

## ASPECTOS PARA EL ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA DE INCORPORACIÓN DE GENERACIÓN NUCLEAR EN URUGUAY

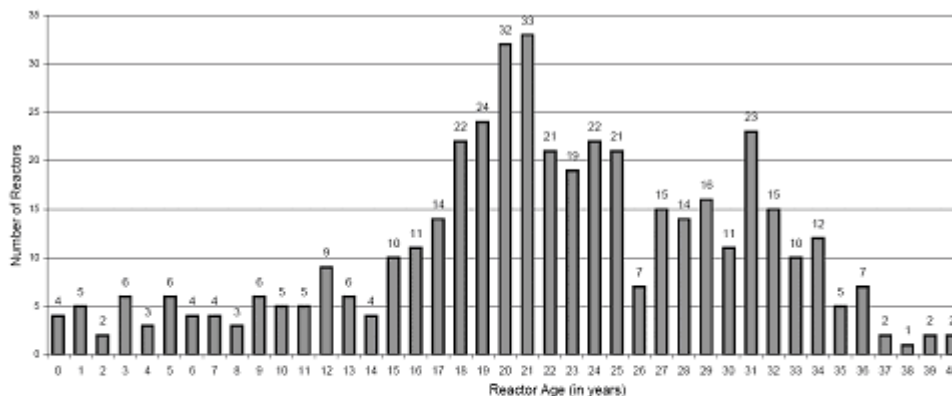
El presente informe de síntesis incorpora aspectos que la Dirección Nacional de Energía y Tecnología Nuclear (DNETN) releva al analizar la situación y perspectivas de la generación nucleoelectrónica, tanto a nivel mundial como sus posibilidades locales.

En este sentido, corresponde aclarar que si bien no se ha tomado ningún tipo de decisión en cuanto a una futura incorporación de generación de origen nuclear, como cometido técnico la DNETN debe mantener el análisis de múltiples opciones de abastecimiento, actualizando las informaciones al respecto. Dado que la alternativa nucleoelectrónica presenta particularidades sociales, ambientales, legales, educativas, etc., además de consideraciones técnicas se deben agregar amplios elementos de discusión sociopolítica general.

Además de consideraciones estratégicas por ejemplo sobre la diversificación de fuentes, uno de los elementos de reconsideración de la alternativa nuclear es la baja emisión relativa de gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub>, aún considerando el ciclo completo del combustible nuclear. Por lo tanto, la energía atómica podría desempeñar un papel global importante cuando se considera la problemática del calentamiento global.

### Situación mundial

La incorporación de centrales nucleares registrada principalmente en las décadas del '70 y '80, determinó que el aporte de generación de electricidad de origen nuclear en relación al total generado a fines de 2005 representara del orden de un 19% (2.626 TWh).



Number of Reactors in Operation By Age (as of 31 Dec. 2005)

Existen 443 unidades en operación en todo el mundo (31 países), totalizando una capacidad de generación de aproximadamente 370 GW, representando una potencia media por planta de 834 MW. A su vez se encuentran en construcción 27 reactores, con 21,8 GW de capacidad acumulada.

Por otra parte, también existen proyectos suspendidos o cancelados luego de haberse comenzado las obras, así como 110 plantas desmanteladas luego de haber cumplido servicios.

Latinoamérica cuenta con 6 reactores en operación y 1 en construcción (Atucha 2, 692 MW). Los países que poseen centrales nucleares en nuestra región son: Argentina, Brasil y México, totalizando 4,15 GW instalados.

País	Reactores en operación		Energía Eléctrica de Origen Nuclear. Año 2005
	Nro. Unidades	Total MW	
ARGENTINA	2	935	6,92 %
BRASIL	2	1901	2,46 %
MÉXICO	2	1310	5,01 %

Fuente: OIEA, Nuclear Power Reactors in the World, 2006.

En los análisis y debates tiene especial importancia la consideración de todos los aspectos de seguridad de manejo y operación de instalaciones y materiales; si bien el riesgo de accidentes mayores es bajo, las consecuencias de los mismos podrían ser muy importantes. En este sentido, también debe considerarse que de las centrales latinoamericanas nombradas, una de ellas está operando desde hace años a distancias del orden de 100 km de la frontera con nuestro país.

## 1 Aspectos tecnológicos

No hay una única tecnología de generación nucleoelectrónica. En efecto, si bien en todos los casos se trata de utilizar el calor obtenido en procesos controlados de fisión atómica para producir vapor y con él mover una turbina y el alternador asociado generar electricidad, se han dado diversas formas de obtener el vapor mencionado.

