ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

INSTITUTO DE ENERGÍA

DOCUMENTO NÚMERO 8

ENERGÍA NUCLEAR Y GENERACIÓN ELÉCTRICA EN ARGENTINA

RECOMENDACIONES

AGOSTO DE 2016

BUENOS AIRES

REPÚBLICA ARGENTINA

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

INSTITUTO DE ENERGÍA

DOCUMENTO NÚMERO 8

ENERGÍA NUCLEAR Y GENERACIÓN ELÉCTRICA EN ARGENTINA

RECOMENDACIONES

AGOSTO DE 2016

BUENOS AIRES

REPÚBLICA ARGENTINA

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

PRESIDENTE HONORARIO

Ing. Arturo J. Bignoli

MESA DIRECTIVA (2016-2018)

Presidente
Ing. Oscar A. Vardé

Vicepresidente 1°
Ing. Luis U. Jáuregui

Vicepresidente 2°
Ing. Isidoro Marín

Secretario
Ing. Ricardo A. Schwarz

Prosecretario
Ing. Maximo Fioravanti

Tesorero
Ing. Gustavo A. Devoto

Protesorero
Ing. Alberto Giovambattista

ACADEMIA NACIONAL DE INGENIERÍA

INSTITUTO DE ENERGÍA

Director: Académico Ing. Eduardo R. Baglietto
Secretario: Académico Ing. Gustavo A. Devoto
Integrantes:
Académico Dr. José P. Abriata
Dr. Eduardo A. Aime
Académica Ing. Patricia L. Arnera
Ing. Ernesto P. Badaraco
Académico Ing. Raúl A. Bertero
Académico Ing. Miguel A. Beruto
Lic. Roberto D. Brandt
Ing. Roberto Carnicer
Ing. Carlos A. Grimaldi
Académico Ing. Luis U. Jáuregui
Dr. Jaime B. A. Moragues
Ing. Guillermo V. Malinow
Dr. Jaime Pahissa Campá
Ing. Daniel A. Ridelener
Lic. Jorge I. Sidelnik
Académico Ing. Oscar U. Vignart
Lic. Gustavo E. Yrazu

ENERGÍA NUCLEAR Y GENERACIÓN ELÉCTRICA EN ARGENTINA

RECOMENDACIONES

El Instituto de Energía de la Academia Nacional de Ingeniería ha desarrollado un breve documento, con el objeto de exponer algunos conceptos referidos a la utilización de la energía nuclear en la generación de energía eléctrica en la Argentina, a partir de los cuales se sugieren algunas propuestas y recomendaciones para las acciones a tomar a partir de ahora.

MATRIZ ENERGÉTICA ARGENTINA

La Energía Nuclear en la Matriz Energética Argentina.

La matriz energética de un país es la expresión de la participación porcentual de cada una de las combinaciones de fuentes y tecnologías, en el total de energía final consumida por sus habitantes. Desde el punto de vista de las decisiones del estado y del sector privado, importa la composición actual de la matriz, pero más aún su evolución futura a partir del próximo quinquenio, que puede considerarse como el menor plazo en que tendrían efecto las medidas que hoy se decidan. Los incentivos deben instrumentarse para, en un horizonte similar a la vida útil media de las instalaciones energéticas actuales, se disponga de energía con seguridad de abastecimiento y al menor costo posible. (Texto de IE-ANI-Matriz Energética).

En este documento centramos nuestro interés en la generación de energía eléctrica. La calidad de esta forma de energía es máxima y su manejo es ideal en cuanto a la tecnología de su distribución y consumo. La demanda de energía eléctrica está en constante aumento a nivel mundial proyectándose hacia el futuro como una de los componentes imprescindibles para el mantenimiento de la civilización actual y su desarrollo futuro. A modo de ejemplo podemos mencionar la notable evolución que hoy se observa hacia el uso de la energía eléctrica como energía primaria limpia y confiable en la ingeniería del transporte en general.

