

ACADEMIA DEL MAR (ACMAR)

Comunicación Académica

El devenir de las centrales nucleares flotantes

Académico Abel Julio GONZÁLEZ

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta comunicación es informar sucintamente a la Academia del Mar sobre el posible devenir de las *centrales nucleares flotantes* (conocidas por su acrónimo inglés FNPP).

Existe un consenso en la comunidad técnica internacional que para alcanzar cero emisiones netas de carbono en 2050 será necesario desplegar a gran escala todas las fuentes de energía con bajas emisiones de carbono, incluida la energía nuclear. Diversos estudios confirman que la energía nuclear desempeña un papel importante en la lucha contra el cambio climático y la satisfacción de la creciente demanda energética en todo el mundo, pero para ello será necesario desplegar centrales nucleares a una escala mayor que la actual.

Los Estados y la industria parecen estar cada vez más interesados en considerar la posibilidad de instalar FNPPs para diversas necesidades, entre ellas el suministro de electricidad y aplicaciones no eléctricas, como la desalinización y la producción de hidrógeno para su uso en la fabricación de combustibles sintéticos para el sector del transporte.

Aunque el concepto de FNPP no es nuevo, ha ido ganando impulso en los últimos años. La Federación de Rusia inició la explotación comercial de una central nuclear flotante en 2020 .

Mientras tanto, varias organizaciones de países como China, Dinamarca y la República de Corea están desarrollando centrales nucleares flotantes y algunos Estados miembros están considerando su implantación.

Considerar la factibilidad y conveniencia de instalar FNPPs es un desafío indelegable para la Argentina, uno de los pocos países del mundo que presenta una gran costa marítima, alejada de los centros de generación eléctrica masiva y servida por una infraestructura de electricidad modesta.

2. FNPP *vis-à-vis* TNPP

Ha habido cierta confusión entre las FNPP y las *centrales nucleares transportables* (conocidas por su acrónimo inglés TNPP). Las primeras son centrales nucleares estáticas construidas en estructuras flotantes, las que se transportan hasta un punto costero desde donde, flotando, se conectan al sistema eléctrico disponible en la costa y lo alimentan con energía eléctrica; las segundas, son centrales nucleares relativamente pequeñas y con cierta modularización, alimentadas por reactores nucleares del tipo ‘reactor nuclear pequeño y modular’ (conocidos por su acrónimo inglés, SMR) que son transportables y permiten ser utilizados como propulsores navales.

No se debe confundir las FNPP con los TNPP utilizados como propulsores navales. Discutir el devenir de ambos es importante, pero deben ser discusiones independientes. Oportunamente, la ACMAR fue informada de la experiencia argentina en la regulación de los reactores propulsores navales¹.

3. ESTUDIOS Y ANÁLISIS

En 2013 se completó un estudio preliminar sobre TNPP que incluyó la consideración de FNPP desplegadas en zonas costeras². Existe interés en otros modos de despliegue, incluso más alejados de la costa, pero aún en aguas territoriales, así como en aguas internacionales.

En 2023 se llevo a cabo un *Simposio internacional sobre el despliegue de centrales nucleares flotantes: beneficios y desafíos*. Este Simposio consideró todos los posibles despliegues de FNPP y los desafíos institucionales y jurídicos asociados.

El objetivo del evento fue explorar y debatir el posible despliegue de las centrales nucleares para mejorar la contribución de la energía nuclear a la consecución de emisiones netas de carbono cero. Se centró en diferentes aspectos de las FNPP, desde su despliegue nacional en aguas territoriales hasta aplicaciones más complejas que requieren el transporte de FNPP a otros países o su despliegue en aguas internacionales.

