

# Análisis de reactores nucleares de nueva generación para una transición energética más limpia en México

Deyanira Silvestre-Castañeda y Mariana Hernández-Escalante \*

Ingeniería en Energía, Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, Boulevard Acceso a Tolcayuca No. 1009, Ex Hacienda de San Javier, C.P. 43860, Tolcayuca, Hidalgo, México

\* Autor de correspondencia: [mkhernandez@upmh.edu.mx](mailto:mkhernandez@upmh.edu.mx); Tel.: +52 5569711636

**Energías Renovables** (Energía nuclear)

Recibido: 13 de junio de 2025

Aceptado: 26 de julio de 2025

Publicado: 23 de enero de 2026

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v4i3.524>

**Resumen:** La transición hacia un sistema energético más limpio y sostenible representa un desafío crucial para México, especialmente en el contexto de sus crecientes demandas eléctricas, los compromisos internacionales adquiridos en materia del cambio climático y el continuo uso de recursos fósiles. En este trabajo se analizan reactores nucleares de nueva generación como opción para una transición energética que ayude a la diversificación y descarbonización del sector. Se eligieron reactores nucleares de III, III+ y IV generación donde se analizaron de forma documental sus factores técnicos, tipo de combustible, moderador, mejoras en eficiencia y seguridad con respecto a las generaciones anteriores, con el objetivo de evaluar su implementación en México. A partir de un análisis de toma de decisión se verifican que reactores podrían tener mayor oportunidad de éxito en el país. Los resultados sugieren que los reactores nucleares de nueva generación como el MSFR y AP1000, podrían jugar un papel estratégico en la seguridad energética, además de contribuir significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, sin comprometer la estabilidad del Sistema Eléctrico Nacional.

**Palabras clave:** reactores nucleares, energía, transición energética, descarbonización, toma de decisiones

## Analysis of Next-Generation Nuclear Reactors for a Cleaner Energy Transition in Mexico

**Abstract:** The transition toward a cleaner and more sustainable energy system represents a critical challenge for Mexico, particularly in the context of increasing electricity demand, international commitments on climate change, and the continued reliance on fossil fuels. This study analyzes next-generation nuclear reactors as a potential option for an energy transition that supports the diversification and decarbonization of the sector. Generation III, III+, and IV nuclear reactors were selected, and a documentary analysis was conducted to assess their technical features, fuel type, moderator, and improvements in efficiency and safety compared to previous generations, with the aim of evaluating their implementation in Mexico. Additionally, the study includes a review of the international energy commitments undertaken by the country to identify opportunities for integrating nuclear energy into the national energy matrix. Based on a decision-making analysis, it is determined which reactors could have the greatest chance of success in the country. The results suggest that next-generation nuclear reactors such as MSFR and AP100 could play a strategic role in ensuring energy security and significantly contribute to reducing greenhouse gas emissions without compromising the stability of the National Electric System.

**Keywords:** nuclear reactor, energy, energy transition, decarbonization, decision-making

### Introducción

El futuro del planeta demanda el uso racional y sostenible de todos los recursos energéticos disponibles en la actualidad (SENER, 2024). Esta necesidad supone un reto para una industria que le ha confiado la matriz energética a procesos que dependen de combustibles fósiles. La matriz energética mexicana sigue estando dominada por estas fuentes, lo que contribuye significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, la forma más lógica de reducir la dependencia de los combustibles fósiles es iniciando un plan de acción que restrinja su uso excesivo en los sistemas productivos (Cordera Campos & Provencio Durazo, 2018). Esta transición energética no puede ser introducida de forma precipitada ya que esto puede traer consigo consecuencias económicas perjudiciales (Torres Flores, 2020).

En este contexto, la energía nuclear es una fuente ampliamente utilizada en la industria eléctrica para la generación de electricidad, destacándose por su capacidad de producción a gran escala, es por este motivo que la manera menos disruptiva y lógica de iniciar una transición energética sería aumentar el uso de plantas nucleares para satisfacer el suministro eléctrico (Brook *et al.*, 2014).

Lo que hace tan especial a la energía nuclear comparado con el resto de las tecnologías es la capacidad energética de los reactores nucleares, ya que comparada con otras tecnologías tienden a aportar energía base. Esta capacidad depende de su combustible, siendo el uranio la principal fuente utilizada. Este elemento radiactivo, al igual que otros actínidos, libera energía durante su proceso de decaimiento. Su alta densidad energética permite que una cantidad de combustible del tamaño de un huevo de gallina genere la misma electricidad que 88 toneladas de carbón (Tarakanov, 2023).

El uranio es uno de los elementos químicos más abundantes en la corteza terrestre, siendo así que las reservas razonablemente aseguradas de este elemento ascienden a 3.17 millones de toneladas (Internationale Atomenergie-Organisation, 2005). Existen tres isótopos naturales del uranio: el uranio 234 (U-234), el uranio 235 (U-235) y el uranio 238 (U-238). El U-235 representa tan solo el 0.72% del uranio en su estado natural y para poder fabricar combustible nuclear es necesario aumentar artificialmente la concentración de U-235 mediante un procedimiento llamado “enriquecimiento”. La mayoría de los reactores comerciales emplean como combustible uranio con una proporción de U-235 menor al 5%, este tipo de uranio es denominado “uranio poco enriquecido” (UPE) y tiene como característica que no se degrada y se puede almacenar de forma segura durante muchos años (IAEA, 2016).

