

# Fukushima: 11 años después del desastre nuclear. Reflexiones sobre el terremoto y tsunami del Japón

**Carlos Sebastián Calvo**  
Facultad de Ingeniería  
Universidad Ricardo Palma  
carlos.sebastian@urp.edu.pe  
Lima - Perú



## Resumen

En los inicios del nuevo milenio, se amplió la discusión entre las emisiones de gases de efecto invernadero, el cambio climático y el concepto energético. Los científicos y los decisores de políticas coinciden en considerar a las usinas nucleares como bajas en emisiones de carbón y, por tanto, poseedoras de un importante protagonismo de las energías limpias<sup>11</sup>.

El accidente de Fukushima, en marzo de 2011, originó la caída de nuevos proyectos nucleares y las discusiones para enfrentar al

cambio climático, también sobre ¿cómo cubrir la demanda creciente de energía y el progreso económico? Mientras algunos países se concentraron en fortalecer la seguridad de sus reactores nucleares, otros decidieron apartarse, incluso cerrando sus instalaciones.

Se realizaron grandes esfuerzos para fortalecer el aspecto de seguridad de las centrales nucleares de tal modo que la energía nuclear está reposicionándose, concretamente en aspectos tales como: amigable con el clima, opción libre de emisiones, capacidad de descarbonizar la llamada “dificultad para ser

abatido”, mejoramiento de las operaciones industriales y de transporte.

El accidente de Fukushima y la aceptación pública de algunos países, continúa incierta en algunos proyectos energéticos futuros. En determinados mercados la energía nuclear presenta políticas favorables y marcos de financiamiento que reconocen su contribución para la mitigación del cambio climático y el desarrollo sostenible. En ciertos países de América Latina, que no están en dicho marco, se afirma que la energía nuclear desarrollará todo su potencial, aunque el mundo dependa aun de los combustibles fósiles como el petróleo y el gas, tal como es en caso de Brasil, Argentina Perú y Chile, entre otros países de nuestra región latinoamericana.

**Palabras clave:** radiactividad, reactores nucleares, calentamiento global, energía nuclear, trazadores.

### Abstract

*At the beginning of the new millennium, there was a growing discussion about the link between energy-related greenhouse gas emissions, climate change, and the concept of a nuclear energy future. Scientists and policy makers nuclear power as a potential protagonist on the way to clean energy<sup>8</sup>.*

*Fukushima event on March 2011, has made dropped the interest on new projects for scaling up new nuclear power plans to control not only climate change but also to fill the energy demand of countries and, of course, economic growing up. While some countries paid attention to strengthening more safety reactors, some others decided to shut down some nuclear power plants<sup>11</sup>.*

*Several efforts to strengthen nuclear power safety have been made, so that nuclear energy is regaining preference in global debates such as:*

*climate friendly option, emission free during operation, availability to decarbonize the so called “hard to abate” industrial operations and transportation<sup>12</sup>.*

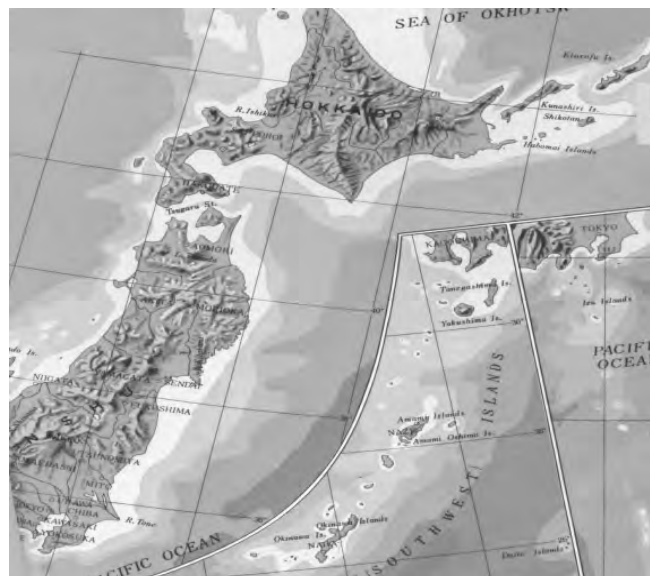
*The Fukushima accident create shadows in nuclear power's projects. Latin American markets are not in such markets. It is called that nuclear power energy shows favorable policies and good financial frameworks, recognizing its contribution to climate change mitigation and sustainable development. In some Latin American countries which are nor in such a framework, nuclear energy will develop all its potential, even the world still depends on fossil fuels such as oil and gas, as the case of Brazil, Argentina Perú and Chile, among other countries of L.A. Region*

