

# **DESARROLLO DEL SECTOR HIDROELÉCTRICO ARGENTINO**

## **Nota**

*El presente trabajo ha sido realizado por el Instituto de Energía de la Academia Nacional de Ingeniería, con especial participación de sus miembros ingenieros Gustavo A Devoto y Armando J. Sánchez Guzmán.*

*El Instituto de Energía de la Academia Nacional de Ingeniería agradece al Ing. Guillermo V. Malinow por la valiosa colaboración prestada en la realización de este informe.*

# INDICE

## **1 INTRODUCCIÓN**

- 1.1 ATENDER LAS NECESIDADES ESENCIALES DE LAS COMUNIDADES.
- 1.2 LOS PROYECTOS MULTIPROPÓSITO DE AGUA Y ENERGÍA HIDROELÉCTRICA
- 1.3 BENEFICIOS POR EL USO DEL RECURSO

## **2 ESTADO DE SITUACIÓN DEL SECTOR HIDROELÉCTRICO ARGENTINO**

- 2.1 EL PROCESO DE PRIVATIZACIÓN DE APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS
- 2.2 INCORPORACION DE OFERTA HIDROELETRICA EN EL ÚLTIMO TIEMPO
- 2.3 PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS ADJUDICADOS Y EN EJECUCIÓN

## **3 NUEVO STATUS JURÍDICO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS**

## **4 CONFLICTOS POR EL USO DEL RECURSO HÍDRICO**

## **5 ¿CUÁNTA HIDROELECTRICIDAD PARA ATENDER LA CRECIENTE DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA?**

- 5.1 ACTUAL COMPOSICIÓN DE LA MATRIZ ELÉCTRICA

## **6 POSIBLES PROYECTOS PARA UNA OFERTA HIDROELÉCTRICA**

## **7 FORMAS POSIBLES DE FINANCIAMIENTO**

- 7.1 MODELO ADOPTADO PARA IMPLEMENTAR LOS PROYECTOS
- 7.2 POSIBLES MECANISMOS DE FINANCIACIÓN
- 7.3 ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN NECESARIA

## **8 SUSTENTABILIDAD DE LOS PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS**

- 8.1 MECANISMOS DE EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD

## **9 IMPACTOS DEBIDOS AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ARGENTINA**

- 9.1 TENDENCIAS CLIMÁTICAS OBSERVADAS
- 9.2 IMPACTOS ESPERABLES EN EL SIGLO XXI

## **10 CONVENIENCIA DE CONTAR CON UN ÁMBITO ESPECÍFICO DE GESTIÓN DENTRO DEL ESTADO**

## **11 RECOMENDACIONES**

## **12 REFERENCIAS**

**ANEXO: OFERTA HIDROELÉCTRICA ARGENTINA - PERÍODO 2016 - 2035.**

# DESARROLLO DEL SECTOR HIDROELÉCTRICO ARGENTINO

## 1. INTRODUCCIÓN

Para asegurar el crecimiento socio-económico de un país es imprescindible disponer tanto de agua de buena calidad en cantidad suficiente como de una fuente para producir energía, por ello el ser humano siempre ha tratado de asentarse en zonas cercanas a la disponibilidad de agua (lagos, lagunas, ríos, manantiales, humedales, etc.), con las ventajas y desventajas que ello supone. Entre las ventajas cabe mencionar la facilidad de obtención de agua para consumo y también la posibilidad de disposición de las aguas servidas, sin embargo ello trajo como desventaja la afectación por inundaciones al instalarse sobre el valle de inundación de tales cuerpos de agua.

Los aprovechamientos hidráulicos de propósitos múltiples planificados, proyectados y mantenidos adecuadamente, contribuyen fundamentalmente al abastecimiento del agua y la energía, sin desconocer que pueden atender otros usos como ser: abastecimiento para riego y uso industrial, control de crecidas y recuperación de planicies inundables, navegación fluvial, intercomunicación vial, turismo y recreación, entre las principales.

Como reguladores de las variaciones del ciclo del agua, las presas y sus embalses asociados se convierten en necesarias para almacenar el agua y en consecuencia poder liberar las cantidades suficientes para mantener el caudal mínimo necesario en los ríos.

Actualmente se toman medidas para atenuar el impacto posible que puede tener una presa sobre el medio social y natural en el momento de las decisiones sobre el lugar, el modo de construcción y de explotación de un determinado aprovechamiento hidráulico, y teniendo en cuenta estas cuestiones es posible conseguir consecuencias positivas.

Se trata de gestionar cuencas hidrográficas que favorezcan a las necesidades humanas y al progreso económico, sin descuidar por ejemplo los ecosistemas acuáticos. La mejor manera de conseguirlo es fomentar y promover una gestión de los recursos hídricos adaptados a las necesidades regionales y locales. La protección del medio ambiente incluye la minimización de los riesgos y la promoción de nuevas instalaciones que mantengan las condiciones actuales.

La hidroelectricidad se encuadra dentro del concepto de fuente de energía renovable [Ref. 1] dado que para producir electricidad aprovecha la energía del agua que escurre por los ríos sin reducir la cantidad de la misma, por este motivo todos los emprendimientos hidroeléctricos, de pequeño o gran porte, de pasada o de almacenamiento, son considerados de esta manera.

Cuando estos aprovechamientos disponen de embalses ofrecen a su vez flexibilidad operacional incomparable ya que pueden responder inmediatamente ante las fluctuaciones de la demanda de energía eléctrica. La flexibilidad y capacidad de

almacenamiento de este tipo de centrales hidroeléctricas las hacen el medio más eficiente y económico para dar soporte al empleo de otras fuentes intermitentes de energía renovable, como la energía solar o la energía eólica.

### **1.1 ATENDER LAS NECESIDADES ESENCIALES DE LAS COMUNIDADES**

En sintonía con la Declaración Mundial sobre Almacenamiento de Agua para el Desarrollo Sostenible [Ref. 2], cabe mencionar que el aumento global de la población, tanto en zonas rurales como urbanas, y el desarrollo socio-económico, con el aumento de los niveles de vida para todos, elevan continuamente los requerimientos de agua, de alimentos y de energía. Estas exigencias cada vez mayores pondrán a prueba los recursos naturales y debido a las variaciones que se registran en los sistemas climáticos, la distribución del agua puede llegar a ser más irregular, en lo que se refiere a inundaciones como a sequías.

El agua es un bien preciado y la infraestructura para almacenamiento de agua será cada vez más importante. El papel de las presas y embalses en el desarrollo sostenible ya ha sido reconocido en varias declaraciones: Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible (Beijing, 2002), Declaración sobre Energía Hidroeléctrica y Desarrollo Sostenible (2004), Represas y Energía Hidroeléctrica para el Desarrollo Sostenible de África (2008), y las Declaraciones Ministeriales del Quinto y Sexto Foros Mundiales del Agua (2009/2012).

Las fuentes de energía nos muestran la siguiente realidad: las energías fósiles emiten gases de efecto invernadero y sus reservas son limitadas; las energías renovables variables, como el viento o las fuentes solares, son valiosas y deben desarrollarse tanto como sea posible, la energía hidroeléctrica da seguridad al sistema eléctrico por la flexibilidad de este recurso, circunstancia fundamental para poder adaptarse a las variaciones de la demanda de electricidad. En consecuencia, la energía almacenada en el agua, convertida en energía hidráulica pura o en acumulación por bombeo, mejora la confiabilidad de los sistemas eléctricos de una manera limpia y eficiente.

### **1.2 LOS PROYECTOS MULTIPROPÓSITO DE AGUA Y ENERGÍA HIDROELÉCTRICA**

Al presente los proyectos multipropósito para almacenar agua y proveer energía hidroeléctrica pueden construirse de manera segura, económica y ambientalmente sustentable. Agua, alimentos y energía están estrechamente vinculadas y deben ser desarrolladas con un enfoque integrado, debiendo realizarse esfuerzos para mejorar las políticas, directrices y protocolos para evaluación y mitigación de los impactos ambientales y sociales de las diversas alternativas de almacenamiento, así como para atender las preocupaciones de las comunidades vinculadas.

En el mundo hay en operación más de 52.000 aprovechamientos hidráulicos de propósitos múltiples mediante grandes presas destinados a satisfacer necesidades

humanas. La mayor parte de tales emprendimientos se concentra en Brasil, China e India dada sus extensiones territoriales y la disponibilidad del recurso hídrico. Argentina, en particular, con alrededor de 130 grandes presas construidas tiene todavía un gran potencial para desarrollar.

### 1.3 BENEFICIOS POR EL USO DEL RECURSO

Importantes demandas de la sociedad como son: la atenuación de crecidas, el abastecimiento de agua para los usos domésticos e industriales, el suministro del riego para producción de alimentos, la generación de energía hidroeléctrica, el control de inundaciones y la mitigación de sequías, la recuperación de tierras anegables, la navegación fluvial, la recreación y el turismo, entre otras, constituyen claros ejemplos de contribución de las obras de infraestructura hidráulica multipropósito en lograr estos requerimientos de la población.

Más allá de los beneficios directos en sus distintos aspectos económicos, por su envergadura y efecto multiplicador, estos aprovechamientos tienen consecuencias importantes en los aspectos sociales de las áreas bajo su influencia directa y también en las áreas circundantes.

Cada aprovechamiento es objeto de una evaluación propia respecto del alcance y áreas físicas y sociales desarrolladas por el mismo. Pueden mencionarse entre otras influencias, que surgen como consecuencia del aprovechamiento en sí mismo, las siguientes:

- Incrementos poblacionales
- Nueva infraestructura vial y de comunicaciones
- Mayor tendido de redes eléctricas
- Nuevas actividades económicas
- Incorporación de centros educativos
- Nuevos centros sanitarios
- Diversificación de espacios recreativos

***Los beneficios de la nueva conectividad que genera una presa son rápidamente tangibles, en términos de ahorro de tiempo, combustible, acceso más rápido a las actividades económicas y sociales, mejor atención de las emergencias, tan sólo por enumerar algunas de las innumerables ventajas surgidas de una buena conectividad.***

En cuanto a beneficios ambientales cabe mencionar que la infraestructura para almacenamiento de agua puede mantener la vida saludable de los ríos mediante una operación ecológica así como atender los servicios ambientales más amplios. Puede permitir el mantenimiento de caudales mínimos durante los períodos de sequía que propicia la preservación de la fauna y de las plantas acuáticas durante las mismas.

