIEZ (10) años a partir de la puesta en vigencia del presente régimen.

Los beneficios que establece la Ley son un régimen de inversión por un periodo de 10 años y una remuneración adicional respecto del precio de mercado de la energía según las distintas fuentes por un periodo de 15 años.

## Barreras

---

Dentro de distintos estudios encarados por la Secretaría de Energía se han detectado distintos tipos de barreras a sortear para la implementación de las fuentes de energía renovables, entre ellas caben citar a las de tipo técnico, económico-financiero, legislativas-regulatorias, institucionales y sociales.





## **SECRETARIA DE ENERGIA**

Av. Paseo Colón 171 Capital Federal - CP (C1063ACB)  
República Argentina - Conmutador: 54-11-4349-5000  
energia@minplan.gov.ar - <http://www.energia.gov.ar>