La generación nucleoeléctrica presenta dos aspectos muy relevantes para la sociedad. Por un lado, la ingente cantidad de energía primaria disponible en la naturaleza a través de reacciones nucleares y por el otro la posibilidad cierta de reducir fuertemente la contaminación ambiental en comparación con el uso de los combustibles fósiles. Estos dos aspectos son suficientes para aceptar incluir la energía nuclear en la matriz energética de cualquier país. Sin embargo, no cualquier país puede lograr dar el importante salto científico-tecnológico-estratégico-económico-social

necesario para instalar y administrar la energía nuclear dentro su matriz energética. Una rápida inspección del mapa mundial y regional así lo demuestra. La ventaja concreta e invalorable de la Argentina actual es que ese salto ya ha sido realizado y que las bases de la generación nucleoeléctrica están firmemente consolidadas. Los importantes fondos públicos aportados y el esfuerzo de varias generaciones empleados por la Argentina para alcanzar su desarrollo actual en materia de energía nuclear deben ser cuidadosa y racionalmente considerados.

Sin embargo, la situación actual es que en Argentina se ha reducido drásticamente la participación porcentual de la generación nucleoeléctrica llegando en 2015 a solo el 5 % de la potencia instalada, aún contemplando en ello el ingreso de Atucha II. La necesidad estratégica de alcanzar una matriz energética diversificada y contar con generación masiva de potencia eléctrica sin emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) justifica el incremento porcentual de la generación nuclear en la matriz energética de nuestro país.

Por otra parte Argentina está muy retrasada en el desarrollo de energías renovables a pesar de tener enormes recursos de energías eólica y solar. Pero debemos destacar que estas energías no son de potencia firme y por lo tanto dentro de una matriz energética necesitan del necesario respaldo para garantizar la continuidad y confiabilidad del suministro eléctrico. La energía nuclear es la única que brinda potencia firme no contaminante y con altísimo factor de carga, esta característica la presenta como el complemento indispensable en la matriz energética argentina para lograr los compromisos del COP21.

CAMBIO CLIMATICO – COP21

Energía Nuclear y la 21° Conferencia de las Partes (COP21) para el Cambio Climático: Argentina es uno de los 195 países que firmaron el Acuerdo de París por el cual los países han indicado los compromisos a asumir en pos de un acuerdo climático global a partir del año 2020.

En la propuesta de Argentina, según Ref: http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Argentina/1/INDC%20Argentina.pdf

"La Argentina ha identificado un potencial de mitigación que le permitiría contribuir a la lucha contra el cambio climático. Parte de ese potencial puede alcanzarse con un gran esfuerzo económico y social de todos los argentinos, pero únicamente podrá realizarse por completo si se cuenta con los medios de implementación necesarios.

Meta Incondicional:

La Argentina propone una meta de reducción de sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del 15% en el año 2030 con respecto a las emisiones proyectadas para el mismo año. La meta incluye, entre otras, acciones vinculadas a promover el manejo sostenible de los bosques, la eficiencia energética, los biocombustibles, la energía nuclear, las energías renovables y el cambio modal en el transporte. Los criterios para seleccionar las acciones, incluyeron el potencial para reducir/capturar emisiones de GEI y los co-beneficios asociados, así como la posibilidad de aplicar tecnologías desarrolladas nacionalmente. "

En el compromiso adoptado por Argentina, se plantea el uso de la energía nuclear para la generación de electricidad como uno de los recursos importantes disponibles por el país para reducir las emisiones de GEI.