Además, las presas y sus embalses contribuyen a estabilizar los niveles del agua subterránea en las áreas adyacentes, y los embalses pueden también ser utilizados para crear hábitats nuevos y biológicamente deseables, y para irrigar biotipos de zonas húmedas o de bosques húmedos.

Valga además refutar aquí la idea de que las grandes centrales hidroeléctricas no generan energía renovable. Este error conceptual se ve reflejado en la legislación nacional que promueve la producción de energía renovable, ley 26.190 y su modificatoria ley 27.191, donde su redacción contribuye a excluirlas como recurso renovable a pesar de que hasta el presente ha sido el único renovable con una participación importante en el sistema eléctrico argentino.

Estas leyes han fijado un tope de potencia de 30 Mw, la primera, y de 50 Mw, la más reciente, para ser considerada como energía renovable dentro de los objetivos de las leyes citadas.

Cabe consignar que la hidroelectricidad aprovecha la energía del agua de los ríos para producir electricidad sin modificar la cantidad ni la calidad de la misma. Por este motivo todos los emprendimientos hidroeléctricos, de pequeño o gran porte, de pasada o de almacenamiento, se encuadran claramente dentro del concepto de fuente de energía renovable.

## **2. ESTADO DE SITUACIÓN DEL SECTOR HIDROELÉCTRICO ARGENTINO**

Con la incorporación plena al Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) de los aprovechamientos hidroeléctricos Piedra del Águila y Yacyretá en cota 76,00 m.s.n.m., cuyas capacidades plenas se alcanzaron hacia fines de los '90, la potencia hidráulica instalada total del Sistema Argentino de Interconexión (SADI) fue de 9.680 MW, pero a partir de entonces y por diversas causas el Sector Hidroeléctrico sufrió una regresión como se verá más adelante.

### **2.1 EL PROCESO DE PRIVATIZACIÓN DE APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS**

En los 90 comenzó un proceso de falta de desarrollo de nuevas obras hidroeléctricas que fue consecuencia de tres factores:

1. A partir de la década de los 90 se produjo una revolución tecnológica de las turbinas de gas por la utilización de materiales cerámicos -desarrollados por la industria aeroespacial- para el recubrimiento de los alabes de los rotores lo que permitió un mayor salto térmico y el consiguiente aumento del rendimiento de estas máquinas. Se redujeron notablemente los costos por MW instalado y los tiempos de instalación, todo ello en el marco de gas nacional abundante y barato. La aparición de los ciclos combinados permitió lograr rendimientos insospechados 10 años antes en generación térmica.

2. En el proceso de privatización se desmantelaron las áreas de planificación en el Estado, con la consecuente pérdida de dirección y control, pérdida de técnicos y profesionales, que no tuvieron adecuada renovación.
3. La falta de financiamiento genuino y competitivo.

Durante dicho proceso los aprovechamientos hidroeléctricos del Estado Nacional operados por las ex empresas Agua y Energía Eléctrica S.E. e Hidronor S.A. fueron organizados en 13 unidades de negocio y concesionados a empresas privadas. Sus respectivos contratos comienzan a vencer a partir del año 2023, momento en el cual el dominio y la posesión de los equipos de las concesionarias se transferirán de pleno derecho al Concedente, es decir al Estado Nacional, el que deberá decidir si continúa con esta modalidad o bien retoma per se la explotación de tales aprovechamientos.

Se debería reflexionar sobre el impacto negativo que le significó al país discontinuar la construcción de estas grandes obras, no solamente por su contribución a la generación de energía, sino también por la pérdida de conocimientos y experiencia que los grupos de la Ingeniería Nacional habían logrado atesorar tanto en el Estado como en las empresas consultoras durante las décadas del 70 y del 80.

## 2.2 INCORPORACION DE OFERTA HIDROELECTRICA EN EL ÚLTIMO TIEMPO

Frente a una tasa de aumento de la demanda de energía eléctrica levemente superior al 4% anual acumulado en el período 1992-2014, el parque generador incorporó solamente un 13,6% de potencia hidráulica. Este modesto resultado fue en virtud de la puesta en servicio de los aprovechamientos hidroeléctricos Nihuil IV, Pichi Picún Leufú, Potrerillos y Los Caracoles, a lo que se sumó el incremento de potencia por el aumento de los 7 m. finales del nivel del embalse de Yacyretá, emprendimiento que alcanzó la cota final de proyecto de 83,00 m.s.n.m. En el Cuadro 1 se indican las potencias, las energías medias anuales y el año de incorporación de tales emprendimientos.

**Cuadro 1**

NUEVOS APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS EN EL PERIODO 1993-2015

Aprovechamiento	Río	Provincia	Entrada en servicio	Potencia [MW]	Energía Media Anual [GWh]
Nihuil IV	Atuel	Mendoza	1997	25	124
Pichi Picún Leufú	Limay	Río Negro-Neuquén	2000	261	1.080
Potrerillos	Mendoza	Mendoza	2002	177	520
Yacyretá (a cota 78,50)	Paraná	Binacional	2008	405	2.070
Los Caracoles	San Juan	San Juan	2009	185	900
Yacyretá (a cota 80,00)	Paraná	Binacional	2009	315	1.890
Yacyretá (a cota 81,50)	Paraná	Binacional	2010	225	1.710
Yacyretá (a cota 83,00)	Paraná	Binacional	2011	180	1.530
				<b>1.773</b>	<b>9.824</b>

NOTA: Los totales de potencia y energía fueron estimados asumiendo un reparto de la generación del Aprovechamiento Hidroeléctrico Yacyretá del 90% / 10% para Argentina y Paraguay, respectivamente.

Es a partir de los años 1993-94 que se produce entonces un amesetamiento en la evolución de la hidroelectricidad, situación que se observa claramente en la Figura 1.

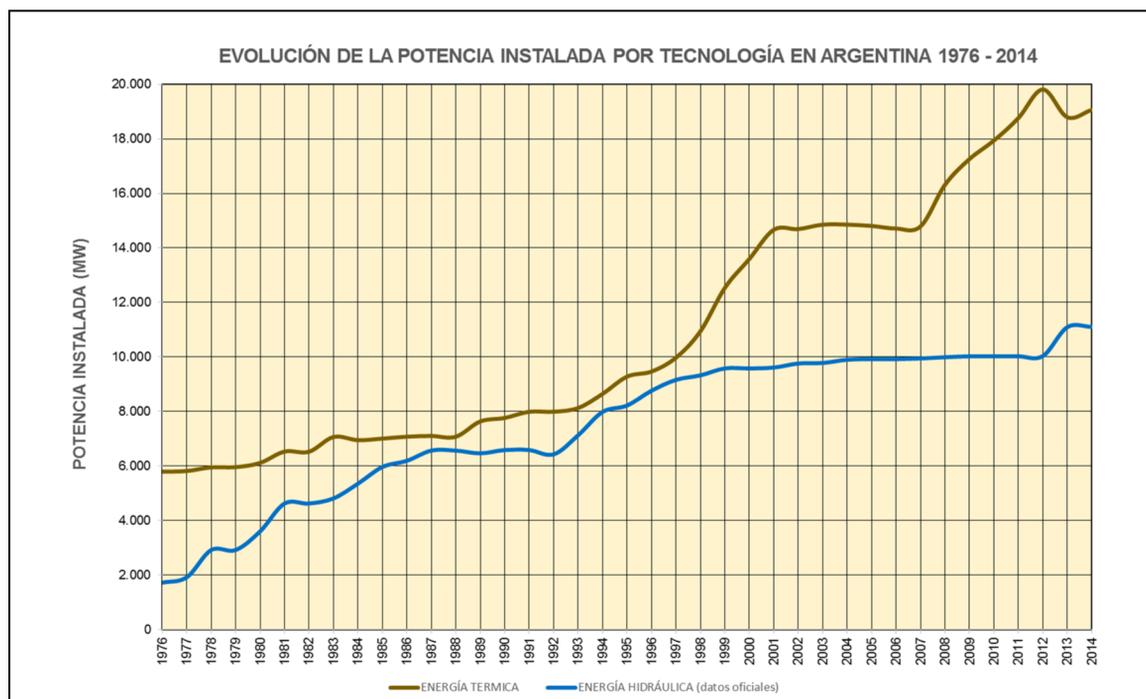


Figura 1

De la figura citada surge que alrededor de 8.000 MW de potencia hidráulica fueron instalados en el período 1973-2000, lo que hace un promedio de alrededor de 300 MW/año.

### 2.3 PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS ADJUDICADOS Y EN EJECUCIÓN

En las dos décadas pasadas se registró en Argentina una desaceleración de inversiones en energía hidroeléctrica que tiene relación con decisiones adoptadas en oportunidad de concesionarse la explotación de las centrales hidráulicas ejecutadas por el Estado Nacional. En la actualidad se observan decisiones para avanzar con proyectos hidráulicos de propósitos múltiples como surge de la Resolución de la Secretaría de Energía de la Nación N° 762 del año 2009, por la que se creó el “Programa Nacional de Obras Hidroeléctricas”, dentro del cual se priorizaron varios proyectos multipropósito, cuyos procesos licitatorios para su construcción y explotación están en marcha y sus datos técnicos se detallan en el Cuadro 2.