**Keywords:** radioactivity, nuclear reactors, global warming, nuclear energy, tracers.

### Introducción.

A 11 años del más devastador terremoto sufrido por el Japón en 160 años, seguido de un tsunami que arrasó la costa noreste del país, se realiza un balance de las implicancias del desastre en el entorno social y económico, que obliga a aclarar malos entendidos e informaciones ajenas a la realidad y contradictorias, que se vienen sucediendo hasta la actualidad en relación al evento<sup>1</sup>.

El drama que vivió el Japón, nos debe obligar a ser responsables en nuestras apreciaciones y a ser conscientes de nuestras debilidades en materia de prevención y cultura de seguridad, ya que los desastres



**Fig.1** Mapa del Japón mostrando las regiones, donde se produce energía de origen nuclear, y la ubicación de la Central de Fukushima 1 donde ocurrieron los derrames de material radioactivo. A la derecha la topografía montañosa del territorio japonés.



como terremotos de gran magnitud, ya los hemos vivido y los podríamos volver a afrontar en cualquier momento. En el Perú, al igual que en el Japón, se registra gran actividad sísmica como consecuencia de la naturaleza de sus territorios.

Asimismo, la tragedia del Japón debe dejarnos lecciones de solidaridad, modestia y necesidad de información veraz, sobre todo en lo referente a las consecuencias derivadas de los derrames radioactivos. Lamentablemente, todavía subsisten grupos y personas que hacen de la desgracia su negocio, informando mal, y sin ninguna contribución positiva que al menos contribuya a cimentar una cultura de prevención que involucre a todos, desde la edad más temprana. En el Japón, la preparación para prevención de desastres naturales es permanente en todo sentido, habiéndose generado una confianza recíproca entre los medios de información y la población en general.

### Fuentes alternativas y energía nuclear

La energía se presenta bajo diferentes formas: mecánica, calorífica, eléctrica, luminosa, química, nuclear, etc. Todas las formas se pueden transformar en otras. Existen fuentes de energía renovables y fuentes de energía no renovables.

Las fuentes de energía renovables son aquellas cuya cantidad es casi inagotable, como la energía solar, la energía eólica, la energía hidráulica, las mareas y la biomasa.

Las fuentes de energía no renovables existen en cantidades limitadas y por lo tanto tienden a agotarse a medida que se consumen. Las fuentes no renovables conocidas son: el carbón mineral, el petróleo, el gas natural, la energía nuclear de fisión (uranio), la energía nuclear de fusión (deuterio) y la energía geotérmica. Los recursos no renovables provienen en parte de la energía solar acumulada por medio de procesos que involucran descomposición y fosilización de la materia orgánica (carbón, petróleo).

Otros recursos no renovables son las energías contenidas en minerales que pueden ser utilizados en la obtención de combustibles nucleares. Es posible producir energía eléctrica utilizando carbón o energía nuclear.

Vale la pena analizar, desde sus conceptos, los aspectos relacionados a la tragedia para un mejor entendimiento de la misma.