CAPACIDADES NUCLEARES DESARROLLADAS EN ARGENTINA

Se concretó en forma exitosa la finalización de la Central Atucha II. El 18 de febrero de 2015 llegó al 95% de su potencia eléctrica máxima 745 MWe, pasando a ser la máquina unitaria de mayor potencia del sistema interconectado nacional, posición que ocupaba la Central Nuclear de Embalse con 648 MWe,

La construcción estuvo suspendida durante casi 20 años, se detuvo en el año 1995 y se reanudó en el año 2006, alcanzando la primera criticidad de la central en junio de 2014. La CNEA brindó un apoyo fundamental para la terminación de la construcción de la central integrando equipos de trabajo conjuntos con Nucleoeléctrica Argentina S.A (NA-SA). Es la única central nuclear, en el mundo, que luego de estar tantos años detenida ha sido finalizada y puesta en marcha en forma exitosa sin el apoyo de la empresa originaria de su tecnología. De esta manera Argentina reafirmó su capacidad para el desarrollo, puesta en marcha y operación de centrales nucleares, al tiempo que se perfila como uno de los líderes mundiales en el segmento de reactores de generación eléctrica de media y baja potencia (small modular reactors, SMR), como es el caso de la central nuclear modular CAREM de 25 MWe actualmente en construcción.

Extensión de vida de Central Embalse. Se encuentra en proceso de incrementar la potencia y extender la vida útil de la Central Nuclear de Embalse por un segundo ciclo de operación de 30 años. Con la participación de CNEA, NA-SA y de la industria nacional, por primera vez Argentina desarrollará y construirá los principales componentes e insumos de una central CANDU elaborando la ingeniería de detalle y de montaje para la actualización y extensión de vida de la instalación.

Desarrollo y Retención de Recursos Humanos formados. La Argentina es uno de los países que más temprano iniciaron una actividad nuclear relevante. Desde 1950 esta actividad ha dado buenos frutos, y entre los más importantes se encuentra su contribución al desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas nacionales tanto en el área nuclear específica como en sus múltiples áreas periféricas.

Es un hecho inédito la ejecución con personal propio de las obras vinculadas a la finalización de la Central Atucha II y el desarrollo de la extensión de vida de la Central Embalse, lo cual ha permitido confirmar y afianzar la excelente formación de recursos humanos locales. Dicha formación se ha realizado con una fuerte inversión de recursos materiales y humanos, permitiendo contar con personal altamente capacitado en un área de gran valor estratégico, como lo es la nuclear. Sin duda es urgente y prioritario evitar la pérdida o disgregación de estos recursos que serían muy difíciles de recuperar ante una nueva eventual suspensión de tareas en el plan de desarrollo nuclear. La formación de buenos científicos y tecnólogos que se ha logrado, debe continuar con la decisión de concretar proyectos tecnológicos de avanzada con las adecuadas participaciones estatal y privada.

Planificación de nuevas centrales nucleares: A mediano plazo, es recomendable contemplar el desarrollo de centrales de alta potencia con diseños conocidos, confiables y probados, en los que se hayan verificado las prestaciones y niveles de confiabilidad pertinentes. Estos atributos lo han cumplido en el país las centrales tipo CANDU. Podrían planearse dos centrales desfasadas en el tiempo, una a continuación de la otra, para optimizar los recursos a utilizar (materiales y humanos) mejorando los costos de construcción y mantenimiento.

Como alternativa, si se deseara, como entendemos lógico, iniciar un período de nuevas centrales de uranio enriquecido, lo más lógico sería contratar en forma inmediata una central CANDU y durante un par de años analizar la tecnología más conveniente a incorporar en una nueva central de uranio enriquecido.

Participación de la industria nacional en el desarrollo nuclear. Los emprendimientos y proyectos tecnológicos de avanzada (por ejemplo, reactor tipo CANDU y el CAREM) que se llevan a cabo con participación estatal y privada deben preservar y aumentar la participación de la industria nuclear nacional (sector nuclear argentino). Esto reconoce y aprovecha el alto nivel de excelencia ya alcanzado por esta industria en el ámbito internacional.