**Cuadro 2**

<b>APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS EN GESTIÓN AL AÑO 2015</b>					
<b>Aprovechamiento</b>	<b>Río</b>	<b>Provincias</b>	<b>Situación del proyecto</b>	<b>Potencia [MW]</b>	<b>Energía Media Anual [GWh]</b>
Punta Negra	San Juan	San Juan	en ejecución	62	296
N. Kirchner	Santa Cruz	Santa Cruz	adjudicada	1.140	3.380
J. Cepernic	Santa Cruz	Santa Cruz	adjudicada	600	1.866
Chihuido I	Neuquén	Neuquén	adjudicada	637	1.750
				<b>2.439</b>	<b>7.292</b>

### **3.- NUEVO STATUS JURÍDICO DE LOS RECURSOS HIDRICOS**

Una cuestión que se relaciona con las centrales hidráulicas es la aplicación del artículo 124 (in fine), de la Constitución (año 1994) que establece que las Provincias tienen el dominio originario de los recursos. Según opinión de algunos juristas el “dominio”, es un “derecho real” y como tal asimilable a la propiedad, por lo cual las Provincias podrían no quedar satisfechas con el simple pago de una regalía por el uso del recurso, sino que pretenderían intervenir en el estudio y construcción de una obra, lo que derivaría en participar en las mal llamadas “obras complementarias”, que involucran indemnizaciones, relocalizaciones y construcción de obras anexas.

En el límite de esta línea de pensamiento, algunas provincias podrían trabar el uso energético del recurso en beneficio de otros usos. Si bien el dominio de los ríos internacionales le pertenece a la Nación, la legislatura de la provincia de Misiones, en septiembre de 1995, sancionó la ley N° 3220 para decidir, mediante un plebiscito obligatorio y vinculante, la aceptación o rechazo de la construcción del proyecto hidroeléctrico Corpus Christi sobre el río Paraná, que había sido previamente acordada por los presidentes Menem y Wasmosy, cualquiera fuere el lugar de su emplazamiento en su territorio.

Aunque la obra fue rechazada, el paso de los años, el caer en la cuenta sobre cuáles eran las verdaderas disponibilidades de combustibles fósiles del país - como fue el caso de la crisis del gas de febrero ‘2004 - y la presión de Paraguay por no abandonar el proyecto, posibilitaron que los estudios de Corpus continuaran a un ritmo muy lento pero trabajando esta vez sobre la alternativa Pindo í, una sección aguas arriba del emplazamiento original que estaba situado en Itacúa.

En la actualidad la Entidad Binacional Yacyretá (EBY) está actualizando el proyecto con algunas modificaciones sustanciales, como por ejemplo la de las turbinas. Además, el buen comportamiento alcanzado por la obra de Yacyretá ha producido en Misiones una visión diferente de estos grandes aprovechamientos por lo que han disminuido

fuertemente las protestas ambientales con la esperanza de que la EBY repita en Pindo í las acciones positivas observadas en Yacyretá. Ante tales circunstancias se considera que ha llegado el momento de retomar las acciones de concientización de la población misionera con una campaña inteligente que muestre los beneficios sobre el medio local de la obra y el control de todas las potenciales afectaciones.

#### **4.- CONFLICTOS POR EL USO DEL RECURSO HÍDRICO**

Son conocidos los conflictos entre usos consuntivos y no consuntivos, riego, abastecimiento a poblaciones y uso industrial del agua compiten con la energía. Son en cambio menos conocidos los intereses contrapuestos entre usos no consuntivos como es el caso de la energía con la navegación.

El mejor ejemplo se da con la República del Paraguay que en el año 1928 firmó un acuerdo con la Argentina para construir la presa de Yacyretá destinada a salvar los saltos de Apipé. Era, por lo tanto, una presa para asegurar la navegación.

Otro ejemplo similar se da con el Acuerdo Tripartito, firmado por Argentina, Brasil y Paraguay, en el año 1979, que fijó la operación de la central hidroeléctrica de la presa Itaipú al cumplimiento de parámetros fluviales relacionados con la navegación.

Por lo todo lo expresado deberían quedar claramente establecidos, a la hora de seleccionar los proyectos, aquellos usos prioritarios que pudieran afectar o condicionar la oferta de energía hidroeléctrica.

No cabe duda alguna de que los proyectos hidroeléctricos tienen que ser evaluados a partir de un enfoque global en el uso del recurso hídrico. Los aprovechamientos de pequeña escala (PCH) constituyen alternativas de gran impacto local, donde la generación de energía eléctrica aparece totalmente subordinada a los otros usos del recurso, que contribuyen a la incorporación de comunidades marginadas de la actividad productiva (áreas eléctricamente aisladas). En los proyectos de escala media, que tienen un impacto significativo en el desarrollo regional, el uso hidroeléctrico tiene mayor significación económica, aunque su importancia relativa suele ser inferior a otros usos del agua como el control de crecidas o el riego. En los grandes aprovechamientos el uso hidroeléctrico suele ser en cambio el más importante. Dentro de este segmento, los aprovechamientos binacionales constituyen un capítulo especial en el marco del proceso de integración económica en marcha en la Región. Estos grandes proyectos como son Corpus Christi, Garabí y Panambí entre otros, tanto por su ubicación geográfica como por su capacidad de generación, constituyen una alternativa imprescindible para el abastecimiento del futuro mercado eléctrico regional.

#### **5.- ¿CUÁNTA HIDROELECTRICIDAD PARA ATENDER LA CRECIENTE DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA?**

Es por demás evidente la necesidad que tienen las sociedades modernas de cubrir demandas de energía eléctrica crecientes. Frente a esta realidad, la energía

hidroeléctrica se constituye en una fuente valiosa por su caracterización cualitativa (recurso renovable y no degradable) y cuantitativa (disponibilidad de manera casi permanente, dentro de ciertos rangos de variabilidad).

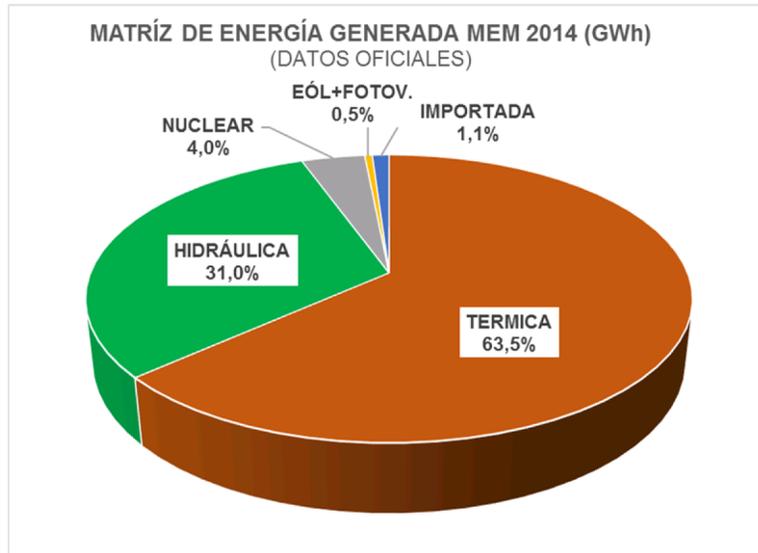
Para hacer una proyección a largo plazo de la demanda total de energía eléctrica del Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), se supuso para las dos próximas décadas, es decir con un horizonte al año 2035, una hipótesis de mínima con una tasa media de crecimiento de la demanda de energía eléctrica del 3,5% anual acumulado, a partir de lo cual se simuló la evolución del parque hidráulico obteniéndose una generación hidráulica media anual de 90.408 GWh/año, lo que implica un aporte de 47.312 GWh/año (ver Cuadro A.5 del ANEXO).

Valga señalar que si nuestro país no se recurre a obras binacionales, no será posible alcanzar valores significativos de participación de la energía hidráulica en la matriz energética nacional. La potencia que le corresponde a la Argentina (50%) en seis proyectos binacionales (3785 MW), equivale al 47% del total aportado por los 30 proyectos nacionales que según el informe de la empresa estatal Emprendimientos Binacionales (EBISA) superan las barrera ambientales impuestas.

## **5.1 ACTUAL COMPOSICIÓN DE LA MATRIZ ELECTRICA**

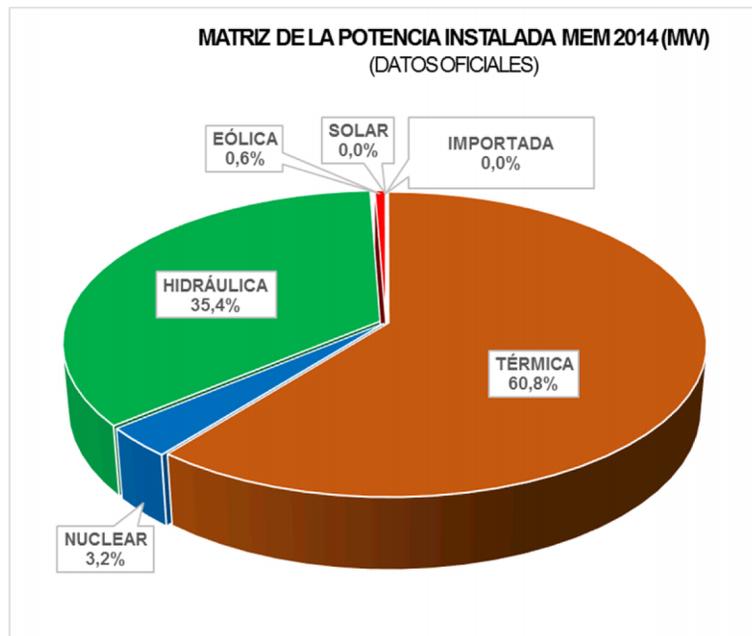
Frente al predominio actual del uso de recursos fósiles no renovables, y con una visión de futuro, puede afirmarse que sería conveniente una matriz que incluya una proporción de fuentes de energía adecuada a las disponibilidades de recursos naturales del país. Entonces la misma debería apoyarse en un recurso natural, renovable y abundante como es el recurso hídrico, tendiendo así tanto a un manejo eficiente del agua como a la sustentabilidad energética mediante el empleo de una energía limpia y barata para hoy y mañana, beneficiando así a las generaciones actuales y futuras.

La realidad actual muestra que, concluido el año 2014, el parque generador interconectado nacional atendió una demanda total de energía de 131.202 GWh, de la cual 129.812 GWh fueron provistos por equipamiento nacional y 1.390 GWh fueron importados, resultando un 63,5% de origen térmico, 31,0% hidráulico, 4,0% nuclear, 0,5 % entre energía eólica y solar y 1,1% importada, porcentajes que pueden apreciarse en la Figura 2.