Para poder tomar una decisión en cuanto al tipo de reactor que se puede implementar debemos tomar en cuenta el factor principal que define el tipo de reactor: la combinación combustible-moderador (Murakami, 2021). El reactor de agua ligera (LWR, por sus siglas en inglés) es el tipo de reactor nuclear más común en el mundo. Utiliza óxido de uranio, o una mezcla de uranio y plutonio, como combustible, y agua común como moderador. No obstante, la combinación de diferentes tipos de combustibles y moderadores ha dado lugar al desarrollo de una variedad de reactores con distintas características (Lamarsh & Baratta, 2001).

El diseño de reactores nucleares usualmente es categorizado por “generaciones”. Bajo este argumento las generaciones en las que se clasifican son: I, II, III, III+ y IV, cuyos atributos característicos residen en las diferencias entre las distintas generaciones de reactores (Goldberg & Rosner, s. f.).

La generación I es la generación de los prototipos iniciales, diseños desarrollados originalmente para uso naval a finales de la década de los 40's (Khalil *et al.*, s. f.). Fueron el desarrollo de estos proyectos militares los que tuvieron importantes implicaciones en la generación de energía eléctrica puesto que utilizaban Reactores de Agua Presurizada (PWR), mismos que se han convertido en los reactores más utilizados a nivel mundial para la generación de electricidad (Chater, s. f.).

La generación II es la generación de los reactores comerciales, diseñados para ser económicos y confiables, durante el desarrollo de esta generación emergieron reactores como: Reactores de Agua Ligera (LWR), Reactores de Agua Presurizada (PWR), Reactores de Agua en Ebullición (BWR), Canadian Deuterium Uranium (CANDU), Reactores de energía Agua-Agua VVER/RBMK. Estos sistemas comprenden la mayor parte de los más de 400 reactores comerciales en la actualidad (Goldberg & Rosner, s.f.).

Los reactores nucleares de Gen. III y III+ fueron desarrollados recientemente en la década de los 90's (Marques, 2010), este tipo de reactores son esencialmente reactores de generación II con mejoras de diseño evolutivas que ofrecen avances significativos en materia de seguridad y economía (Khalil *et al.*, s.f.).

Por último, los reactores de Gen IV están diseñados para operar a temperaturas más altas que las de los reactores que se encuentran actualmente en operación, lo que los hará jugar un papel importante en procesos no eléctricos (Kiegiel *et al.*, 2025).

Probablemente pueden existir preguntas sobre las características técnicas y de operación de las primeras dos generaciones de reactores, sin embargo, en este trabajo le daremos prioridad al análisis de generaciones más nuevas de reactores nucleares como lo son la generación III, III+ y IV debido a que tienen mayor probabilidad de ser incorporados en la actualidad a una matriz energética, por sus avances tecnológicos.

Este trabajo se estructura en torno a una revisión organizada de los reactores que constituyen a las generaciones III, III+ y IV, seguida de una revisión de viabilidad técnica y operativa con la finalidad de proponer la opción más adecuada para diversificar la matriz energética nacional mediante un análisis de toma de decisiones por ponderación.

## Desarrollo

A lo largo de este trabajo se llevó a cabo un análisis técnico de reactores nucleares de generación III, III+ y IV con la finalidad de analizar su potencial de implementación en el contexto energético mexicano, basada en una metodología por ponderación de análisis de toma de decisiones.

Para llevar a cabo esta investigación se realizó una investigación bibliográfica extensiva, un repositorio donde se agrupó toda la información de la caracterización de los reactores nucleares, y por último se llevó a cabo una metodología de análisis de toma de decisión por ponderación para visualizar qué reactores tienen la mejor calificación.

En la revisión de bibliografía inicial se realizó una búsqueda de información técnica en artículos académicos, bases de datos de organismos internacionales y reportes técnicos, permitiéndonos establecer un marco general sobre los tipos de reactores, sus características, ventajas y aplicaciones energéticas. De esta revisión bibliográfica se obtuvo lo siguiente:

### *Energía nuclear en México*

A nivel nacional en materia de generación de energía nuclear, México cuenta con la Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde en Alto Lucero de Gutiérrez Barrios, Veracruz (SENER, 2021) con dos reactores de tipo BWR en operación desde 1984 y 1994 respectivamente (IAEA, s. f.-b). Esta central nucleoeléctrica posee una capacidad neta de 1552 MW que representan el 4.5% de la electricidad que consume el país, el 8.9% de la generación de Comisión Federal de Electricidad (CFE) y constituye el 18% de la energía limpia generada por el país (CFE, 2022).