Nuevos y ambiciosos desafíos. Los recursos humanos y materiales ya disponibles en CNEA, NA-SA - INVAP y el sector nuclear argentino público y privado en su conjunto, ofrecen la posibilidad cierta de planear

estratégica y económicamente el abordaje de nuevos desafíos científico-tecnológico en el área nuclear con el horizonte puesto en la competitividad internacional. Una razonable dosificación de estos desafíos a futuro puede resultar en amplios beneficios para el país y llegar a constituirse en políticas de estado. Citemos como ejemplo el uso del torio como combustible nuclear. La abundancia de este elemento en la corteza terrestre, sus convenientes propiedades fisicoquímicas y su carácter no proliferante y de seguridad nuclear lo hacen particularmente adecuado para el empleo como combustible en la generación nucleoeléctrica. Además, podría conducir a la Argentina a integrarse al selecto círculo internacional donde se estudia el uso futuro del torio como elemento combustible.

¿POR QUÉ SI A LAS CENTRALES NUCLEARES EN LA ARGENTINA?

Las centrales nucleares tienen características propias que la distinguen de otras fuentes posibles de energía primaria:

1) Elevada disponibilidad de planta:

El medio siglo de experiencia mundial en generación nucleoeléctrica ha permitido formar un banco de datos lo suficientemente amplio sobre el comportamiento de los reactores nucleares con elevados factores de carga por tiempos prolongados. Si bien en los últimos años la disponibilidad bajó algo, debido a las decisiones que se tomaron en diversos países después del accidente de Fukushima, durante un largo período, las centrales nucleares alcanzaron consistentemente, y a veces superaron, el 80% de disponibilidad como promedio mundial[1].

2) Bajos costos operativos:

El combustible nuclear, caracterizado por una altísima densidad energética, representa menos del 15% del costo total de operación de un reactor nuclear[2]. Ello los hace económicamente aptos para un funcionamiento constante, característico de la generación de base, ya que el costo variable es bajo y el costo fijo de operación sería incurrido de todos modos.

3) Complementación con la generación masiva de energía eléctrica basada en combustibles fósiles:

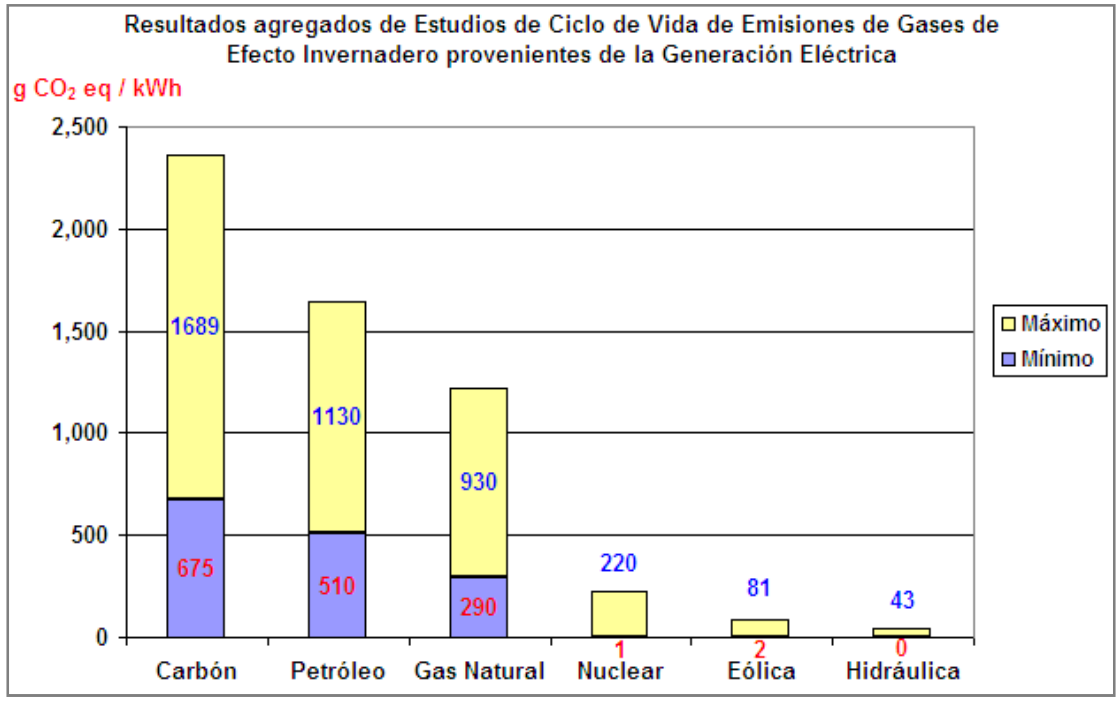
A futuro, la continuidad del uso de los combustibles fósiles en la generación eléctrica depende del grado en que las energías renovables puedan reemplazarlos satisfaciendo las demandas sociales y políticas en