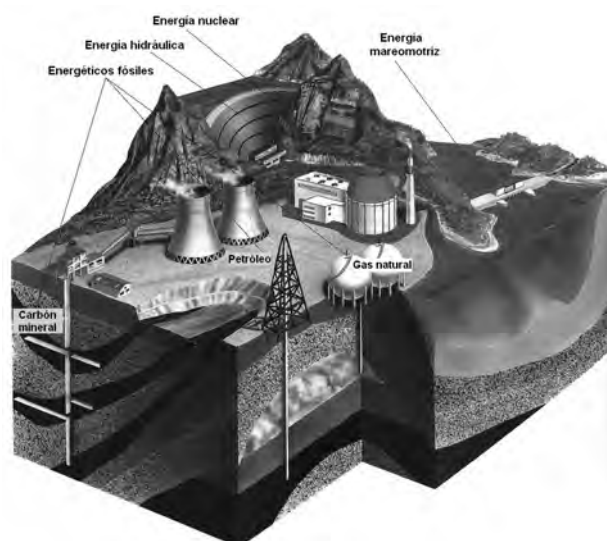


Fig.2 Fuentes de energía

### Energía nuclear y radioactividad

Todos los componentes de la materia son formados por partículas extraordinariamente pequeñas llamadas átomos. Los átomos están constituidos por partículas aun menores llamadas partículas elementales o subatómicas: protones, neutrones y electrones.

En el interior del átomo se distinguen dos partes, un núcleo muy compacto donde se encuentran los protones y neutrones y una envoltura poco densa alrededor del núcleo, donde se encuentran los electrones.

Los átomos contienen en su interior, enormes cantidades de energía almacenada en el núcleo. Se trata de la energía nuclear.

Los estudios realizados sobre las radiaciones nucleares emitidas por elementos radioactivos, permitieron identificar tres tipos, denominados por las letras griegas  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ . La radiación  $\alpha$  consiste en partículas con carga eléctrica positiva que no penetran mucho más allá de la superficie de la piel y pueden ser bloqueadas por una hoja de papel. La radiación  $\beta$  de carga negativa, es formada por electrones y es más penetrante que las radiaciones  $\alpha$  pudiendo penetrar de uno a dos centímetros de agua o en los tejidos humanos. Para contenerla basta una lámina de aluminio de pocos milímetros de espesor. La radiación  $\gamma$  es una onda electromagnética de la misma naturaleza que la luz o los rayos X, pero transporta mucha más energía y es muy penetrante, pudiendo atravesar el cuerpo humano. Se requiere un gran espesor de concreto para absorberla en gran medida.



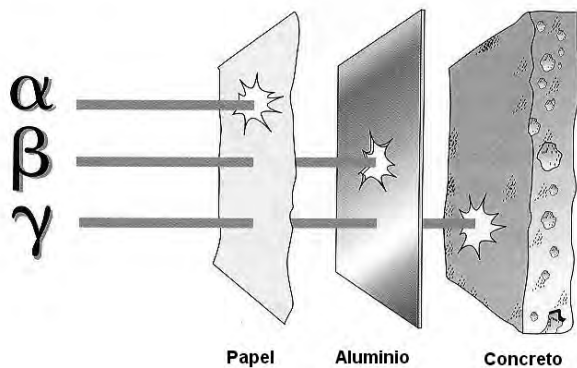


Fig.3 Tipos de radiaciones nucleares

La mayoría de los átomos son estables, pero algunos modifican su constitución de manera espontánea, desintegrándose y generando átomos diferentes que emiten en el proceso algún tipo de radiación. Esa propiedad se llama radioactividad y los elementos que la producen son los elementos radioactivos.

Cuando el núcleo de un átomo es bombardeado por una partícula atómica, este se transforma en otro que puede ser estable o radioactivo. En este segundo caso, el núcleo se desintegra y continúa emitiendo partículas como lo haría un elemento radioactivo natural.

Las reacciones nucleares son aquellas interacciones que ocurren entre partículas nucleares y núcleos

atómicos. La energía nuclear es aquella que se libera como consecuencia de una reacción nuclear. La más importante, desde el punto de vista de generación de energía, es la fisión nuclear.