En la actualidad, más allá de eventuales diseños innovativos que se encuentren en proceso, se cuenta con la operación efectiva de plantas de 13 tecnologías diferentes. Como ejemplo, los tres países latinoamericanos que tienen generación nuclear emplean todas tecnologías diferentes: Argentina emplea PHWR- Pressurized Heavy Water moderated and cooled Reactor (41 de las 443 plantas en operación a nivel mundial son de este tipo), la tecnología usada por Brasil es PWR- Pressurized light Water moderated and cooled Reactor (214 en 443) y México emplea la BWR- Boiling light-Water cooled Reactor (90 unidades en 443).

Al 31 de Diciembre de 2005 estaban en construcción 27 Centrales, de las cuales 12 son con la tecnología PWR-WWER, siendo ésta la más usada mundialmente. Le sigue PHWR con 7 centrales en construcción.

El tiempo medio de construcción de las plantas desde que se comienza hasta que se conecta a la red eléctrica es muy variable. Usualmente las primeras centrales que se

instalan llevan largos tiempos de finalización: Argentina para la construcción del primer generador nuclear demoró 70 meses en la década del '70, Brasil para el primer generador tomó 132 meses finalizando en la década del '80 (el segundo 295 meses, finalizado a fines de los '90) y a México el primero le insumió 151 meses, finalizado en la segunda mitad de los '80 y el segundo le insumió 210 meses, finalizado en la primer mitad de los '90.

El promedio mundial fue para los 20 generadores nucleares que comenzaron a operar entre los años 2000 y 2005 fue de 98 meses en la construcción.

En la estimación de los costos asociados al desarrollo de plantas nucleares no sólo se tiene en cuenta las inversiones iniciales sino también los costos de manejo de combustible y los costos a prever en su desmantelamiento final. Adicionalmente, se consideran los costos de administración, operación y mantenimiento del caso.

Según diversas publicaciones, el costo de implantación unitario expresado en dólares por cada kW puede situarse en un amplio margen, desde 2.000 US\$/kW a 6.000 US\$/kW.

Las cifras anteriores no incluyen la formación de recursos humanos, desarrollo de organizaciones de contralor, etc. Por la magnitud de estas decisiones y la necesidad de mantenerlas y apoyarlas en el tiempo, las mismas se deben basar en un programa de desarrollo nuclear nacional, más que en un proyecto individual de generación.

Una central nuclear es técnicamente muy exigente en calidad de diseño, construcción y operación. Por consiguiente, es necesaria la ayuda a largo plazo del exterior bajo acuerdo/contrato después de la iniciación del programa de energía atómica. Una de las decisiones importantes se refiere por ejemplo a la cuestión de hasta dónde un país debe intentar ser independiente y de cómo la ayuda del exterior debe ser arreglada. Esto dependerá de la infraestructura industrial del país.

## **2 Aproximación al caso de Uruguay**

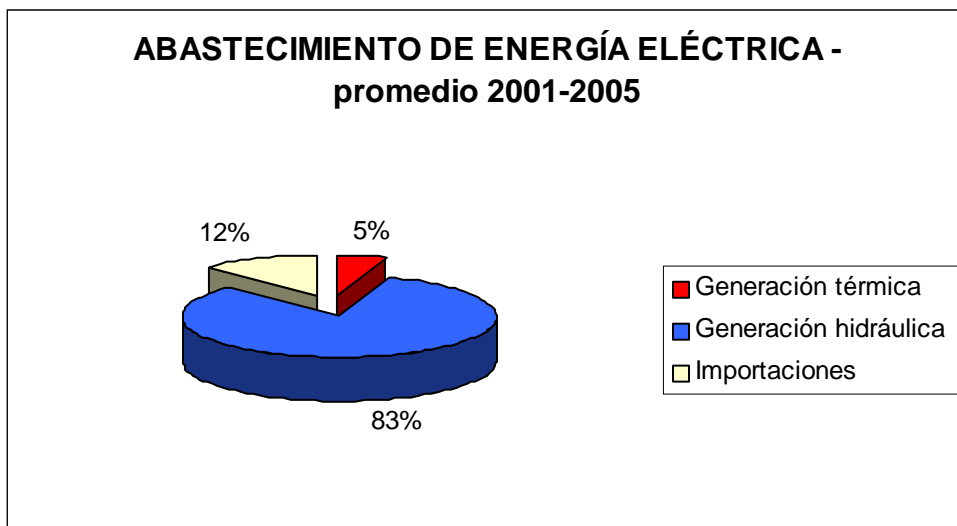
Por las características técnicas de funcionamiento de las centrales de generación nucleoelectrónica, las mismas operan en la base, es decir, funcionando a potencia nominal y en régimen continuo, previéndose únicamente las paradas de mantenimiento.

Esa característica tecnológica, unida a las particularidades del sistema eléctrico al que se conectan, determinan qué potencia es posible incorporar a esa red. En el caso de Uruguay, dos elementos a considerar son la importante capacidad hidroeléctrica instalada y las interconexiones con sistemas vecinos.