[1] *Agencia Internacional de Energía Atómica – base de datos PRIS*
[2] *EIA Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2015.* http://www.eia.gov/forecasts/aeo/electricity_generation.cfm

términos de potencia, disponibilidad, distribución, costos y daños al ambiente. Esto no solo contempla la optimización de las centrales fósiles en función del secuestro de GEI sino también la aun indefinida (y seguramente costosa) ingeniería de transición del uso de los fósiles a las renovables. Mientras tanto, en el corto plazo (el tiempo razonable necesario para construir al menos un par de centrales nucleares) la generación nucleoeléctrica puede aumentar su participación en la matriz energética argentina contribuyendo también con ello a disminuir la presión sobre el consumo de los fósiles.

4) Opción "limpia" respecto del cambio climático:

La electricidad de origen nuclear tiene una huella de carbono muy reducida en comparación con las fuentes fósiles convencionales, que tienen una fuerte ponderación en la matriz global de combustibles usados en generación eléctrica. Diversos estudios de ciclo de vida, compilados por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático confirman esa aseveración. En la Figura 1 pueden observarse rangos máximos y mínimos de emisiones de gases de efecto invernadero para diversas tecnologías utilizadas en la generación de energía eléctrica.



Fuente: IPCC Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation, 2012

Fig. 1 Rangos máximos y mínimos de emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de distintas tecnologías utilizadas en la generación eléctrica

Los números son contundentes. Se calcula que la generación nucleoeléctrica durante 2011 aportó solo 73 millones de toneladas de CO2 a la atmósfera. De haberse tenido que sustituir con combustibles fósiles, los aportes hubieran sido los siguientes[3].

- 2.163 millones de toneladas de CO2 si hubiera sido sustituida por generación a carbón

- .1.773 millones de toneladas de CO2 si hubiera sido sustituida por generación a petróleo

- 1.183 millones de toneladas de CO2 si hubiera sido sustituida por generación a gas natural