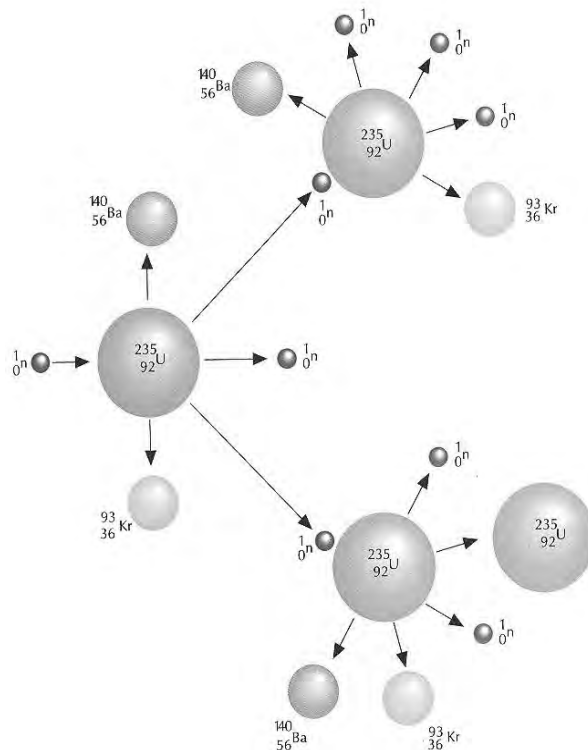


Fig.4 Ejemplo de reacciones de fisión nuclear

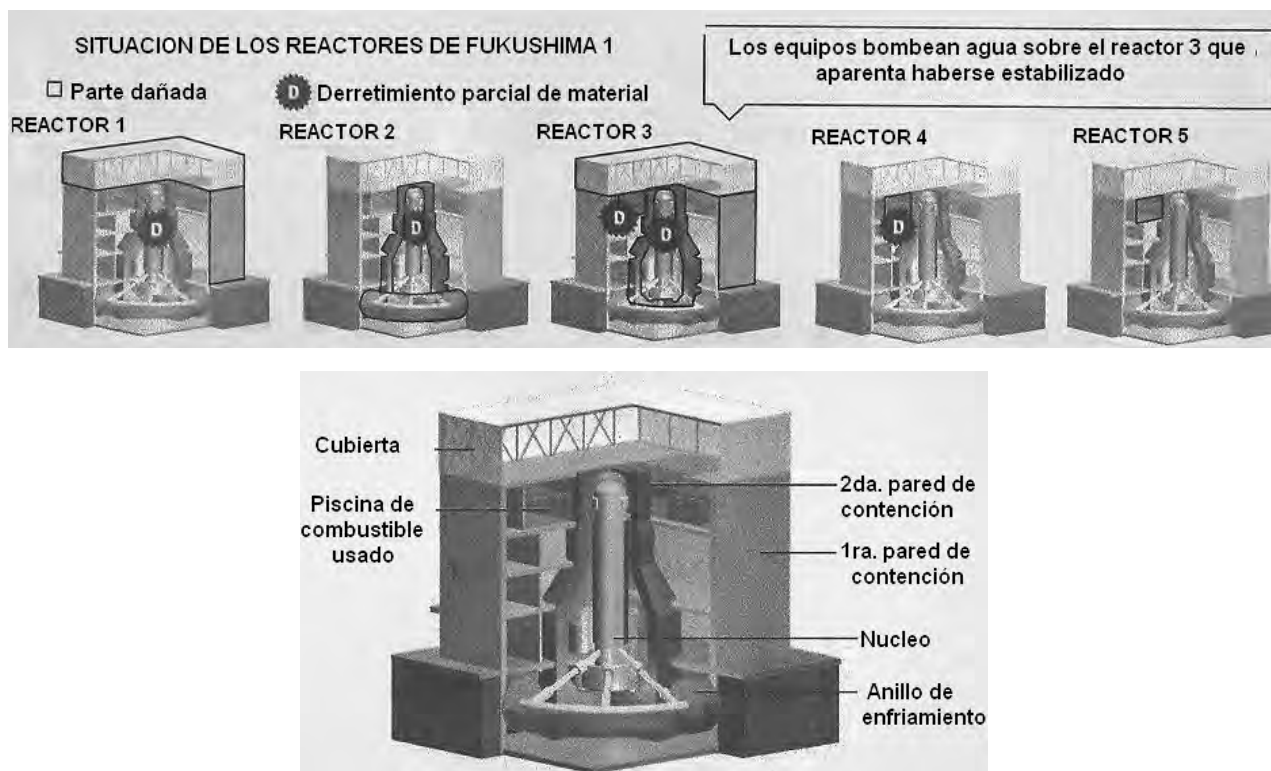


Fig.5 Estado en que se encontraban los reactores de Fukushima a los 5 días del accidente.