Laguna Verde opera con altos estándares de seguridad y calidad y es evaluada por la Asociación Mundial de Operadores Nucleares (WANO) *Por sus siglas en inglés: World Association of Nuclear Operators*, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), el Instituto de Operaciones de Energía Nuclear (INPO) *por sus siglas en inglés: Institute of Nuclear Power Operations* y por la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNS) (CFE, 2021).

Dentro de los planes más recientes propuestos por el país para aumentar el uso de energías limpias en el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) del 2024, el Programa Indicativo de Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE) considera 2,350 MW de adición de capacidad nuclear, donde se espera que en el mediano plazo la tecnología nuclear para Centrales Eléctricas de menor capacidad sea accesible para su integración al Sistema Eléctrico Nacional (SENER, 2024).

### *Reactores de generación III, III+ y iv*

Los diseños de los reactores nucleares de generación III y III+ no son el resultado de un proceso deliberado. El desarrollo de estos sistemas, al consistir en reactores de agua en ebullición con las mejoras más recientes, puede considerarse un proceso más natural; ya que actualmente los reactores que se encuentran en operación son aquellos que han logrado sobrevivir y son los más adecuados para operar de forma segura y sustentable (Goldberg & Rosner, s. f.). Estas mejoras consideran que la experiencia operativa es fundamental para garantizar la seguridad y buscan maximizar los beneficios derivados de la experiencia acumulada en la operación de reactores de generaciones anteriores con sistemas de generación similares (Bertran Barré *et al.*, 2016).

Por otro lado, la generación IV, aunque no posee conceptos básicos completamente nuevos, poseen características en sus diseños que merecen ser destacados, ya que representan diferencias significativas respecto a los sistemas anteriores (Marques, 2010). La Tabla 1 resume las principales características de los seis sistemas de generación IV que se encuentran actualmente en desarrollo.

Tabla 1. Características principales de los sistemas de generación IV (GIF, s. f.)

Sistema de generación	Espectro de neutrones	Refrigerante	Potencia (MWe)	Ciclo de combustible
Reactor de muy alta temperatura (VHTR)	Térmico	Helio	900-1000	Abierto
Reactor Rápido Enfriado por Sodio (SFR)	Rápido	Sodio	500-550	Cerrado
Reactor supercrítico enfriado por Agua (SCWR)	Térmico/Rápido	Agua	510-625	Abierto/Cerrado
Reactor Rápido Enfriado por Gas (GFR)	Rápido	Helio	850	Cerrado
Reactor Rápido Enfriado por Plomo (LFR)	Rápido	Plomo	480-570	Cerrado
Reactor de Sales Fundidas (MSR)	Térmico/Rápido	Sales de fluoruro	700-800	Cerrado

### Caracterización de reactores nucleares

Durante la Caracterización de reactores nucleares se consideraron las siguientes variables que permitieron identificar tecnologías prometedoras:

1. *Capacidad térmica*: Representa el calor neto transferido del combustible al refrigerante (PRIS - Glossary, s. f.).
2. *Capacidad neta*: Unidad de referencia de potencias como se encuentra especificado en el diseño de la unidad original (IAEA, 2024).
3. *Tipo de ciclo*:
  - a. Abierto: No existe reprocesamiento de desechos nucleares (IAEA, 2019).
  - b. Cerrado: Existe reprocesamiento de desechos nucleares derivados de combustible irradiado (IAEA, 2019).
4. *Aplicaciones no eléctricas*: Producción de energía de salida en forma de calor o vapor (PRIS - Glossary, s. f.).
5. *Frecuencia de recarga*: Se refiere a la frecuencia de recarga de combustible derivada del ciclo de operación (Foro Nuclear, 2020).

Esta caracterización permitió estructurar una metodología de análisis de toma de decisión por ponderación con la intención de orientar a generar propuestas que respondan a los retos energéticos del país desde una perspectiva tecnológica. Por lo que los cinco puntos antes mencionados se convierten en criterios de evaluación para cada uno de los reactores evaluados.

### Metodología de análisis de toma de decisión

La metodología de toma de decisiones para este trabajo se basó en el análisis de toma de decisión multicriterio por ponderación donde los pasos a seguir son los mostrados en la Figura 1.

Esta metodología consiste en hacer una evaluación de alternativas, que en este caso son los reactores nucleares y los criterios forman parte de la caracterización de los reactores, el resultado que se obtiene es una calificación global donde el puntaje más alto representa la alternativa a recomendar. El modelo matemático como se muestra en la Ecuación 1 que se utiliza para calcular el puntaje es:

$$S_j = \sum_i w_i r_{ij} \quad (1)$$

Donde:  $S_j$  = Calificación final para la alternativa  $j$ ;  $w_i$  = Ponderación de cada criterio  $i$ ;  $r_{ij}$  = rating de la alternativa  $j$  en función del criterio  $i$

A partir de la caracterización, se generaron criterios de evaluación, los cuales son necesarios para completar el análisis, estos criterios se muestran por modelo de reactor, generación y tipo. Se consideraron los siguientes criterios: capacidad térmica, capacidad neta, ciclo de combustible, aplicaciones no eléctricas, frecuencia de recarga y estado. Para aquellos criterios cualitativos se realizó un procedimiento de normalización lineal, para ajustar los parámetros a un mismo nivel

de análisis, mientras que los criterios cuantitativos se llevaron a valores de verdad parciales entre 0 y 1 siendo 0 lo peor y 1 lo mejor, con la intención de representar matemáticamente la vaguedad e incertidumbre que genera lo cuantitativo.