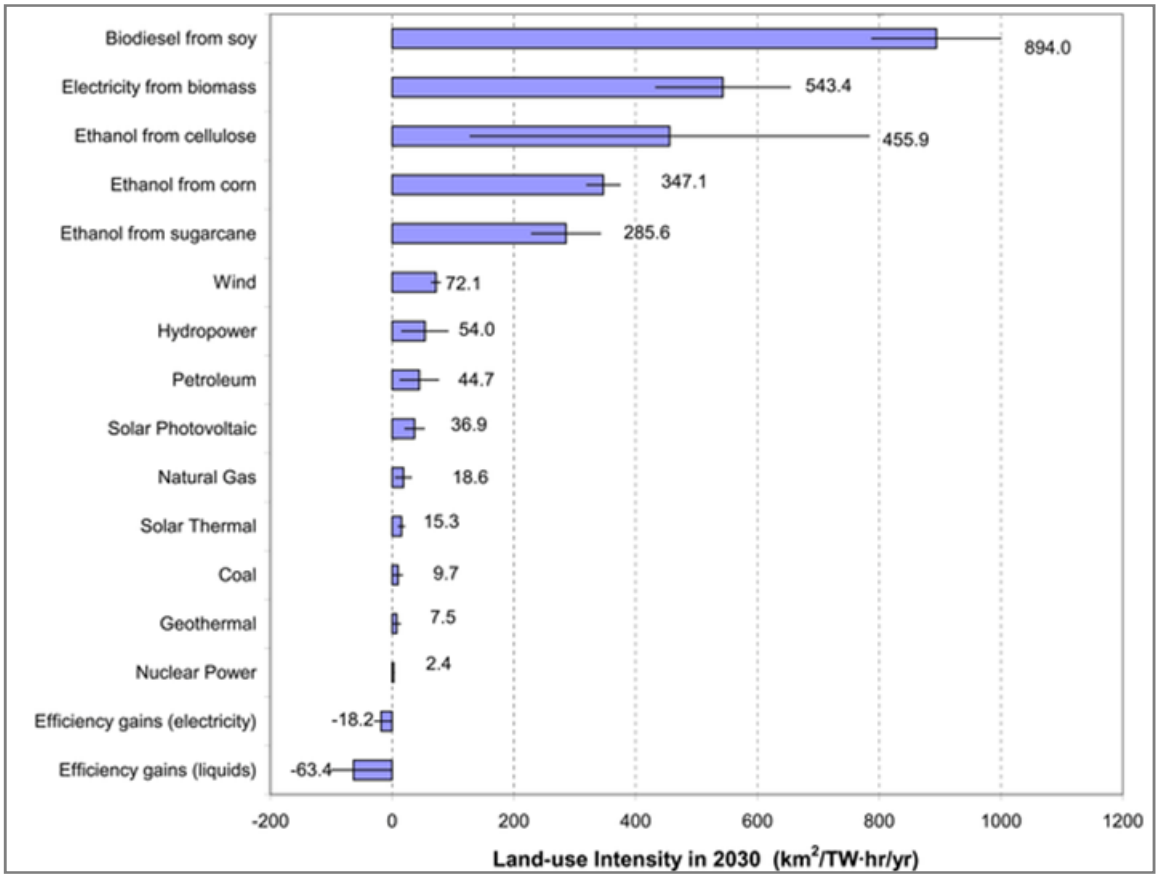
5) Baja demanda de otros recursos:

Debido a la muy elevada intensidad energética de los combustibles nucleares, los reactores no son fuertes demandantes de otros recursos naturales.

5.1 Ocupación de superficie

La energía nuclear es la fuente limpia de energía eléctrica masiva que menos espacio físico ocupa, por unidad de energía generada. En la Figura 2 se presentan requerimientos del factor tierra para diversas fuentes energéticas. La excelente característica de la generación nucleoeléctrica es importante y decisiva al considerar el veloz crecimiento demográfico a nivel mundial y la consiguiente aparición de numerosas megalópolis en el planeta.

[3] http://www.world-nuclear.org/Nuclear-Basics/Greenhouse-gas-emissions-avoided/