## Situación en Japón inmediatamente luego del desastre.

El Ministerio de Salud del Japón, informó luego de unos días de ocurrido el desastre de Fukushima, que fueron encontrados niveles de radiación encima de lo permisible, en muestras de verduras y leche producidas fuera del radio de 20 km. de aislamiento de la central nuclear de Fukushima 1, afectada por un terremoto seguido de tsunami. El hecho aumentó las preocupaciones sobre el alcance del derrame en Fukushima, donde técnicos, bomberos, policías y electricistas trabajaron arduamente para develar la magnitud real de la crisis. Se encontraron en verduras concentraciones de yodo 131 hasta 6 veces más del límite establecido por la norma japonesa, mientras que el índice de cesio 137 resultó un poco más de lo permisible.

El gobierno japonés, consciente del alto nivel de información de sus ciudadanos, manifestó que el nivel de contaminación detectada no representaba amenaza para la salud, y que, además, todos los otros alimentos analizados estaban libres de radiación. Por cierto, la comercialización de la producción contaminada fue suspendida. El nivel de radioactividad del agua potable de Fukushima también superó los niveles de seguridad. Se detectaron trazas de yodo en Tokio y en otras cinco regiones, pero sin exceder los parámetros de seguridad. Aun así, la contaminación tuvo un duro impacto en la economía japonesa.

La gravedad del accidente se elevó de 4 a 5, en los primeros días, en una escala que va hasta el nivel 7.

En esos primeros cinco días posteriores al accidente, se realizaron las siguientes operaciones de emergencia:

- Se bombeó agua de mar hacia el núcleo del reactor.
- Se esparció agua de mar al edificio, haciendo uso de helicópteros.
- Mediante camiones cisterna se intentó llenar las piscinas de material radioactivo usado, el mismo que se encontraba dañado.
- Se conectó la línea de transmisión de energía al reactor 2. Los próximos fueron los reactores 2, 3 y 4.
- Se empezó a adicionar boro al agua, para reducir la actividad físico-química del reactor.

## Implicancias del accidente de Fukushima.

A inicios del nuevo milenio, durante la creciente concientización sobre la vinculación entre las emisiones

de gases de efecto invernadero en la generación de energía y el cambio climático, se tornó creciente el concepto de lo que se dio en llamar un “renacimiento nuclear”. Los científicos y los responsables políticos de las naciones, identificaron a la energía nuclear baja en carbono, como una fuente de gran potencial en la migración hacia una “energía limpia”.

Sin embargo, el accidente del 11 de marzo de 2011, en la planta nucleoelectrónica de Fukushima, entonces operada por la Compañía de Energía Eléctrica de Tokio<sup>16</sup> (TEPCO), asestó un duro golpe a los planes globales para aumentar rápidamente la energía de origen nuclear, no solo para abordar el problema del cambio climático, sino también para disminuir el déficit energético y por tanto, propiciar el desarrollo económico de los países. Algunas potencias nucleares del mundo centraron principalmente su atención en fortalecer la seguridad nuclear, mientras otros países optaron por disminuir y revisar sus planes y proyectos de incorporación gradual de la energía de origen nuclear.

Paralelamente a los esfuerzos para fortalecer la seguridad nuclear y con el cada vez más evidente calentamiento global, la energía nuclear hoy en día está recuperando un lugar en los debates mundiales como una opción energética importante para el clima. Ello debido a sus evidentes particularidades como: cero emisiones durante la operación de las centrales nucleoelectrificadas, disponibilidad durante las 24 horas de los 7 días de la semana, y la capacidad para descarbonizar sectores “difíciles de reducir” en la industria y el transporte, sin contar sus diversas aplicaciones en la producción más limpia<sup>6</sup>, haciendo los procesos industriales y naturales, más económicos y eficientes, como es el caso de las aplicaciones industriales y ambientales de los isótopos y radio trazadores. Sin embargo, aun cuando organizaciones neutrales reconocen la capacidad de la energía nuclear para abordar los desafíos globales, continúa siendo incierta la medida en que esta fuente de energía limpia, confiable y sostenible, alcance todo su potencial de aplicación.