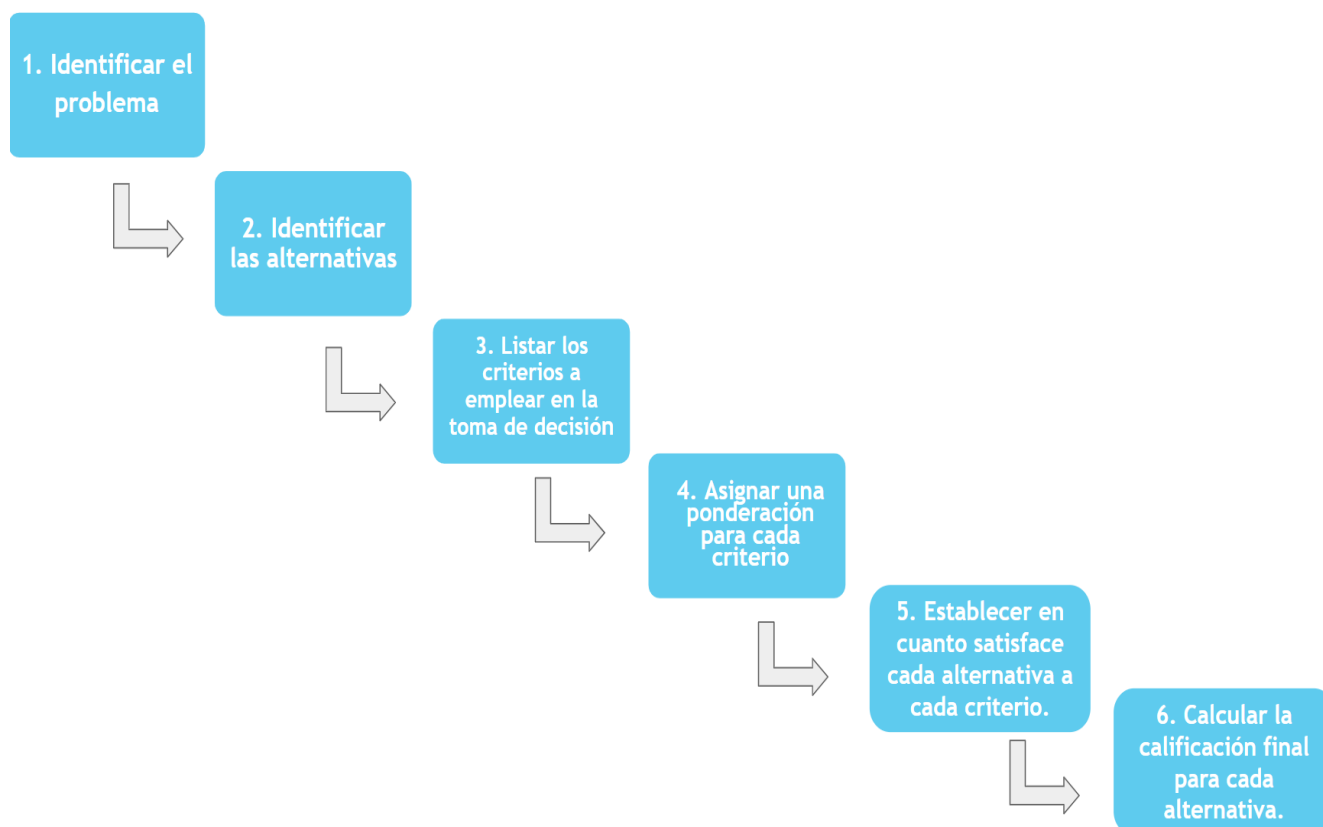


Figura 1. Pasos de metodología ponderación lineal (Elaboración propia)

Para este trabajo se realizaron dos escenarios en los cuales los pesos para realizar la ponderación fueron asignados según su relevancia en los casos de evaluación. En el primer escenario se priorizó la capacidad energética de los reactores, asignando un peso del 30% a la capacidad térmica y la capacidad neta de los reactores, seguidos de la frecuencia de recarga de combustible que contó con un peso del 20%, después a criterios como el ciclo de combustible y aplicaciones no eléctricas se les asignó un peso del 5%, adicionalmente los criterios de estado del reactor y generación obtuvieron un peso del 4%, por último el tipo de reactor recibió un peso del 2%.

Los pesos asignados para el escenario dos se encuentran estrechamente relacionados con la experiencia operativa y las aplicaciones no eléctricas obteniendo un peso del 25% respectivamente, seguidos de la capacidad energética, capacidad neta, tipo de ciclo de combustible y frecuencia de recarga de combustible. A estos criterios se les asignó un peso del 10% a cada uno, para finalizar con la generación y tipo de reactor los cuales recibieron un peso del 5% individualmente.