**Figura 2**

Por otro lado la potencia total instalada del sistema eléctrico argentino resultó ser de 30.138 MW propios más 1.238 MW de potencia adicional importada que hizo un total de 31.376 MW, contribuyendo un 60,8% las centrales térmicas, un 35,4% las hidráulicas, un 3,2% las nucleares, más un 0,6% como suma de fuentes eólicas y solares y 0,0% importada, porcentajes que pueden apreciarse en la Figura 3.



**Figura 3**

## 6.- POSIBLES PROYECTOS PARA UNA OFERTA HIDROELÉCTRICA

El sector del gas y los hidrocarburos debe lograr la adecuada estimación de las reservas. El sector nuclear deberá decidir la tecnología de la IV Central Nuclear. En cambio el sector hidroeléctrico no tiene ni problemas de estimación de recursos – porque cuenta con un catálogo de proyectos – y ni hay dudas en su tecnología, porque es la más antigua de todas. Mantener su vigencia y si es posible aumentar su nivel de participación en la matriz eléctrica nacional pasa por cómo conseguir fuentes de financiamiento y arribar a entendimientos razonables con los grupos que se oponen a las presas.

El Ministerio de Energía de la Nación cuenta con documentación relativa a estudios básicos, desarrollos de ingeniería y planos de una significativa cantidad de proyectos hidroeléctricos elaborados en las décadas de los '70 y '80 por las ex empresas estatales Agua y Energía Eléctrica S.E. e Hidronor S.A. que representa un valioso capital reunido durante el esfuerzo de muchos años.

Se considera que estaríamos en un momento clave para retomar el desarrollo del Sector. Por ello es importante identificar las lecciones aprendidas en el pasado para poder avanzar hacia un desarrollo hidroeléctrico sustentable.

En el Cuadro A.6 del ANEXO se indican 30 proyectos en cartera seleccionados de manera de *maximizar tanto la potencia hidráulica a instalar como la energía media anual a generar*.

De dicho cuadro surge que instalar otros 11.000 MW en los próximos 20 años implicará duplicar la potencia hidráulica actual a un ritmo de 550 MW/año, pero si el plan hidroeléctrico cuenta con aval político, habrá capacidad en ingeniería y construcción y también interés privado en participar y aunque el plan pueda considerarse ambicioso y se encuadre dentro de las cuentas nacionales, luce factible.

En esta selección de proyectos fueron incluidos algunos de carácter binacional que presentan importantes ventajas y dos dificultades principales:

- Las obras binacionales (proyectadas y construidas) han sido el resultado de acuerdos binacionales, que posiblemente se deben actualizar o confirmar.
- Las obras binacionales (incluyendo las del río Bermejo) se encuentran emplazadas en una región tropical con elevada biodiversidad, incluyendo la fauna ictícola, donde sin caer en las exageraciones de ciertos grupos ambientalistas, sería afectada por los embalses de las presas. Por su parte la gente que habita cursos de estas características “viven del río y para el río”, tendiendo al aislamiento familiar. De ahí que sean reacios a las relocalizaciones, que los obliga a vivir en áreas artificialmente urbanizadas, lo que atenta contra sus normas ancestrales de supervivencia. Pero estos hechos pueden ser adecuadamente solucionados.

Para nuestro país será conveniente agotar las negociaciones para continuar con las obras binacionales, enfatizando en las correcciones ambientales. Una ventaja no menor

de las obras sobre los grandes ríos de la Mesopotamia es que sus aportes medios son muy regulares, en especial los del río Paraná, por la presencia de los embalses construidos en el Brasil, que han modificado la curva de duración de caudales favoreciendo la generación energética al incrementar los caudales mínimos.

Cabe consignar que estos proyectos poseen diversos grados de avance, enfocados con pautas que son menester revisar para adaptarlos a los criterios técnicos, económicos y socio-ambientales actuales, por lo cual pueden sufrir cambios en su concepción, modificarse la potencia o la energía capaz de producir o inclusive dejar de ser viables, pero a los fines de avanzar en la comprensión de la problemática se asumen como válidos tal como están.

Finalmente es importante señalar aquí un argumento a favor de la pronta concreción del aprovechamiento Chihuido I que va más allá de su aporte a la generación de energía hidroeléctrica, y que es lograr mejorar en forma significativa el control de las crecidas extraordinarias del río Neuquén, ya que el complejo de Cerros Colorados, emplazado a unos 80 km aguas abajo de este proyecto, ha quedado fuera de rango en cuanto a las exigencias actuales en materia de seguridad hidrológica.

En efecto, el diseño de los vertederos de la estructura de derivación y de la presa frontal sobre el río Neuquén, emplazados en Portezuelo Grande y que constituyen las obras de cabecera del aprovechamiento hidroeléctrico Cerros Colorados, data de la década del '60 del siglo pasado, que usando técnicas estadísticas justificaron una crecida de diseño con un caudal máximo instantáneo de 11.500 m<sup>3</sup>/s, a la que se le asignó una recurrencia de 5.200 años.

Cincuenta años después, los nuevos análisis estadísticos realizados para el diseño de la presa Chihuido I, incorporaron 4 crecidas importantes registradas a partir de 1972, más la ocurrida en el año 2006 que fue de características excepcionales, dieron como resultado que el caudal de diseño de las obras de Portezuelo Grande pasó a tener ahora una recurrencia de sólo 250 años que compromete al Alto Valle.

## **7.- FORMAS POSIBLES DE FINANCIAMIENTO**

En los años '60 del siglo XX, cuando se decidió construir el Complejo Chocón - Cerros Colorados, la financiación de los grandes proyectos que llevó adelante el país se basó en fondos que generaba el mismo "Propietario" en base a su propia generación eléctrica, o con la asistencia de fondos específicos incluidos en las tarifas de venta de energía eléctrica, tal como por ejemplo el fondo específico "Chocón - Cerros Colorados".

Complementariamente las entidades financieras internacionales (BID; Banco Mundial, etc.) aportaron, para algunos proyectos, entre el 25% al 40% de la financiación y los proveedores de los equipamientos electromecánicos intervinieron con el aporte financiero de parte de los mismos, principalmente por suministros manufacturados fuera del país.

Este esquema posibilitó la concreción de las principales fuentes de energía hidroeléctrica que encaró el país, tales como: El Chocón, Cerros Colorados, Salto Grande, Los Reyunos, Alicurá, Agua del Toro, Yacyretá, Salto Grande, Piedra del Águila, etc., obras que materializaron la mayor parte del total hidroeléctrico existente en la actualidad.

Una alternativa para afrontar el financiamiento de los nuevos proyectos hidroeléctricos, a analizar adecuadamente, podría ser entonces impulsar nuevamente la creación de fondos específicos para la construcción de presas y centrales hidroeléctricas.

Es una realidad que las inestabilidades económicas, o cambiarias, en el orden nacional y/o internacional impactan negativamente para atraer inversión privada para proyectos hidroeléctricos, pero debe tenerse en cuenta que los organismos multilaterales de crédito (BID, Banco Mundial, BIRF, agencias de países exportadores de equipamientos, etc.), que habían dejado de financiar este tipo de proyectos a nivel mundial, en los últimos años han revertido esta posición existiendo proyectos en curso de ejecución con financiación proveniente de dichas entidades.

En el mundo existen inversores interesados en lograr la concesión de este tipo de obras de infraestructura, resta concretar los ajustes necesarios para que la reiniciación de una nueva etapa de incorporación de emprendimientos de este tipo sea una realidad.

## **7.1 MODELO ADOPTADO PARA IMPLEMENTAR LOS PROYECTOS**

En el esquema actual, el financiamiento adoptado por el país es del tipo PPP (Participación Público-Privada), por el cual el Estado provincial aporta el recurso hídrico y el territorio, el Estado nacional da los avales y puede aportar una parte menor de la inversión, y la parte restante de la misma la debe aportar el grupo inversor privado, siendo el recupero mediante la venta de energía durante un período de concesión de explotación de la obra.

Algunas provincias, de manera conjunta con el Estado Nacional, están llevando a cabo el proceso licitatorio de varios aprovechamientos hidroeléctricos, con la intención de adjudicar la concesión para su proyecto, construcción, operación y mantenimiento por un cierto período razonable de años, por los cuales una vez concluido dicho plazo, las obras quedan como propiedad de la jurisdicción provincial.

## **7.2 POSIBLES MECANISMOS DE FINANCIACIÓN**

A continuación se incluyen algunas ideas que pueden contribuir a resolver los problemas actuales de financiamiento de este tipo de emprendimientos.

- Creación de un fondo específico. Hace no mucho tiempo existió un Fondo de Infraestructura Hídrica, a partir de una parte del precio del gasoil, para financiar obras de control contra inundaciones, que funcionó bien, ya que se hicieron varias obras hidráulicas.

- Gestión ante las entidades financieras mundiales, como BID, CAF, BM. Estas entidades, que se habían retirado de la financiación de obras hidroeléctricas en la década de 1990, han vuelto a hacerlo actualmente (por ejemplo el proyecto Tocomá, en Venezuela). Concurriendo a estas entidades con proyectos claros y bien definidos existirían posibilidades ciertas de obtener financiación.
- Financiación a la exportación de otros países. Este sistema demostró siempre su utilidad en cuanto a la financiación de exportaciones de equipos y servicios de un país. Se desnaturalizó después cuando aparecieron los créditos “atados” a un contratista o proveedor. Para viabilizar lo anterior el procedimiento debería ser: Definido un suministro se lo licita y se pide financiación junto con la propuesta. Con una fórmula combinada (precio más financiación), previamente conocida, se adjudica a la forma más conveniente (no necesariamente la más barata ni la más financiada).
- Evitar procedimientos usuales en Latinoamérica, como el que aparecen grupos empresarios con financiación y ofrecen hacer una obra que aún no fue licitada, con precios que suelen no ser los mejores.
- Los procesos de licitación deberían contemplar que se pueda aprovechar la experiencia acumulada en el país, tanto a nivel de las empresas constructoras, como las de ingeniería.