En consecuencia, podemos afirmar, que el accidente de Fukushima y la aceptación pública en algunos países, continúan ensombreciendo las perspectivas de aplicación de la energía nuclear con fines exclusivamente energéticos. Además, en algunos mercados importantes, la energía nucleoelectrificada carece de un marco político y financiero favorable que reconozca su contribución a la mitigación del cambio climático y al desarrollo sostenible. Sin contar con esas premisas, la energía de



origen nuclear tendrá dificultades para evidenciar todas sus bondades en generación de energía limpia, a pesar de que el mundo sigue dependiendo de combustibles fósiles desde hace muchas décadas.

### **Repercusiones en el suministro de energía en Japón, luego del accidente.**

La política energética japonesa preveía que hasta el 2030, la generación nuclear respondería por el 50% de la energía producida en el país. Las centrales hidroeléctricas significarían menos del 8% de la energía en el Japón, ya que no hay suficientes caídas de agua para aumentar la producción. El país utilizaba solo un 2% de fuentes alternativas como la eólica y la solar y no sería posible aumentar una contribución importante de estas fuentes en el futuro, ya que no tienen vientos ni sol en todas las estaciones.

El cierre de las centrales de Fukushima, obligó al Japón a racionar energía durante dos años. Según la IEA (Agencia Internacional de Energía), después del terremoto y del tsunami, fueron cerrados 11 reactores nucleares y seis refinerías de petróleo fueron paralizadas temporalmente, reduciendo en 30% la producción de combustibles.

La mejor alternativa de momento para el Japón ha sido, entonces, aumentar el número de centrales térmicas a gas. Estas plantas demoraron unos dos años en ser construidas. El Japón ya había usado centrales térmicas como fuente de generación de energía. De acuerdo a la IEA, el uso de gas y carbón, las centrales térmicas respondían por el 54% de la energía producida. Las centrales nucleares generaban el 27% del total (segunda fuente principal de energía).

Como el uso de carbón como combustible en centrales térmicas es muy contaminante, se optó por el uso de filtros para contener la contaminación, pero con costos incrementados. Entonces, para el Japón, el gas natural licuado se presentó como la mejor opción para generación térmica ya que puede transportarse en navíos.

Cabe resaltar que el Japón era el tercer mayor importador de gas natural en el mundo, según datos de la IEA. Los países que suministraban gas natural al Japón, eran principalmente Indonesia, Malasia, Australia y Qatar. Japón tuvo a su favor, el hecho de tener la infraestructura apropiada para comprar ese recurso como puertos adaptados y terminales específicos.

### **¿Cómo impactó el desastre japonés en la región latinoamericana?**

En América Latina, solo Argentina, Brasil y México cuentan con plantas nucleares para generación eléctrica, pero el problema energético por el que atraviesa la economía, hizo que otros países latinoamericanos, planteen la necesidad de generar energía nuclear, pero, el terremoto y posterior tsunami en Japón, causó cierta crisis nuclear en la región, e hicieron que las voces críticas a esa iniciativa, tomen más fuerza. Funcionarios de Argentina y Brasil han descartado públicamente que haya habido un gran impacto en sus proyectos de mediano y largo plazo. De hecho, Argentina inauguró su tercera central nuclear, Atucha III, que funciona en las afueras de Buenos Aires.

Al igual que en Argentina, las autoridades brasileñas intentaron calmar los temores de una posible crisis, luego del desastre de Fukushima, afirmando que sus centrales utilizan tecnología diferente a la de las japonesas y, además, están en una zona de bajo riesgo sísmico. Algunos especialistas criticaron los argumentos utilizados por Argentina y Brasil para seguir adelante con sus proyectos.