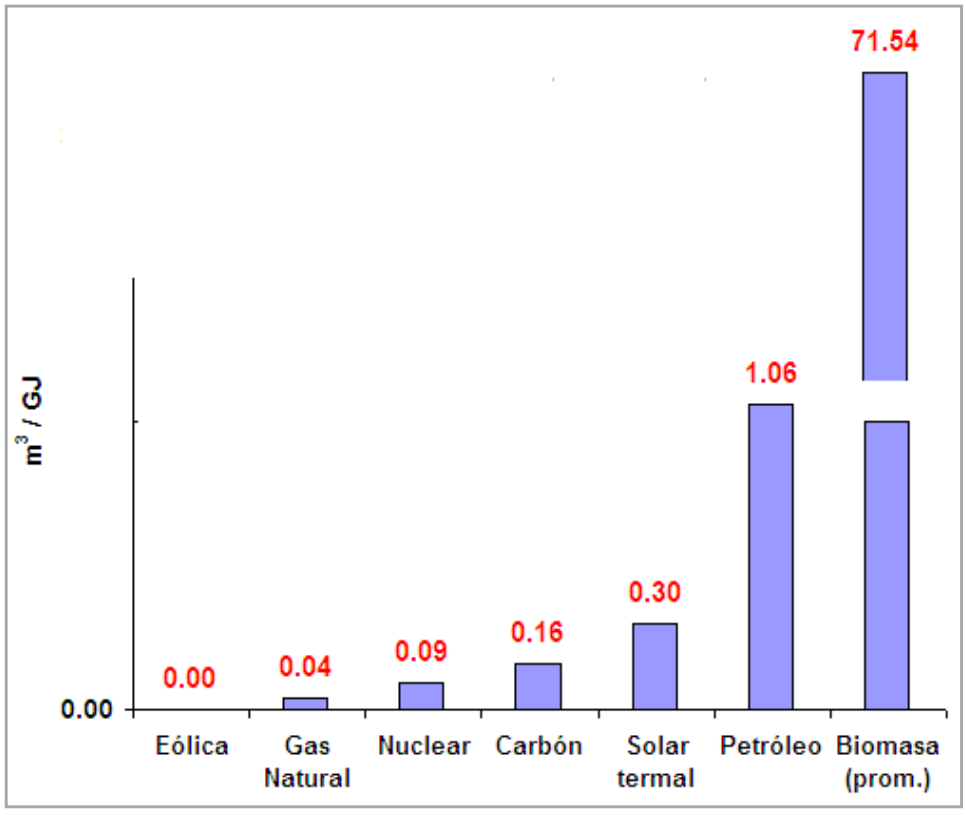


***Fuente**: Robert I. McDonald, Joseph Fargione, Joe Kiesecker, William M. Miller, Jimmie Powell, Energy Sprawl or Energy Efficiency: Climate Policy Impacts on Natural Habitat for the United States of America, 2009, PLoS ONE 4(8): e6802. http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0006802#s4*

Fig.2 Requerimientos del factor tierra de cada fuente energética (proyección al año 2030)

5.2 Agua

En cuanto a los requerimientos de agua, casi todas las fuentes modernas de energía tienen necesidades reducidas de agua, la energía nuclear entre las menos demandantes. Los requerimientos de agua de las fuentes ligadas a la biomasa superan a todas las demás por más de un orden de magnitud (Fig.3).



***Fuente**: Water footprint of bioenergy and other primary energy carriers, UNESCO-IHE Institute for Water Education, Research Report N°29, 2008, p.24*

Fig.3 Requerimientos de agua de cada fuente energética

6) Fuente de energía confiable, sin intermitencias:

En línea con los combustibles fósiles, la energía nuclear no depende de factores aleatorios, como los meteorológicos. Es una fuente continua de generación eléctrica masiva, sin intermitencias.

7) Larga vida útil:

La vida útil proyectada de un reactor nuclear nuevo es muy prolongada. Los requerimientos de la organización de las operadoras europeas establecen 60 años como vida útil de los nuevos modelos de reactores[4], sólo superado por la hidroelectricidad. Igualmente, la extensión de vida de muchas de las centrales anteriores ha elevado considerablemente su vida útil estimada originalmente[5]. La edad promedio de las unidades en operación es, a mediados de 2014, de 28,8 años[6].