Para la aplicación de la metodología de toma de decisiones y sus escenarios se empleó una plantilla en Excel, en la que se definieron los criterios, las alternativas y sus respectivas ponderaciones de acuerdo con el escenario y se realizaron los cálculos necesarios. Los resultados obtenidos se presentan mediante gráficos, los cuales se describen y analizan en la siguiente sección.

## Resultados y discusiones

A continuación, la Tabla 2 muestra la caracterización de los reactores nucleares en operación y en desarrollo correspondientes a las generaciones III, III+ y IV. El análisis se centró en dos criterios fundamentales: la experiencia operativa (OPEX) y la capacidad energética, aplicando una metodología de ponderación lineal.

Tabla 2. Caracterización de reactores de gen. II, III+ y IV en operación y desarrollo (IAEA, s. f.-a)

Modelo	Gen.	Tipo	Capacidad térmica (MWt)	Capacidad neta (MWe)	Ciclo de combustible	Aplicaciones no Eléctricas <sup>1</sup>	Frecuencia de recarga (meses)	Estado <sup>2</sup>
ABWR	III	BWR	3926	1315	-	-	12-24	OP
ABWR-II	III+	BWR	4960	1638	-	-	18	DB
ESBWR	III	BWR	4500	1520	-	-	24	DB
KERENA	III+	BWR	3370	1250	-	-	24	DB
RMWR	III+	BWR	3926	1300	-	-	15	DB
BWRX-300	III+	BWR	870	300	-	AP	12-24	DD
AP-600	III	PWR	1940	600	-	-	24	DB
APR1000	III	PWR	2815	1000	-	-	24	DC
APR1400	III	PWR	3983	1400	Abierto	-	18	OP
APWR	III	PWR	4466	1500	-	-	-	DB
EPR	III	PWR	4590	1650	Abierto/ Cerrado	-	24	OP
AP 1000	III+	PWR	3400	1100	Abierto	AP, CU	18	OP
ACR-1000	III	PHWR	-	1370	-	-	36	DB
EM2	IV	GFR	500	1060	Abierto	-	360	DC
ALLEGRO	IV	GFR	75	-	-	-	-	ED
KAMADO FBR	IV	GFR	3000	1000	Cerrado	H2	12	DC
FMR	IV	GFR	100	42	Cerrado	AP	180	DC
MSFR	IV	MSR	3000	1500	-	-	Continuo	DC
SmAHTR	IV	MSR	125	-	-	H2	6	ED
IMSR400	IV	MSR	442	390	Abierto/ Cerrado	AP, CP	Continuo	DD
FUJI	IV	MSR	450	200	Cerrado	DS, H2	Continuo	DC
ALFRED	IV	LFR	300	125	-	-	12	DC
ELFR	IV	LFR	1500	630	-	-	30	DC
G4M	IV	LFR	70	25	-	AP	120	DC
PEACER	IV	LFR	850	300	-	-	12	DC
W-LFR	IV	LFR	950	460	-	AP	24	DC
CSR1000	IV	SCWR	2300	1000	Cerrado	-	18	DC
HP-LWR	IV	SCWR	2300	1000	-	-	11	DC
JSCWR	IV	SCWR	3681	750	-	-	26	DC
ASTRID	IV	SFR	1500	600	-	-	48	DC
BN-1200	IV	SFR	2800	1140	-	-	-	DD
CFR-600	IV	SFR	1500	600	-	-	-	DC
FBR-1 &2	IV	SFR	1250	500	-	-	8	DD
JSFR	IV	SFR	3530	750	-	-	26	DC
PRISM	IV	SFR	840	311	-	-	18	DD
TWR-P	IV	SFR	1475	600	-	-	24	DC
ARC-100	IV	SFR	286	-	-	AP-Producción de isótopos	120-240	DC

<sup>1</sup> La columna de aplicaciones no eléctricas indica el uso de la instalación para proveer: AP: Ajuste de producción, DS: Desalinización, H2: Producción de hidrógeno, CU: Calefacción urbana, CP: Calor de proceso.

<sup>2</sup> La columna de Estado indica el estado del sistema: OP: En operación, ED: En diseño, DC: Diseño conceptual, DB: Diseño básico, DD: Diseño desarrollado.

## Análisis de resultados

La Figura 2 muestra una evaluación comparativa cualitativa de diferentes reactores nucleares en función de su capacidad energética, uno de los criterios clave para su posible incorporación en estrategias de diversificación energética. El análisis evidencia que no todos los reactores evaluados ofrecen niveles similares de capacidad, hecho que permite distinguir los modelos que presentan ventajas competitivas en este aspecto.

Reactores como el reactor de sales fundidas MSFR (*Molten Salt Fast Reactor*), Reactor europeo presurizado EPR y el reactor avanzado de agua en ebullición ABWR-II destacan al presentar los valores más altos en este criterio, lo que indica que estos reactores cuentan con una capacidad proyectada adecuada para responder de manera más eficiente a las demandas energéticas actuales y futuras. El hecho de que estos reactores pertenezcan tanto a las generaciones III, III+ y IV indica como la innovación tecnológica ha permitido alcanzar niveles de capacidad competitivos a lo largo de las distintas etapas de desarrollo.