Donde no hay duda de que el caso japonés tuvo un gran impacto, fue en Chile y en Perú, países con elevada actividad sísmica y que aún se recuperan de devastaciones de sus últimos terremotos. En el caso del Perú, hay otras opciones energéticas como la hidroeléctrica y el gas natural, pero en todo caso, se están revisando los estudios de instalación de un primer reactor para producción de energía eléctrica de origen nuclear, considerando criterios de máxima seguridad; aspecto que obliga a revisar la viabilidad de los proyectos en esta materia, y establecer nuevos indicadores de la relación beneficio/costo.

### **Situación en la generación de electricidad, luego del desastre de Fukushima**

Las autoridades del Japón desactivaron la operación de 46 de los 50 reactores generadoras de energía nuclear en el país, a pesar de haber sido una prioridad estratégica en la década de los 60, con un abastecimiento de la tercera parte de la producción de electricidad en dicho país. A la fecha, solo nueve reactores han reanudado su funcionamiento.

En algunos países como Alemania se decidió eliminar la nucleoelectricidad por completo al 2022, aunque seis de los diecisiete reactores existentes siguen



operando normalmente hasta la fecha, representando solo un 12% de la energía producida en dicho país en el 2019; es decir 13% puntos porcentuales menos antes del accidente de Fukushima. Surgió la utilización del carbón como sustituto, representando hoy la mayor fuente de generación eléctrica. En Bélgica, España, Italia y Suiza, también se decidió no construir nuevas centrales nucleares generadoras de energía. Sin embargo, desde el 2020, en estos países se están reevaluando los proyectos bajo condiciones de seguridad redundante.

Cabe mencionar que, se vienen estudiando las posibilidades de implementar otras fuentes de generación eléctrica como la solar y la eólica. Y al mismo tiempo se buscan nuevas alternativas para abatir el problema climático. Aun así, resulta evidente que la energía nuclear continúa siendo la segunda mayor fuente mundial de electricidad baja en carbono (limpia), después de la hidroeléctrica.

### Se viene recuperando la confianza en la tecnología nuclear

Se viene reevaluando el impacto real del accidente de Fukushima, para buscar un retorno seguro a la energía nuclear mediante innovaciones, nuevos diseños con operación segura, con sostenibilidad a largo plazo y minimización de desechos, aunque estos nuevos proyectos enfrentan el problema de sobrecostos. Varios países han desplegado un diseño de reactores avanzados, como China, Corea, Rusia y Emiratos Árabes. Por otro

lado, se vienen desarrollando esfuerzos para el diseño y construcción de pequeños reactores modulares, considerados como una de las tecnologías nucleares emergentes con mayores probabilidades. Los diseños propuestos generalmente son más simples y se basan en criterios de seguridad inherentes y pasivas. Requieren costos iniciales más bajos y ofrecen mayor flexibilidad para redes más pequeñas e integración con aplicaciones no energéticas y renovables, con producción de hidrógeno y desalinización de agua.

Unos 30 países vienen trabajando con el IAEA (Agencia Internacional de Energía Atómica), para iniciar sus primeros proyectos de nucleoelectricidad.

La energía de origen nuclear ya ha mostrado una producción confiable entre el 2013 y el 2019, produciendo electricidad más limpia que la solar y la eólica con solo un 30% de la capacidad instalada de esas dos fuentes renovables mencionadas. La contribución de la energía nuclear en la producción mundial de electricidad aumento ligeramente desde el 2019, generando casi un tercio de la energía baja en carbono a nivel mundial.

En 2013, la generación nuclear comenzó a expandirse nuevamente, con siete años consecutivos de crecimiento hasta alcanzar su segundo nivel más alto de 2657 TWh en el año 2019. Ese año, demostrando su producción confiable, la energía nuclear produjo alrededor de un 30 % más de electricidad limpia que la solar y la eólica, aun