En el primer caso, si bien en los momentos de mayor carga anual del sistema o también durante períodos de baja hidráulica es necesario el aporte de otras fuentes de generación, en otras situaciones será posible abastecer toda la demanda desde las centrales hidroeléctricas, haciendo que no se requiera despachar otros recursos. En situaciones como esa y sin otras posibilidades de colocación de la energía, una central nuclear debería permanecer apagada por importantes períodos de tiempo. El

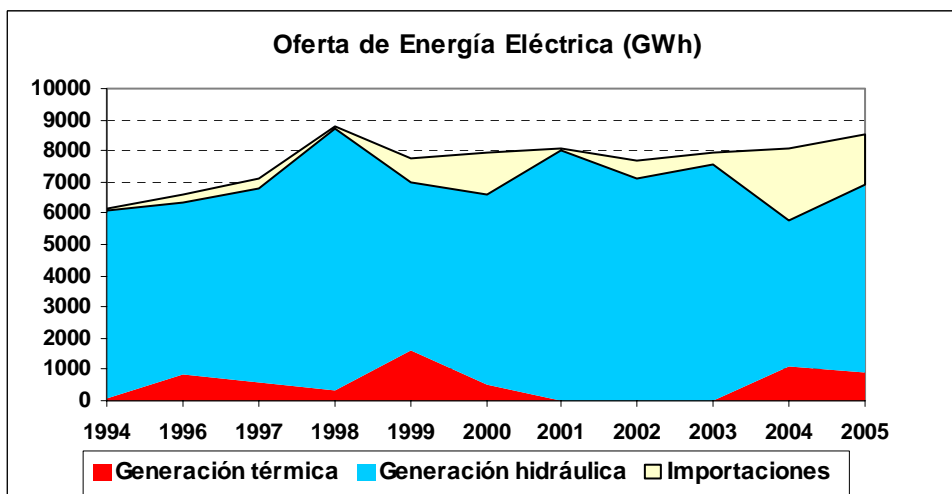
crecimiento de demanda tendería a atenuar este efecto, pero la dinámica de este factor en el caso de Uruguay indicaría varios años con comportamientos como el descrito.

Como se presenta en la gráfica de abastecimiento eléctrico promedio, dado la capacidad instalada en el país, el 83% de la energía proviene de esa fuente, mientras que un 5% del aporte de generación al sistema provino de plantas térmicas locales y un 12% de las interconexiones.



Fuente: Balance Energético Nacional, DNETN.

A su vez, en la gráfica de Oferta de Energía es posible ver la evolución de las componentes descritas a lo largo del tiempo, observando la predominancia de la hidroelectricidad- con años de reducido o nulo aporte térmico- y años (como 1999 o 2004) con cierta participación térmica e importaciones de mayor cuantía.



Fuente: Balance Energético Nacional, DNETN.

Por otra parte, el desarrollo de interconexiones internacionales y sobre todo su dinámica de uso permitiría colocar excedentes de producción sin necesidad de detener una central como la analizada. Para ello será necesario entonces avanzar en mecanismos fluidos de comercialización de energías ocasionales, aspecto sobre el que deben profundizarse entendimientos bilaterales o multilaterales.

Los estudios encarados incluyen, entre otros elementos, el análisis de la operativa que tendrían módulos de generación nucleoelectrónica de diverso porte, simulando su funcionamiento en el sistema interconectado, haciendo hipótesis de evolución de los principales parámetros del mismo.

***Etapas de un eventual desarrollo de nucleoelectricidad.***

Como se ha dicho, los análisis relacionados con una potencial incorporación de nucleoelectricidad se realizan a modo de mantener actualizadas las opciones disponibles.

En Uruguay, evaluaciones como las mencionadas deben incorporar no sólo aspectos técnicos (en sus dimensiones tecnológicas, ambientales, económicas, etc.) sino también la previsión de un amplio debate social sobre el tema (que llegaría a las adecuaciones legales del caso) y también la consideración de requerimientos de plazos de formación y capacitación en el manejo de los diversos elementos de estas plantas (especificación, mantenimiento, operación, combustible, etc.).

A partir de consultas a especialistas mundiales relacionados a la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA por su sigla en inglés), más allá de los tiempos de debate social local acerca de su conveniencia, la incorporación de una primera planta nucleoelectrónica en Uruguay podría darse entre 2017 y 2020.

En efecto, en las consideraciones de los especialistas se encuentran no sólo los plazos de construcción (de 4 a 5 años) sino los plazos de Licitación y firma de contrato (que pueden tomar hasta 5 años adicionales) y los tiempos previos de decisiones tecnológicas, principios de funcionamiento, regulación específica, estudios de localización (del orden de 4 años).



Fuente: Estimaciones de especialistas de OIEA.

En caso de comenzarse un camino como el descrito, la formación de recursos humanos debe comenzar desde el inicio, ya que además de los expertos internacionales que actúen, es necesario contar con interlocutores locales que acompañen las diversas etapas de ese eventual desarrollo de generación nucleoelectrónica.