[4] *European Utility Requirements, Rev D, State 7, October 2012 Vol 2, 2.0 2.3.2 Design life*
[5] *The Economics of Long-term Operation of Nuclear Power Plants, Nuclear Energy Institute, Organization for Economic Cooperation and Development, 2012, p. 14*
[6] *The World Nuclear Industry Status Report 2015, Schneider, M, Froggatt A, et alter, Mycle Schneider Consulting, Paris-London-Washington D.C., July 2015, p. 14*

8) Opción factible de exportación hacia otros países con insuficientes fuentes propias de energía:

La relativa abundancia y bajo costo del mineral de uranio y su alta densidad energética (que reduce, entre otras cosas, los costos de transporte) representan una opción factible para países con alto crecimiento de la demanda eléctrica y relativa carencia de fuentes propias de energía. Esto genera oportunidades de exportación para el sector nuclear argentino en su conjunto, lo cual ya se ha comenzado a concretar, siempre con la máxima seguridad y perfectas garantías de no-proliferación. En momentos en que el acceso y el costo de la importación de combustibles fósiles convencionales presentan desafíos importantes, el abastecimiento de conocimientos, ingeniería, instalaciones e insumos para la generación nucleoeléctrica ofrece la posibilidad de significativos negocios internacionales para la Argentina.

9. Objetivos

"El objetivo principal de las centrales nucleares es producir energía eléctrica, segura y económica, con instalaciones confiables y probadas en plazos adecuados a las necesidades del país. Este objetivo se debe compatibilizar con su complementario, o sea, impulsar el desarrollo tecnológico del país en caso que la decisión de invertir en energía nuclear se concrete."[7]

CONCLUSIONES

En una breve síntesis conceptual, se sugieren las siguientes acciones:

- **En el corto y mediano plazo, continuar con la tecnología del uranio natural de las centrales tipo Candu, de la cual se posee un gran conocimiento y experiencia, ya que además de ser dueños de la Patente, se ha desarrollado una importante participación de la industria nacional, afianzando a su vez la formación de un exitoso grupo de profesionales y técnicos.**

- **En el caso de que un plan de inversiones prevea dos nuevas centrales nucleares, se recomienda analizar la posibilidad de incorporar dos centrales de uranio natural, tipo Candu, cuya construcción se podría realizar con un desfasaje de dos años, con el objeto de optimizar recursos, logrando de esa manera una fuerte reducción de costos y aprovechar al máximo los recursos humanos disponibles.**

[7] *LA ENERGIA NUCLEAR Y EL DESARROLLO TECNOLOGICO DEL PAIS. Documento de la Comisión Interacadémica de Energía Nuclear (CIENA). Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires, Academia Nacional de Ciencias en Córdoba, Academia Nacional de Ingeniería) - Agosto de 2011.*

- **Como alternativa, se recomienda contratar en forma inmediata una central Candu y analizar la Incorporación en futuro próximo de centrales de uranio enriquecido, considerando solamente centrales probadas y confiables que hayan demostrado contemplar las mejores tecnologías disponibles.**

- **Realizar el estudio de Impacto Ambiental de cada uno de los proyectos a construirse**

- **Observar estrictamente las normas Internacionales de Seguridad aplicables y de los procedimientos de control de su cumplimiento.**

- **A nivel de estudios e investigación, seguir la evolución de la tecnología de los reactores en base a Torio.**

- **Acelerar al máximo la extensión de vida de la Central de Embalse, ya que su entrada en servicio representará los 700 MW firmes más próximos de poner en marcha sin generación de gases de efecto invernadero.**

- **Continuar la extensión de vida de la Central Atucha I, de manera que continúe en funcionamiento mientras lo permitan las medidas de seguridad que son requeridas.**

- **Avanzar y acelerar el proyecto CAREM de centrales modulares.**

- **Si bien las centrales nucleares requieren de una inversión inicial más alta que otras fuentes de energía su prolongada vida útil y su alta disponibilidad de energía firme la hacen económicamente competitivas entre las generadoras de energía no contaminantes.**

ACADEMIA NACIONAL DE INGENERÍA
Av. Presidente Quintana 585 3º A - C1129ABB Buenos Aires - República Argentina
Tel.: (54-11) 4807-1137 - Fax.: (54-11) 4807-0671
E-mail: acading@fibertel.com.ar - acading2@fibertel.com.ar acading.arg@gmail.com
www.acadning.org.ar