Naturalmente que cualquiera de estas variantes, o posibilidades, debería ser desarrollada por una agencia, u organización del Estado, que tome el tema con la importancia que tiene y la desarrolle de manera planificada.

### **7.3 ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN NECESARIA**

Un detalle no menor es que con el enfoque actual a nivel mundial debe asumirse que el costo de los proyectos tenga un alto componente ambiental y social cuestión que pasa a incrementar los presupuestos. Esto evidentemente no pudo tenerse en cuenta cuando se elaboraron los proyectos, razón por la cual la información disponible sobre costos de los mismos responde a estimaciones presupuestarias efectuadas a partir de criterios empleados en épocas pasadas.

En la actualidad, considerando un factor de planta cercano a 0,50, se acepta que el costo unitario de estos proyectos, incluyendo los destinados a atender la problemática ambiental y social, puede estar en el orden de 2.500 a 3.000 u\$/kW instalado.

Adoptando tentativamente un costo de 2.500 u\$/kW para estimar la inversión total en los proyectos hidráulicos multipropósito seleccionados en este documento (ver Cuadro A.6 del ANEXO), se arriba a una inversión total del orden de los 27.000 M u\$ a realizar en las próximas dos décadas, por lo que la inversión media anual en el período 2015 - 2035 resultaría ser entonces del orden de los 1.300 M u\$, con un cronograma de inversiones anuales que podría asemejarse al indicado en la Figura 4.

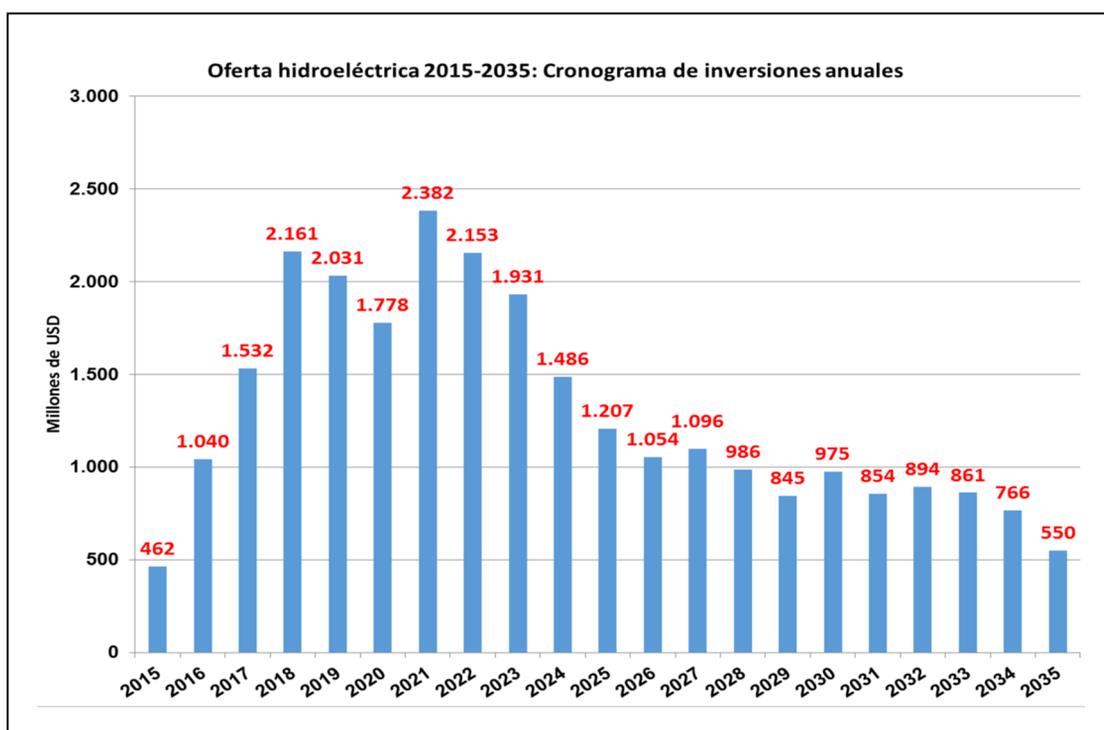


Figura 4

## 8.-SUSTENTABILIDAD DE LOS PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS

El enfoque positivista de los promotores de los proyectos [Ref. 3], al reconocer que el agua es un recurso natural crítico, se refiere a que debe enfatizarse que sin la misma no podría existir la vida. Las presas de embalse han proporcionado a las personas una fuente confiable de agua y son estas obras las que permiten captar y almacenarla en los períodos de excedencias para luego usarla durante los períodos de estiaje.

La disponibilidad de energía es esencial para el desarrollo socio-económico de un país, hoy en día la misma es abastecida principalmente por combustibles fósiles, pero éstos se están agotando y a su vez contribuyen a la contaminación atmosférica y al cambio climático. Es evidente que debemos buscar formas de generar electricidad sin emitir sustancias nocivas al aire, resultando la fuente hidráulica la energía natural de origen en muchos países, pero el logro de una vida mejor implica cambios en el medio ambiente natural.

Históricamente, en general, se priorizó atender las necesidades inmediatas de agua y energía para las personas, pero hoy se reconoce la importancia del medioambiente y la necesidad de una protección a largo plazo contra la contaminación, y todo nuevo proyecto involucra el enfoque ambiental, con un cúmulo de estudios a la par del hidrológico, geológico, sísmico, hidráulico o estructural, y recomendaciones que incluyen planes de mitigación, compensación, monitoreo y contingencias.

Cuando son evaluadas las soluciones alternativas que pueden competir con la construcción de una presa, para estimar su valor económico es imprescindible tener en cuenta el carácter multipropósito de estos aprovechamientos hidráulicos, como por

ejemplo: la generación de energía, la provisión de agua para riego o para uso industrial o para consumo humano, la atenuación de crecidas, la recuperación de tierras anegables, la navegación fluvial, el turismo y la recreación, aspectos no disponibles en otros tipos de alternativas que se quieran comparar.

Hoy en día se intenta analizar el avance logrado en la industria hidroeléctrica para poder superar la controversia existente entre promotores y opositores de las grandes presas, y esbozar mecanismos para que esta actividad pueda reactivarse sustentablemente. Para ello se cuenta con una mayor experiencia, conocimiento y políticas nacionales que reconocen el carácter multiuso del recurso agua y multipropósito de las presas hidroeléctricas, y la preservación del ambiente para alcanzar un desarrollo económico y social sustentable.

En el pasado el desalojo de poblaciones que vivían en las tierras que quedaron bajo el agua por el llenado de los embalses hizo que pierdan parte o la totalidad de sus tierras, con el agravante de que a su vez se perdieron las tierras ribereñas de mejor calidad. El reasentamiento ha sido en general involuntario y traumático y estas personas no siempre han recuperado sus medios de sustento.

Los opositores esgrimen además que los esfuerzos para la mitigación de los impactos adversos no lograron el éxito esperado y que la participación de los afectados en la planificación y ejecución de los proyectos de presas, en general ha resultado pobre, por lo que afirman que es uno de los motivos por el cual los grupos más humildes y vulnerables sean los que deban soportar una parte de los costos sociales y ambientales de éstas obras, sin haber podido recibir los beneficios producidos por las mismas.

Cabe mencionar asimismo que la ejecución de nuevos proyectos no siempre encontrará una oposición objetiva, en cuanto a sus impactos ambientales y sociales, ya que en muchos casos deben enfrentarse posiciones dogmáticas sin posibilidad de discusión técnica de los aspectos involucrados. En Brasil se ha trabajado mucho con “facilitadores” para generar talleres de discusión con los ribereños y las ONG ambientalistas.

## **8.1 MECANISMOS DE EVALUACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD**

Muchos defensores de las energías renovables no están a favor de los grandes aprovechamientos hidráulicos por sus potenciales impactos, pero debe admitirse que si bien, todos los proyectos de infraestructura provocan un cierto impacto sobre el medio natural y la población local, lo relevante es que estos impactos potenciales sean identificados de manera temprana durante el desarrollo del proyecto y puedan ser gestionados y mitigados de un modo adecuado.

La tecnología de la industria hidroeléctrica ha recorrido un largo camino en términos de poder interpretar y mitigar algunos de sus efectos adversos sobre el medio ambiente y tal vez sea hora de que como parte de las energías renovables se considere a la explotación hidroeléctrica como una energía limpia que puede proporcionar una gran reducción de los gases de efecto invernadero que producen aquellas tecnologías que emplean combustibles fósiles.

Con respecto a la sustentabilidad de los proyectos hidráulicos de gran escala destinados, entre otros usos, a almacenar agua y a producir energía hidroeléctrica, los organismos internacionales de financiación reconocen que el desarrollo es siempre un compromiso y para encontrar equilibrios aceptables para los grandes proyectos de infraestructura diversas instituciones de prestigio internacional vienen realizando esfuerzos para producir las mejoras necesarias en este tipo de infraestructura como respuesta a las necesidades de la sociedad.

Muchas investigaciones fueron dirigidas a definir y comprender los problemas potenciales, sus consecuencias y las posibles medidas de mitigación, orientadas a evitar o corregir las consecuencias negativas y maximizar los resultados positivos. La integración de las consideraciones ambientales y sociales en la concepción, planificación, diseño y operación de embalses y sistemas de energía hidroeléctrica es actualmente una práctica estándar en la mayoría de los países.

El valor de la identificación precoz y el análisis de los potenciales problemas ambientales y sociales, desde el principio de un proyecto, son ampliamente reconocidos como de importancia primordial para el desarrollo eficaz del mismo, debiéndose destacar la relevancia de que estos temas sean analizados y debatidos en un proceso de negociación global, incluyendo a todos los sectores y jurisdicciones de la administración pública y sociedad civil y sus organizaciones interesadas y afectadas.

En este contexto cabe destacar que la Asociación Internacional de Hidroenergía (IHA) y la Agencia Internacional de Energía (IEA) han trabajado juntas para promover la capacitación y el intercambio de conocimientos y experiencias sobre mitigación de impactos ambientales y sociales en la industria hidroeléctrica.