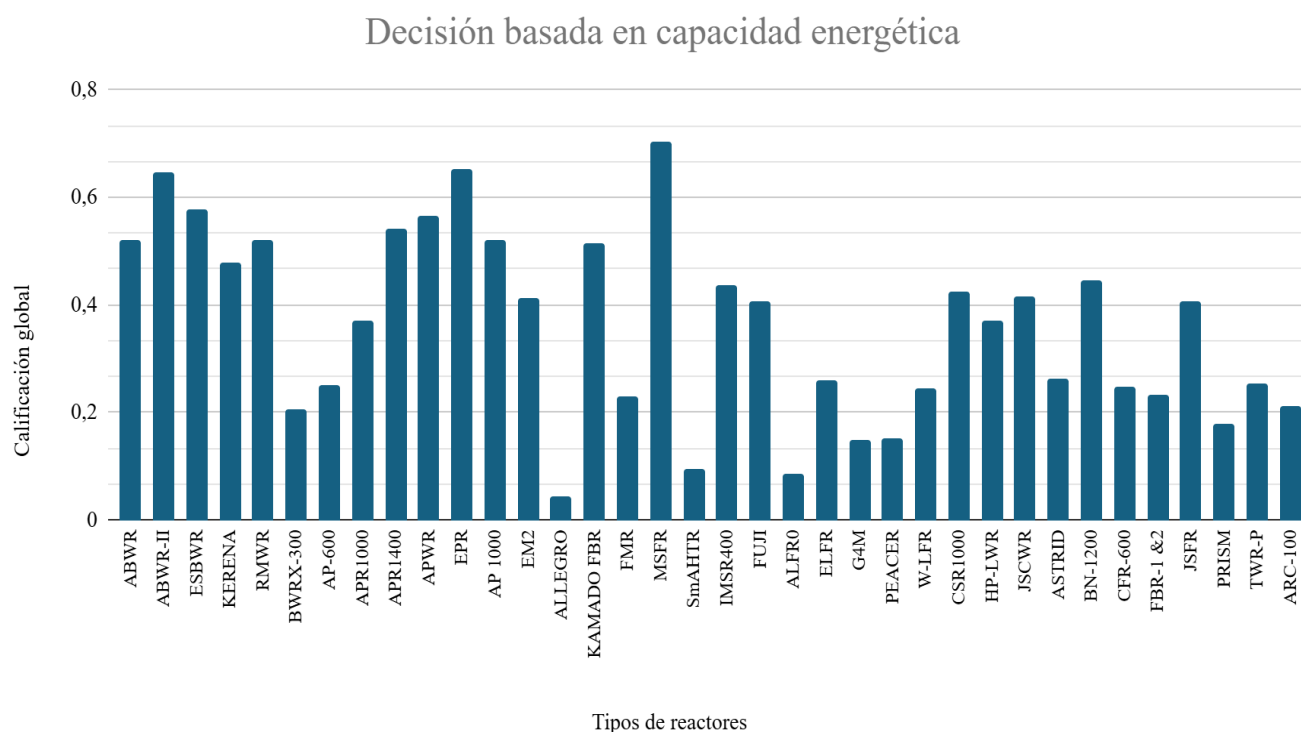


Figura 2. Resultados del análisis cualitativo basado en la capacidad energética de los modelos evaluados de reactores nucleares pertenecientes a las generaciones III, III+ y IV

La evaluación de la experiencia operacional y aplicaciones permite identificar tecnologías que no solo han demostrado confiabilidad a lo largo del tiempo, sino que también ofrecen una mayor versatilidad en su aplicación. La Figura 3 presenta una comparación cualitativa de distintos reactores nucleares con base en su capacidad energética y se observa una clara ventaja en aquellos reactores que cuentan con unidades en funcionamiento, lo que refleja madurez tecnológica y un historial comprobado de desempeño. Por otro lado, las aplicaciones no eléctricas se han convertido en un componente estratégico dentro del desarrollo de nuevas tecnologías. En este sentido, algunos reactores de nueva generación, aunque poseen menor experiencia operativa, destacan por su capacidad de integración a procesos industriales. El análisis de ambos criterios revela el equilibrio entre confiabilidad y multifuncionalidad, siendo especialmente valiosos aquellos reactores que logran combinar una trayectoria operativa con un diseño adaptable a usos no eléctricos.

En particular el reactor de agua a presión AP 1000 sobresale por presentar valores significativos en el análisis en conjunto de los criterios. Su capacidad para modular la producción de energía según la demanda lo convierte en una alternativa estratégica. Esta flexibilidad operativa lo posiciona como una opción coherente con los planes de expansión

del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), los cuales proponen la incorporación de centrales eléctricas de menor capacidad y contribuyen a su vez a impulsar una transición energética más limpia.