¹ González, Abel Julio. *A Medio Siglo del Acceso a Puertos Argentinos del Buque Nuclear ‘Otto Hahn’: ¿Oportunidad Perdida?* Academia del Mar, Sesión Plenaria, Buenos Aires, 29 de junio 2021

² *Legal and institutional issues of transportable nuclear power plants: a preliminary study*. IAEA nuclear energy series, ISSN 1995–7807; no. NG-T-3.5. STI/PUB/1624. ISBN ISBN 978–92–0–144710–4. International Atomic Energy Agency, Vienna, 2013

Las acciones específicas que se llevaron a cabo en el simposio fueron los siguientes:

- Revisar las experiencias pasadas y presentes en el despliegue de FNPP, incluida una descripción general de las actividades de desarrollo actuales
- Discutir el ciclo de vida de las FNPP, con especial atención a los escenarios de producción y despliegue en astilleros
- Explorar y debatir la viabilidad del despliegue de FNPPs:
 - 1) en aguas territoriales (cerca y lejos de la costa) y
 - 2) en aguas internacionales
- Examinar los aspectos legales (seguridad, protección, salvaguardias, responsabilidad) con especial atención a los instrumentos jurídicamente vinculantes existentes, teniendo en cuenta, según corresponda, las normas internacionales (por ejemplo, la aplicabilidad de las normas de seguridad del OIEA), la orientación (por ejemplo, la aplicabilidad de los documentos de orientación sobre seguridad física del OIEA), las normas y las mejores prácticas que facilitan el cumplimiento de dichos instrumentos
- Examinar los desafíos relacionados con la concesión de licencias y la reglamentación en escenarios en los que las FNPP se construyen y se ponen en servicio en un país y luego se exportan o transportan a otro país
- Discutir y proponer nuevas acciones por parte de la comunidad internacional para facilitar el uso seguro, protegido y sostenible ampliado de las FNPP

En suma, los temas y tópicos tratados fueron:

- Experiencias de implementación nacional
- Resumen de las actividades nacionales de desarrollo
- Posibles escenarios futuros de implementación de FNPP
- Producción de FNPP utilizando astilleros existentes
- Aspectos legales: seguridad, protección, salvaguardias y responsabilidad
- Implementación en aguas territoriales (cerca de la costa y más lejos de la costa)
- Implementación en aguas internacionales
- Licencia, regulación y transporte de FNPP alimentadas con combustible

- Aplicabilidad de las normas y orientaciones internacionales (por ejemplo, las normas de seguridad de internacionales y los documentos de orientación sobre protección)
- Aplicación de salvaguardias
- Acciones futuras
- Papel de los proponentes y los Estados miembros
- Papel de las organizaciones internacionales
- Resultados
- Documentación de las principales ideas y conclusiones, así como de las acciones futuras para facilitar la implementación de FNPP.

La audiencia incluyó expertos de institutos de investigación y sectores privados, tomadores de decisiones y líderes de organizaciones nacionales e internacionales con interés en la implementación de FNPP.

La información esta disponible para la ACMAR.

4. DESARROLLOS

Los Estados Unidos de América fueron pioneros en el estudio de la FNPP, Ya el 1 de enero de 1974 habían publicado un estudio de las características técnicas singulares del concepto de una central nuclear flotante³ y pocos años después se realizó un análisis de: un “uso razonable” de la alta mar por FNPP⁴. Sin embargo, al momento, la Federación de Rusia está a la cabeza en el desarrollo de FNPP. Pero China ya está construyendo partes de las próximas FNPP rusas.

4,1, Federación de Rusia

El 14 de septiembre de 2019, la primera FNPP, Akademik Lomonosov, llegó a su ubicación permanente en la región de Chukotka. Comenzó a funcionar el 19 de diciembre de 2019. Está atracada en el puerto de Pevek y proporciona calor a la ciudad y electricidad al sistema eléctrico regional Chaun-Bilibino. Es la central nuclear más septentrional del mundo.

Inicialmente, los costos estimados fueron de 6 mil millones de rublos (232 millones de dólares). Los cálculos en 2015 totalizaron 37 mil millones de rublos (700 millones de dólares), incluidos los refuerzos de infraestructura en Pevek.

³ U.S. Atomic Energy Commission. Directorate of Licensing (1 January 1974). *A survey of unique technical features of the floating nuclear power plant concept*. University of Michigan Library.

⁴ Blake, Marlowe J. (1978). "Floating Nuclear Plants: A 'Reasonable Use' of the High Seas?". California Western International Law Journal. 8 (2): 191–227.