La IHA ha producido directrices de sustentabilidad y un protocolo de evaluación de la sustentabilidad hidroeléctrica, el cual tiene previsto un proceso de mejora continua a través del funcionamiento del Foro de Evaluación de la Sustentabilidad Hidroeléctrica.

Este Foro se conformó como un grupo de trabajo multisectorial que cuenta con representantes de diferentes partes interesadas que busca operar en todo momento con transparencia, buena voluntad y por consenso. El mismo funciona en internet como una forma de colaboración de los representantes de diferentes sectores que tienen como objetivo desarrollar una herramienta de evaluación de la mejora de la sustentabilidad para medir y guiar el desempeño del sector hidroeléctrico y está integrado por representantes de gobiernos de países desarrollados y en desarrollo, así como de instituciones financieras internacionales, organizaciones no gubernamentales y de la misma industria hidroeléctrica.

Como parte de un intenso trabajo realizado por el citado Foro entre 2008 y 2010 se desarrolló el antes mencionado Protocolo Internacional de Energía Hidroeléctrica [Ref. 4], el que fue lanzado oficialmente en Brasil, en junio de 2011 y celebró la primera Asamblea General del Consejo de Evaluación de Sustentabilidad de la Hidroelectricidad en Malasia, en mayo de 2013, es decir representa una cuestión interesante y muy reciente, con fuerte inserción de múltiples partes.

En el Protocolo se identifican y explican los aspectos importantes de la práctica sustentable de la industria hidroeléctrica, e identifican esquemas que muestran cómo se pueden abordar temas específicos, en resumen se pretende que se utilice como un foro de aprendizaje para ayudar al desarrollo sustentable y la operación continua de los proyectos hidroeléctricos.

Dicho Protocolo proporciona un marco exhaustivo para evaluar los aspectos ambientales, sociales, técnicos y económico-financieros de nuevos proyectos hidroeléctricos, así como la gestión de los sistemas existentes.

## **9. IMPACTOS DEBIDOS AL CAMBIO CLIMÁTICO EN ARGENTINA**

Según la última comunicación efectuada por la Argentina [Ref. 5] el importante calentamiento del planeta no ha incidido solamente en la temperatura sino en las otras variables climáticas como las precipitaciones, entre las de mayor impacto para el país.

Desde el punto de vista de los recursos hídricos se puede afirmar que en Argentina llueve en promedio un 20% más que hace 40 años y por lo tanto muchas zonas del país tendrán que adaptarse a vivir con esta situación de grandes precipitaciones.

Las causas de estos procesos han de hallarse en el marcado calentamiento terrestre, con su correlato importante en la cuenca del Océano Atlántico Sur, que en los últimos 50 años ha incrementado su energía calórica con el consiguiente incremento de la evaporación, hecho que también influye en las características termodinámicas de las corrientes oceánicas. Es así que el contenido de humedad de las masas afectadas se haya incrementado, resultando la causa de la mayor inestabilidad de masa y de precipitaciones en forma de tormentas.

### **9.1 TENDENCIAS CLIMÁTICAS OBSERVADAS**

En líneas generales las tendencias climáticas observadas son:

- Aumento de las precipitaciones medias anuales en casi toda la Argentina y muy especialmente en el Noreste y en la zona oeste periférica a la región húmeda tradicional.
- Aumento de la frecuencia de precipitaciones extremas en gran parte del este y centro del país.
- Aumento de la temperatura en la zona cordillerana de la Patagonia y Cuyo con retroceso de glaciares.
- Aumento de los caudales de los ríos y de la frecuencia de inundaciones en todo el país excepto en San Juan, Mendoza, Comahue y norte de la Patagonia cuyos ríos muestran un descenso a partir de del año 1980. En cambio el río Paraná muestra una tendencia creciente muy marcada desde el año 1970. En el Cuadro 5 se aprecia algunas variaciones registradas.

- Aumento de la altitud de la isoterma 0° C en la mayor parte de la región cordillerana, desde Cuyo hasta Tierra del Fuego, como se aprecia en la Figura 5.

## 9.2 IMPACTOS ESPERABLES EN EL SIGLO XXI

Todo indicaría que el Cambio Climático Global aumentará o creará nuevas vulnerabilidades en nuestro país, tales como:

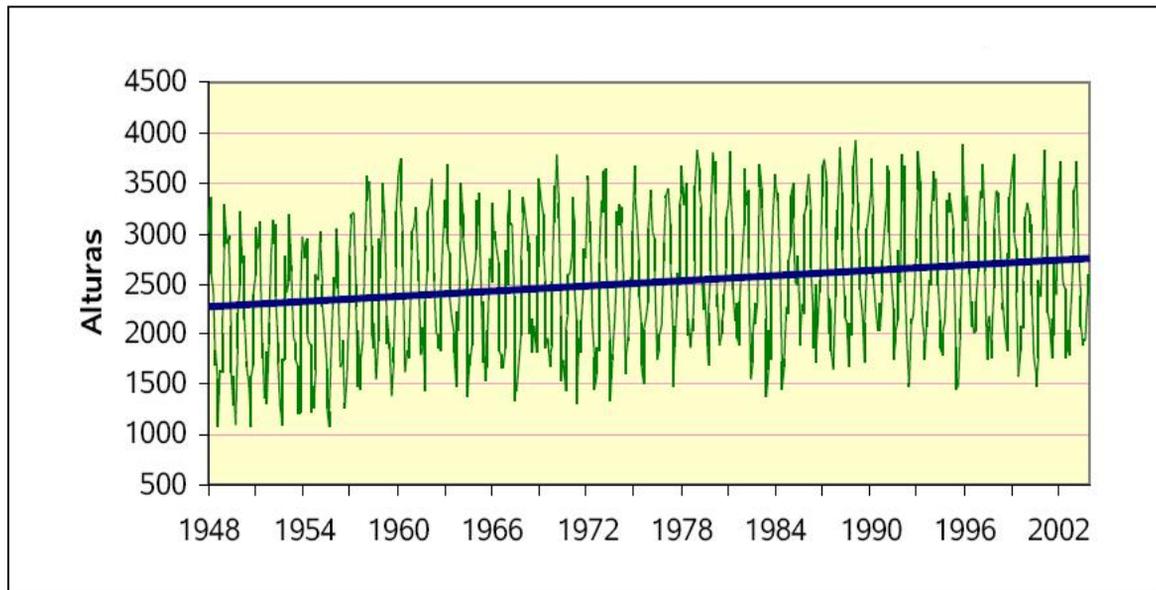
- Aumento de las inundaciones de origen pluvial en la región NEA, debido a que continuaría en aumento la frecuencia e intensidad del sistema convectivo de mesoescala.
- Aumento de la frecuencia de precipitaciones intensas en la región NOA y en consecuencia, se podrán intensificar las inundaciones, tempestades y aluviones que constituyen las amenazas principales en la región.
- Aumento del estrés hídrico en todo el norte y parte del oeste del país debido a la misma causa.
- Retroceso de la precipitación nival en la cordillera de los Andes y probable crisis del agua en Mendoza y San Juan, y para las próximas décadas una disminución de la generación hidroeléctrica en el Comahue.
- Continuidad de la alta frecuencia de precipitaciones intensas y por ende un mayor riesgo de sufrir inundaciones en las zonas actualmente afectadas.
- Aumento de la frecuencia e intensidad del fenómeno El Niño, debido al calentamiento global, por lo tanto, aumentarían los niveles de riesgo de inundación de origen fluvial actuales.
- Aumento progresivo de la temperatura media en toda la Patagonia.
- Ascenso progresivo de la isoterma de 0 °C que afectará la acumulación nival en la región cordillerana, desde Cuyo hasta Tierra del Fuego.
- Modificación del hidrograma anual de los ríos cordilleranos desde el río Neuquén al sur por el ascenso de la “línea de nieve” con aumento de la onda de crecida invernal por lluvias y disminución de la onda de crecida de primavera-verano por fusión nival.

### CAMBIO CLIMATICO TENDENCIAS REGISTRADAS EN DIFERENTES RIOS

RIO	CONTROL	CAUDALES MEDIOS ANUALES [m <sup>3</sup> /s]		
CUENCA DEL PLATA		1943-1970	1971-2014	variación %
PARANA	YACYRETA	11.245	14.363	27,7%
URUGUAY	SALTO GRANDE	3.944	5.383	36,5%
RÍOS CORDILLERANOS		1943-1979	1980-2014	variación %
NEUQUEN	PASO DE LOS INDIOS	298	302	1,3%
LIMAY	ALICURA	286	242	-15,4%
LIMAY	PIEDRA DEL AGUILA	716	616	-14,0%
FUTALEUFU	FUTALEUFU	295	263	-10,8%
CHUBUT (*)	FLORENTINO AMEGHINO	50	45	-10,0%

(\*) con datos hasta 2004

### Cuadro 5



**Figura 5**

**Tendencia de la altura de la Isotherma de 0° C en 40° Sur y 70° Oeste, período 1948-2002**

La disminución estimada de los caudales de los ríos cuyanos para la década 2021-30 frente a lo registrado en el período 1961-90 podría ser la indicada en el Cuadro 6. La franja cordillerana patagónica puede presentar fuertes reducciones de la precipitación y los descensos serían más pronunciados durante el invierno que en el verano, afectando a las cuencas de los ríos Limay, Neuquén, Negro, Colorado y Chubut. La disminución en el caudal de todos estos ríos implicará una disminución en la generación de energía por parte de las centrales hidroeléctricas en operación sobre los mismos.

### Cuadro 6

**Disminución estimada en ríos cuyanos**

RÍO	MERMA DE CAUDALES
San Juan	-29,5%
Mendoza	-13,2%
Tunuyán	-12,5%
Diamante	-12,9%
Atuel	-9,7%

Fuente: Boninsegna y Villalba, 2006

## **10. CONVENIENCIA DE CONTAR CON UN ÁMBITO ESPECÍFICO DE GESTIÓN DENTRO DEL ESTADO**

Las presas y embalses comprenden las grandes estructuras ingenieriles, por ello cada proyecto tiene una problemática muy particular por la cantidad y complejidad de los estudios a desarrollar hasta alcanzar un nivel de conocimiento y de certezas aceptables para proceder a su construcción (investigación hidrológica, sísmica, geológica, geotécnica, socio-ambiental, métodos constructivos, materiales disponibles, etc.). Todo este proceso puede requerir un período prolongado desde la concepción de la idea hasta la puesta en servicio de la obra.