### Decisión basada en experiencia operacional y aplicaciones

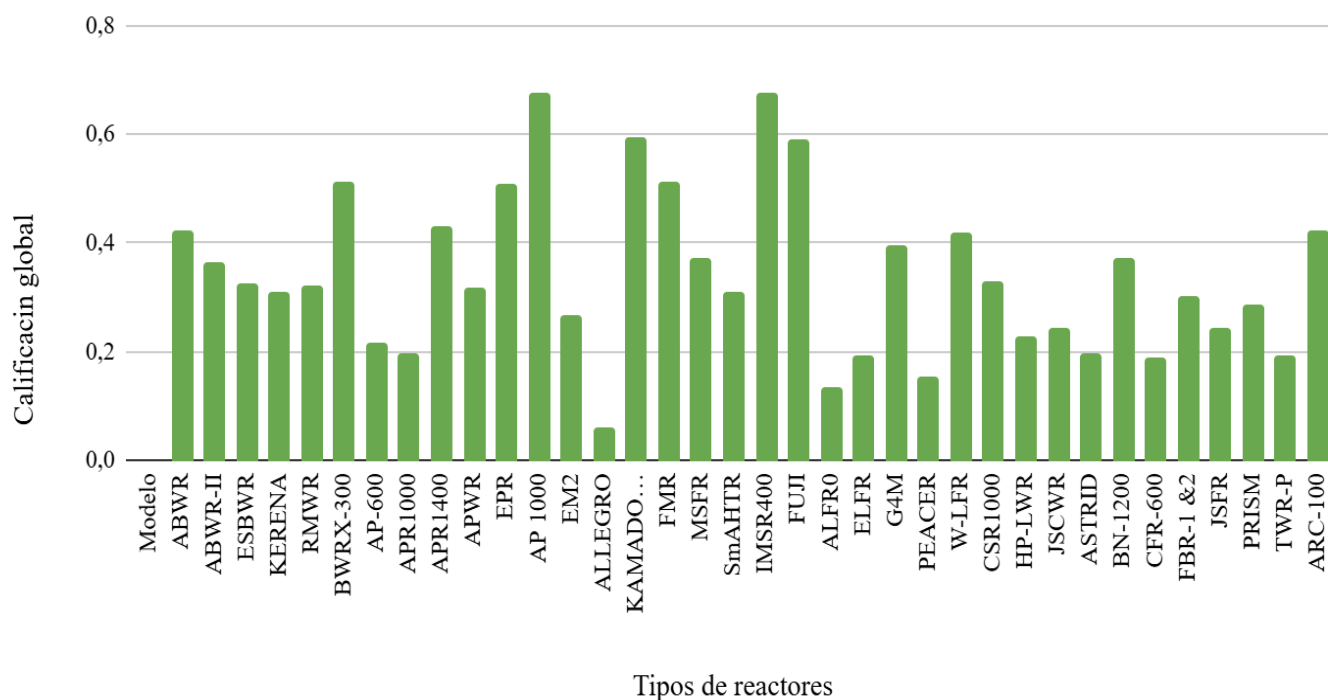


Figura 3. Resultados del análisis cualitativo basado en la experiencia de operación y aplicaciones de los modelos evaluados de reactores nucleares pertenecientes a las generaciones III, III+ y IV

## Conclusiones

Se realizó un análisis de reactores nucleares de nueva generación para conseguir una transición energética más limpia en México. El análisis cualitativo permitió identificar tecnologías nucleares de nueva generación con un balance favorable entre experiencia operativa y capacidad energética, factores clave para su posible integración en una estrategia de diversificación de la matriz energética nacional.

El análisis de toma de decisión mostró que reactores como el MSFR y AP 1000 sobresalen por su grado de madurez tecnológica y adaptabilidad operativa lo que subraya la importancia de fomentar el aprovechamiento de tecnologías avanzadas como vía para fortalecer la seguridad energética del país y avanzar hacia una transición energética sostenible. En este sentido, los resultados del estudio son un punto de partida para que se promueva mayor investigación sobre ese tipo de reactores, su desarrollo e implementación en el país, esto como parte integral de una visión energética futura alineada con los compromisos nacionales e internacionales que México tiene en materia del cambio climático y sostenibilidad.

## Bibliografía

- Aznar-Bellver, J. e. (2012). *Valoración inmobiliaria. Métodos y aplicaciones*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Bertran Barré, P., Anzieu, P., Lenain, R., & Thomas, J.-B. (2016). *Nuclear reactor systems: A technical, historical and dynamic approach*. EDP Sciences.
- Brook, B. W., Alonso, A., Meneley, D. A., Misak, J., Bles, T., & Van Erp, J. B. (2014). Why nuclear energy is sustainable and has to be part of the energy mix. *Sustainable Materials and Technologies*, 1–2, 8–16. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2014.11.001>
- Ceballos Pérez, S. G. (2020). Infraestructura verde y planeación urbana, elementos clave para una ciudad sustentable. En S. G. Ceballos Pérez, J. Villanueva Solís y J. A. Quiroga Herrera (Dir.), *Importancia de la infraestructura verde y la planeación para el desarrollo urbano sustentable* (pp. 6–27). Recuperado de [http://elcolegiodehidalgo.edu.mx/descargas/publicaciones/epub/infraestructura\\_verde\\_planeacion.pdf](http://elcolegiodehidalgo.edu.mx/descargas/publicaciones/epub/infraestructura_verde_planeacion.pdf)