El Akademik Lomonosov tiene una longitud de 144 metros y una manga de 30 metros. Tiene un desplazamiento de 21.500 toneladas y una tripulación marina de unas 70 personas y total de unas 300 personas. Para la generación de energía, cuenta con dos reactores KLT-40S, derivados de reactores de propulsión de rompehielos, que juntos proporcionan una potencia térmica de 300 MW, que se transforma en dos grupos turbogeneradores en 70 MW de electricidad (brutos).

Los reactores utilizan combustible de uranio poco enriquecido (LEU), con un enriquecimiento medio del 14,1%, con un ciclo de combustible de 3 años. Puede funcionar como planta de cogeneración, ya que recoge el calor residual. Puede proporcionar hasta 60 MW de potencia térmica a través de tuberías sujetas para fines de calefacción. La entrega máxima de calor es de hasta 170 MW, al tiempo que reduce la producción eléctrica a 30 MW. Otro producto conjunto es hasta 240.000 m³/d de agua dulce hecha de agua de mar.

El 28 de abril de 2018, partió de San Petersburgo remolcado hacia Múrmansk, donde recibió combustible nuclear por primera vez. El 17 de mayo de 2018, llegó a Múrmansk. Fue entregada a la empresa estatal de energía nuclear rusa el 4 de julio de 2019. La operación de remolque de 5000 km a través del océano Ártico por el rompehielos Dickson comenzó el 23 de agosto de 2019. El 9 de septiembre de 2019, llegó a su ubicación permanente en el distrito de Chukotka, Comenzó a operar el 19 de diciembre de 2019. El 22 de mayo de 2020, la planta había sido puesta en servicio por completo. Para esa fecha había entregado 47,3 GWh de energía eléctrica sin emisiones, cubriendo el 20% de la demanda en la región. El 30 de junio de 2020 comenzó a suministrar energía térmica a Pevek.

Pero el programa ruso no se detiene en la Akademik Lomonosov. Rusia ha comenzado una serie de nuevas FNPPs. La barcaza de la primera de cuatro unidades de potencia previstas con una capacidad eléctrica instalada de 106 MWe cada una esta siendo construida en China. (ver más adelante), Fueron diseñadas para operar en las aguas del cabo Nagleingyn en el Distrito Autónomo de Chukotka. El contrato para su suministro fue firmado por la división de ingeniería mecánica de Rosatom, Atomenergomash (AEM), en 2021.

Debido a los plazos ajustados para la ejecución del proyecto y la gran carga de trabajo de las empresas de construcción naval nacionales, se decidió fabricar los cascos de las dos primeras unidades de potencia en un astillero

chino. El plan de construcción y el astillero constructor de los cascos de la tercera y cuarta centrales nucleares flotantes se decidirán a finales de año.

Los rusos declararon que se trata de un proyecto especial porque AEM desempeña un nuevo papel como proveedor del producto final; las unidades de energía flotantes. En segundo lugar, es el comienzo de toda una familia de centrales nucleares flotantes, de diferente potencia y finalidad, en versiones árticas y tropicales, que AEM está dispuesta a ofrecer al mercado y que, sin duda, tienen un potencial muy serio para la realización de grandes proyectos industriales y exportaciones.

Rusia ya fabrica equipos para la central nuclear. Los reactores RITM-200S que se instalarán en las centrales nucleares flotantes se fabrican íntegramente en las empresas de AEM. OKBM Afrikantov es el diseñador y desarrollador. Las piezas brutas de la vasija del reactor se funden cerca de San Petersburgo en AEM-Special Steels, y el mecanizado y el montaje final de la vasija se llevan a cabo en la planta ZiO-Podolsk cerca de Moscú.

4.2. China

China ha iniciado su programa de FNPP construyendo el barco para las nuevas centrales rusas. Ya ha comenzado a colocar la quilla del casco de la nueva generación de FNPP rusa.

La longitud de la barcaza que se está construyendo en China será de 140 metros y la manga de 30 metros. El peso del casco sin equipo será de 9.549 toneladas y con equipo, de 19.088 toneladas. Está previsto que el casco sea entregado a Rusia para 2023/24 para la finalización e instalación de los reactores y otros equipos.

5. CONCLUSIONES

- Las FNPP son una realidad y el análisis internacional de sus desafíos comienza a completarse.
- Se entiende que las FNPP debería ser de interés para la costa patagónica argentina.
- La ACMAR debería internarse en el tema y recopilar la información relevante.