No hay dudas de que es el Estado el que debe tomar a su cargo la revisión y actualización de los estudios y proyectos hidráulicos de usos múltiples en cartera, afirmación basada en que después del proceso de privatización de la década del '90 ningún inversor privado demostró interés por el tema. Dado que al Estado le corresponde elaborar la planificación de la energía a corto, mediano y largo plazo, cabe entonces la necesidad de definir una Política de Estado que promueva la construcción de presas con sentido estratégico en el marco de un plan de desarrollo nacional y regional.

Esta planificación de la energía que incluye la construcción de presas con fines hidroeléctricos, deberá estar coordinada con la planificación que el propio Estado realice del uso de los Recursos Hídricos del país, con participación e intervención de todos los sectores y jurisdicciones del Estado y de la sociedad civil y sus organizaciones.

En un proceso racional para la elaboración de un programa que apunte a la solución integral de la oferta eléctrica, aprovechando la experiencia del pasado en materia de construcción y explotación de grandes obras hidroeléctricas, surge conveniente recrear un ámbito específico desde donde se gestione todo lo inherente al desarrollo de proyectos hidroeléctricos, a tal fin se podría pensar entonces en organizar el funcionamiento de una agencia autárquica que se dedique a la problemática.

La Agencia Federal de Energía, como ya fuera propuesto por la Academia Nacional de Ingeniería [Ref. 6] entre sus principales funciones debería tener a su cargo: conformar el Catálogo de Proyectos Hidroeléctricos; actualizar y completar un "Manual para la Estimación de Costos"; elaborar un "Manual de Procedimientos para la Evaluación Ambiental"; realizar la planificación de corto, mediano y largo plazo del Sector Hidroeléctrico; desarrollar los estudios básicos y de diseño para actualizar los proyectos existentes; promover la concreción de aprovechamientos hidroeléctricos binacionales; licitar su construcción y adjudicar su ejecución; coordinar con las administraciones provinciales la aplicación de la política nacional de generación hidroeléctrica.

Es también que a través de esta Agencia que las Provincias con recursos hidroeléctricos quedarán integradas a la elaboración del programa de obras y donde podrán velar por que otros usos del recurso hídrico, de gran impacto para las economías regionales, sean ponderados de un modo equitativo.

Sólo considerar la gestión de los proyectos de más de 50 MW de potencia instalada en cartera, requerirá de inversiones importantes tanto para poder realizar la revisión de los estudios e investigaciones de los emprendimientos hidroeléctricos, así como para captar y mantener los recursos humanos calificados para poder llevar adelante su realización (licitar, evaluar ofertas y adjudicar los trabajos, evaluar los resultados obtenidos, etc.).

A ello se suman las obras hidráulicas (presas, embalses y obras complementarias) actualmente concesionadas por el Estado Nacional, que habrá que gestionar a la finalización de los Contratos de Concesión para volver a licitar su explotación por privados, privados/públicos o públicos según la política que rijan entonces.

## 11. RECOMENDACIONES

- El Plan de Construcción de Obras Hidroeléctricas debiera convertirse en una *POLITICA DE ESTADO*, estableciendo compromisos ciertos de inversiones en el Presupuesto Nacional, alejados de toda influencia política circunstancial. Surge conveniente a tal fin recrear un ámbito específico dentro del Estado, por caso una Agencia Federal, desde donde se gestione todo lo inherente al desarrollo de proyectos hidroeléctricos.
- Concretar un plan de obras hidroeléctricas como el que se propone en el presente documento implicará para Argentina un esfuerzo técnico, económico, financiero y de gestión importante, que obliga a tratar el tema cuanto antes y dentro de una planificación energética global de largo plazo. De materializarse, ello sin dudas redundará en un positivo efecto macroeconómico con un fuerte impacto en la economía del país y de la región donde se implanten los proyectos, por la incorporación de nuevas fuentes de trabajo con gran demanda de insumos de origen nacional, personal técnico calificado y mano de obra intensiva.
- Se considera conveniente analizar las obras nacionales propuestas en función de su ubicación geográfica, no sólo por los efectos ambientales, sino en especial por la influencia regional del cambio climático y su impacto sobre las escorrentías
- El Estado Nacional y los Estados Provinciales, antes de licitar estas obras de gran envergadura, deberían establecer reglas claras, precisas e inamovibles de participación del capital privado que definan los presupuestos mínimos y las bases económico-jurídicas sobre las que se asentará el proceso licitatorio, también será importante decidir aspectos de política económica vinculados con los aportes públicos directos y avales. En tren de potenciar los mecanismos de participación del capital privado, debe establecerse de antemano las condiciones de seguridad del recupero de la inversión, principalmente ante imponderables o imprevistos durante el período de construcción.
- En este sentido se enumeran pautas a tener en cuenta para impulsar este tipo de proyectos:

- 1. Disponer de un proyecto completo para todos los componentes de la obra:** Es de suma importancia que antes de ofrecer el aprovechamiento hidroeléctrico a licitación pública su proyecto se encuentre elaborado con un nivel de detalle tal que permita una estimación ajustada de su presupuesto definitivo. Naturalmente este presupuesto debe incluir el monto del sistema de transporte de la energía en alta tensión hasta el nodo de interconexión eléctrica o en su defecto hasta el centro de consumo.
- 2. El estudio de impacto ambiental debe estar concluido:** Es fundamental que su elaboración sea completa y que incluso se hayan realizado las Audiencias Públicas con las organizaciones que agrupan a los afectados, con las ONG ambientalistas y con otras organizaciones que tengan intereses varios en el proyecto. Esta cuestión es primordial que se encuentre resuelta antes del inicio de la construcción para asegurarse la obtención de las licencias correspondientes y la autorización de la autoridad competente. La intervención en la organización y desarrollo de la Audiencias Públicas así como una amplia difusión acerca de los beneficios que otorgará la obra se consideran herramientas de convencimiento muy importantes a los fines de lograr que el proyecto se concrete sin interferencias.
- 3. Los estudios financieros completos:** Estos análisis son los que deben asegurar la viabilidad financiera del proyecto. Es necesario que quede fehacientemente demostrado que los fondos autogenerados por el emprendimiento pueden hacer frente a los pagos de los servicios de deuda de los préstamos recibidos y a los costos de operación y mantenimiento.
- 4. Estudios tarifarios considerando todo el Sistema Interconectado Nacional (SADI):** Tienen que quedar determinadas con antelación las tarifas a las cuales será vendida la energía generada por la central hidroeléctrica y demostrada la competitividad de las mismas para la industria argentina.
- 5. Definir con claridad la cuestión institucional:** Debe quedar establecido con antelación a la construcción del aprovechamiento quienes tendrán a su cargo desempeñar las funciones de: 1) Comitente, 2) Inspector de obra y 3) Responsable de la explotación, en particular cuando se trata de contratos BOT, que son claves para el éxito de la ejecución y de la operación de una obra pública de gran magnitud.
- 6. Asegurar la calidad de ejecución de la obra:** Es recomendable que estén separadas las tareas de: inspección, elaboración del proyecto ejecutivo y construcción de la obra.

**7. La información básica debe ser lo más completa posible:** Para disminuir los riesgos durante la construcción y la operación de la obra, evitar los mayores costos, reducir la variabilidad de los beneficios estimados y lograr tasas de financiación más bajas es de vital importancia que el proyecto del aprovechamiento hidroeléctrico se realice disponiendo de información básica lo más confiable posible. Habitualmente lo más difícil de cubrir satisfactoriamente es la información hidrológica, la sismológica y la geotécnica vinculada con el diseño de las fundaciones. Por ello es conveniente que esta información sea provista por el Estado que es quien se encuentra en mejores condiciones de asegurar la calidad y suficiencia de esta información. Esta transferencia de riesgo del sector privado al estatal permite, al disminuir la incertidumbre, mejores proyectos junto con la reducción de costos de ejecución y financieros.

- Dado que los emprendimientos hidroeléctricos suelen ser multipropósito, a la hora de seleccionar la cartera de proyectos deberían quedar claramente establecidos aquellos usos prioritarios que pudieran afectar o condicionar la oferta de energía hidroeléctrica. El Estado debiera hacerse cargo de aquellos costos no energéticos de la obra (regulación de crecidas - seguridad pública, riego, navegación, turismo) en la medida en que éstos costos no puedan ser trasladables a la tarifa de electricidad, a fin de hacer viables los proyectos de aprovechamientos múltiples.
- Si no se recurre a obras binacionales, no será posible alcanzar valores significativos de participación de la energía hidráulica en la matriz energética nacional. En tal sentido será conveniente para nuestro país agotar las negociaciones que permitan continuar con las obras binacionales, poniendo énfasis en la remediación de los temas socio ambientales.
- Una ventaja no menor de las obras sobre el río Paraná, es la regularidad de sus aportes por la presencia de los embalses construidos en el Brasil, que han modificado la curva de duración de caudales incrementando los caudales mínimos lo que favorece la generación energética. Asimismo se recomienda analizar las obras nacionales propuestas en función de su ubicación geográfica, no tanto por los impactos ambientales, sino por la influencia regional del cambio climático y la disminución de las escorrentías.
- Surge necesario dar curso en el ámbito legislativo a la actualización de la normativa en materia de línea de ribera, ya que es de suma importancia que la zona de ribera aguas abajo de los aprovechamientos hidroeléctricos se encuentre reglamentada a fin de evitar futuros conflictos con los ribereños, los que terminan por afectar la operación de estas obras (regulación del uso de tierras ribereñas) y por ende su seguridad estructural.