- CFE. (2021, junio 12). Laguna Verde opera de manera segura y eficiente; hay campaña de desprestigio contra la central por afectar intereses privados. Portal CFE. Recuperado de <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/OTROS/Boletines/boletin?i=2194>
- CFE. (2022, agosto 8). Aporta la Central Nuclear Laguna Verde el 18 por ciento de la energía limpia generada en México. Portal CFE. Recuperado de <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/OTROS/Boletines/boletin?i=2613>
- Chater, J. (s. f.). *A history of nuclear power*.
- Cordera Campos, R., & Provencio Durazo, E. (2018). *Propuestas estratégicas para el desarrollo 2019–2024* (Informe del desarrollo en México, p. 280). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Foro Nuclear. (2020, enero 23). Paradas de recarga de las centrales nucleares. *Foro Nuclear*. Recuperado de <https://www.foronuclear.org/actualidad/a-fondo/paradas-de-recarga-de-las-centrales-nucleares/>
- GIF. (s. f.). *Generation IV Goals, Technologies and GIF R&D Roadmap*. Recuperado 14 de abril de 2025 de <https://www.gen-4.org/generation-iv-criteria-and-technologies>
- Goldberg, S. M., & Rosner, R. (s. f.). *Nuclear Reactors: Generation to Generation*.
- IAEA. (s. f.-a). *Advanced Reactor Information System (ARIS)*. Recuperado 24 de marzo de 2025 de <https://aris.iaea.org/undefined>
- IAEA. (s. f.-b). *PRIS – Country Details*. Recuperado 20 de marzo de 2025 de <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=MX>
- IAEA. (2016, diciembre 16). What is Low Enriched Uranium (LEU) and how it is stored at the IAEA LEU Bank? Recuperado de <https://www.iaea.org/topics/leubank/what-is-leu>
- IAEA. (2019). *Waste from Innovative Types of Reactors and Fuel Cycles* (Nuclear Energy Series No. NW-T-1.7, p. 117). Recuperado de <https://www.iaea.org/publications/12226/waste-from-innovative-types-of-reactors-and-fuel-cycles>
- IAEA. (2024). *Operating Experience with Nuclear Power Stations in Member States (OPEX)*.
- Internationale Atomenergie-Organisation (Ed.). (2005). *Comparative assessment of energy options and strategies in Mexico until 2025: Final report of a coordinated research project 2000–2004*. IAEA. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te\\_1469\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1469_web.pdf)
- Khalil, H., Bennett, R., & Versluis, R. (s. f.). *The Generation IV Nuclear Energy Systems Technology Roadmap*.
- Kiegiel, K., Chmielewska-Smientanko, D., Herdzyk-Koniecko, I., Miskiewicz, A., Smolinski, T., Rogowski, M., Ntang, A., Kiprono Rotich, Madaj, K., & Chmielewski, A. G. (2025, enero 29). The future of nuclear energy: Key chemical aspects of systems for developing Generations III+, Generation IV, and Small Modular Reactors. *Energies*, 53. <https://doi.org/10.3390/en18030622>
- Lamarsh, J. R., & Baratta, A. J. (2001). *Introduction to nuclear engineering* (3rd ed.). Prentice Hall.
- Marques, J. G. (2010). Evolution of nuclear fission reactors: Third generation and beyond. *Energy Conversion and Management*, 51(9), 1774–1780. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2009.12.043>
- Murakami, T. (2021). A historical review and analysis on the selection of nuclear reactor types and implications to development programs for advanced reactors; A Japanese study. *Energy Reports*, 7, 3428–3436. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.05.049>
- PRIS – Glossary. (s. f.). Recuperado 24 de marzo de 2025 de <https://pris.iaea.org/pris/glossary.aspx>
- SENER. (2021, febrero 3). Por medio de la energía nuclear, nuestro país garantiza el suministro de electricidad. Recuperado de <http://www.gob.mx/sener/articulos/por-medio-de-la-energia-nuclear-nuestro-pais-garantiza-el-suministro-de-electricidad?idiom=es>
- SENER. (2024, mayo 31). *PRODESEN 2024–2038*. Recuperado de <https://base.energia.gob.mx/PRODESEN2024/prodesen24-38cap0.PDF>
- Tarakanov, V. (2023, septiembre 15). ¿Qué es el uranio? Recuperado de <https://www.iaea.org/es/newscenter/news/what-is-uranium>
- Torres Flores, R. C. (2020). Transición energética: Obstáculo o estímulo al desarrollo. *Economía UNAM*, 17(49), 46–65. <https://www.scielo.org.mx/pdf/eunam/v17n49/1665-952X-eunam-17-49-46.pdf>