## 12. REFERENCIAS

1. *“DIEZ RAZONES PARA ARGUMENTAR A FAVOR DE LA HIDROELECTRICIDAD”*, aspectos consensuados entre participantes de la Conferencia de Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible, Johannesburgo, Sudáfrica, 2002, y del 3º Foro Mundial del Agua, Kyoto, Japón, 2003.
2. *“DECLARACIÓN MUNDIAL SOBRE ALMACENAMIENTO DE AGUA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE”*, Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD), Comisión Internacional de Riego y Drenaje (ICID), Asociación Internacional de Hidroenergía (IHA) y Asociación Internacional de Recursos Hídricos (IWRA), Kyoto, Japón, junio, 2012.
3. *“LAS PRESAS Y EL AGUA EN EL MUNDO, UN LIBRO SOBRE EL PAPEL DE LAS PRESAS EN LA GESTIÓN DEL AGUA”*, Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD), París, Francia, 2007.
4. *“HYDROPOWER SUSTAINABILITY ASSESSMENT PROTOCOL”*, International Hydropower Association (IHA), Suiza, 2010.
5. *“SEGUNDA COMUNICACIÓN NACIONAL A LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO”*, Argentina, 2006.
6. *“REFLEXIONES SOBRE UNA MATRIZ ENERGÉTICA SOSTENIBLE”*, Instituto de Energía, Academia Nacional de Ingeniería, Argentina, 2011.
7. *“SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS HIDROELÉCTRICAS SOBRE EL RÍO SANTA CRUZ”*, Instituto Argentino de Energía, Argentina, 2015.

# ANEXO

## OFERTA HIDROELÉCTRICA ARGENTINA

### PERÍODO 2016 - 2035

Es de sumo interés la cuantificación de la oferta hidroeléctrica argentina a fin de poder evaluar el nivel de participación que en el futuro esta fuente de energía renovable podría tener en la producción de electricidad.

La generación hidroeléctrica habitualmente está estrechamente vinculada con la regulación de los ríos, lo que no es un detalle menor para un país semiárido como la Argentina, particularmente en lo que hace a aumentar la garantía de utilización de un recurso cada vez más escaso como el agua.

La oferta hidroeléctrica de un país o de una región suele presentarse como suma de energías medias anuales (EMA) de los aprovechamientos sin reparar en que los aportes hídricos son aleatorios.

En un intento de enriquecer la caracterización de la oferta hidroeléctrica argentina se ha recurrido a una simulación simplificada a paso semanal, para el período 1980 – 2014, de las principales centrales hidroeléctricas que conforman más del 85% de la generación hidráulica nacional, sin considerar normas conjuntas de operación pero teniendo en cuenta la aleatoriedad de nuestros ríos.

Restringir la simulación al período 1980 – 2014 obedeció a los análisis de homogeneidad realizados sobre las series de caudales anuales de los principales ríos argentinos (Paraná, Uruguay, Limay, Neuquén y Futaleufú). Como resultado de este análisis se detectó a través de test estadísticos la falta de homogeneidad de las series de los ríos Limay y Futaleufú (con año de corte en 1980) y las de los ríos Paraná y Uruguay (con año de corte en 1970). También quedó demostrada la independencia entre los aportes de los ríos del Litoral y los Norpatagónicos, lo cual favorece una mayor garantía conjunta de la oferta hídrica nacional.

Las energías medias anuales obtenidas por simulación fueron ajustadas con una función de distribución Normal, resumiendo los principales parámetros de la muestra en el Cuadro A.1.

**CUADRO A.1**

<b>Grandes Centrales Hidroeléctricas período 1980-2014</b>		
Media	38.265,8	GWh/año
Desvío STD.	4.022,0	GWh/año
Coef. variación	0,105	
Coef. asimetría	- 0,281	

Para el resto del Parque Hidroeléctrico, de participación minoritaria, se dispuso de una simulación que reunía los aprovechamientos del NOA, CUYO, CENTRO y

COMAHUE para el período 1943 – 2004. La suma de las energías medias anuales de esta simulación fue ajustada también con una función de distribución Normal cuyos principales parámetros de la muestra resultaron ser los siguientes:

**CUADRO A.2**

<b>Resto del Parque Hidroeléctrico período 1943-2004</b>		
Media	4.830,6	GWh/año
Desvío Std.	861,1	GWh/año
Coef. variación	0,178	
Coef. asimetría	0,318	

Es sabido que la suma de dos variables aleatorias normales X e Y genera otra variable normal Z tal que  $E(Z) = E(X) + E(Y)$  y  $\sigma^2(Z) = \sigma^2(X) + \sigma^2(Y)$  por lo que la representación probabilística de la oferta hidroeléctrica en el año 2014 fue estimada con una función de distribución Normal caracterizada por los estadísticos resumidos en el Cuadro A.3.

**CUADRO A.3**

<b>Oferta hidroeléctrica estimada para el año 2014</b>			
<b>Media Z</b>	43.096,4	GWh/año	
<b>Desvío Std. Z</b>	4.113,1	GWh/año	
<b>Coef. variación Z</b>	9,54%		
<b>Prob (Z &lt; z)</b>			
0,05	36.330,9	GWh/año	27,7%
<b>0,50</b>	<b>43.096,4</b>	<b>GWh/año</b>	<b>32,8%</b>
0,95	49.861,9	GWh/año	38,0%

En el Cuadro A.4 se indica la generación registrada en el MEM por tipo de fuente durante el año 2014.

**CUADRO A.4**

<b>FUENTE</b>		
TERMICA	83.263	GWh/año
<b>HIDRÁULICA</b>	<b>40.662</b>	<b>GWh/año</b>
NUCLEAR	5.258	GWh/año
EOLICA & SOLAR	629	GWh/año
IMPORTADA	1.390	GWh/año
<b>GENERAC. TOTAL</b>	<b>131.202</b>	<b>GWh/año</b>

En consecuencia, haciendo uso de la función de distribución así estimada, se le puede asignar a la generación hidroeléctrica del año 2014, una probabilidad de no ser superada de tan sólo el 27,7%, indicativo de que año el 2014 ha resultado ser un año de hidraulicidad conjunta baja.

Suponiendo una tasa de crecimiento del 3,5% a.a., la demanda de energía eléctrica para el año 2035 ascendería a 270.208 GWh/año.

Si en las dos próximas décadas entraran en servicio los 30 aprovechamientos que se han seleccionado (ver Cuadro A.6), con una potencia instalada total del 10.984 MW y una EMA de 47.312 GWh/año y se admite además que la función de distribución que representa a la hidroelectricidad en el año horizonte (2035) continua siendo una ley Normal que conserve el coeficiente de variación de la función de distribución de probabilidades actual, la participación de la hidroelectricidad se mantendría en el orden del 33%.

En caso de producirse a fines del período bajo análisis (2035) un año de baja hidraulicidad (aquel asociado con una chance de no ser superado en tan sólo el 5% de los años) habría que contar con una reserva térmica capaz de generar del orden de 14.200 GWh/año – tal como surge del Cuadro A.5 – para así poder compensar la merma de la generación hidroeléctrica. Esta cantidad de energía sería equivalente a la producción anual de tres centrales térmicas como GENELBA compuesta por un CC de 660 MW y una TG de 165 MW.

**CUADRO A.5**

<b>AÑO 2035</b>	<b>(CDF Normal con igual Cv)</b>		
<b>GENERACIÓN TOTAL</b>	<b>270.202</b>	<b>GWh/año</b>	
<b>HIDRÁULICA</b>	<b>33,5%</b>	<b>GWh/año</b>	
delta HIDRO instalado	47.312	GWh/año	
<b>Media Z</b>	<b>90.407,9</b>	<b>GWh/año</b>	
<b>Desvío Std. Z</b>	<b>8.628,5</b>	<b>GWh/año</b>	
<b>Coef. variación Z</b>	<b>9,54%</b>		
<b>Prob (X &lt; x)</b>			
0,05	76.215,3	GWh/año	28,2%
<b>0,50</b>	<b>90.407,9</b>	<b>GWh/año</b>	<b>33,5%</b>
0,95	104.600,5	GWh/año	38,7%
<b>Reserva Térmica</b>	<b>14.192,6</b>	<b>GWh/año</b>	

CUADRO A.6

PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS EN CARTERA SELECCIONADOS				
	Denominación	Potencia [MW]	EMA [GWh/año]	Plazo de Ejecución (años)
1	A.H. Corpus en Pindo-I (50% Argentina)	1.440	10.088	10,0
2	C.H. Aña Cuá (50% Argentina)	135	1.000	3,0
3	Ampliación C.H.Yacyretá (50% Argentina)	240	1.500	3,0
4	A.H. Garabí (50% Argentina)	576	2.985	5,0
5	A.H. Panambí (50% Argentina)	524	2.738	5,0
6	A.H. Punta Negra	62	296	finalización 2016
7	A.H. El Tambolar	70	343	4,0
8	A.H. Cordón del Plata I	847	2.291	5,0
9	A.H. Cordón del Plata II	214	443	5,0
10	A.H. Cordón del Plata III	325	560	5,0
11	A.H. Los Blancos I	324	900	5,0
12	A.H. Los Blancos II	162	450	
13	A.H. Portezuelo del Viento	216	887	6,0
14	A.H. Chihuido I	637	1.750	6,5
15	A.H. Chihuido II	234	1.075	3,5
16	C.H. El Chañar	69	366	3,0
17	A.H. Río Negro Superior	117	801	
18	A.H. Belisle	84	400	
19	A.H. Chelforó	130	670	
20	A.H. Chimpay Oeste	230	1.212	
21	A.H. Pini Mahuida	320	1.409	4,5
22	A.H. La Invernada	320	1.402	4,5
23	A.H. Cerro Rayoso	261	1.144	4,5
24	A.H. Rincón de la Media Luna	270	1.127	4,5
25	A.H. Talhelum	240	1.008	4,5
26	A.H. La Rinconada	200	860	4,5
27	A.H. Corral de Piedra	376	1.492	5,0
28	A.H. Michihuao	621	2.869	7,5
29	A.H. Pte. Néstor Kirchner	1.140	3.380	5,0
30	A.H. Gdor. Jorge Cepernic	600	1.866	5,0
		<b>10.984</b>	<b>47.312</b>	