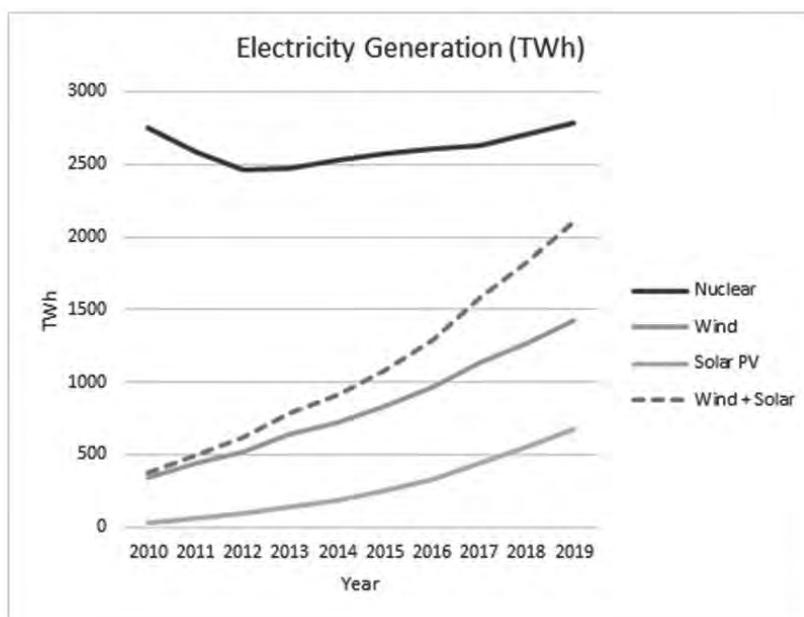
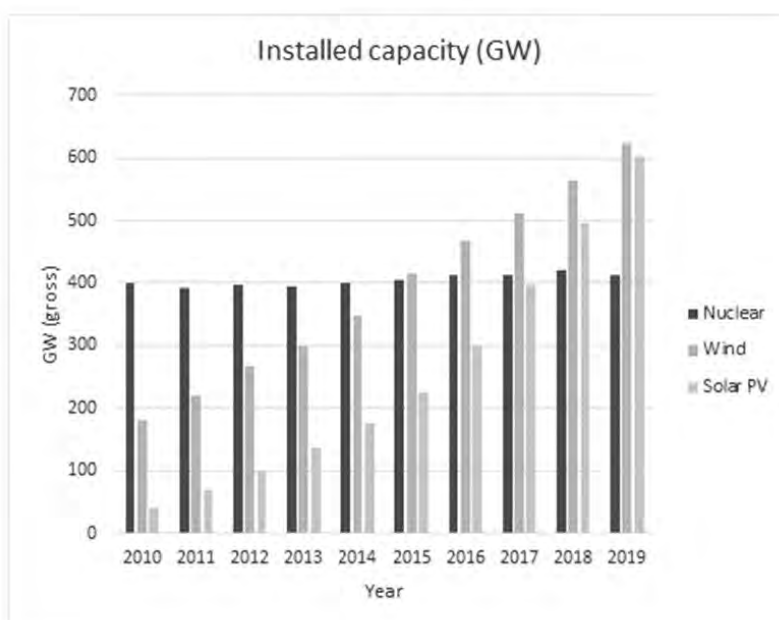


Fig. 6 Capacidad instalada en generación de energía eléctrica en los últimos años. Fuente: IAEA





**Fig.7** Expansión de la energía de origen nuclear en la generación eléctrica. Fuente: IAEA

cuando su capacidad instalada ascendiera a menos de un tercio de la capacidad instalada combinada de esas dos fuentes renovables variables. La participación de la energía nuclear en la producción mundial de electricidad también aumentó ligeramente en 2019, al 10,4 %, mientras generaba casi un tercio de la energía baja en carbono del mundo. Y en 2020, durante los confinamientos por la pandemia, la energía nuclear desempeñó un papel importante al proporcionar generación segura, flexible y estable en mercados caracterizados por caídas significativas en la demanda de electricidad y grandes proporciones de generación variable.

La recuperación de la generación eléctrica de origen nuclear se ha trasladado a Asia en la última década, representando más del 67% de todos los reactores en construcción en la actualidad. Esto representa un total de agregado de 59 GWe (Gigawatts eléctricos) en capacidad instalada entre 2011 u 2020, de los cuales 37GWe corresponden solo a China, aspecto que configura una realidad de real compensación con creces, según de la capacidad perdida en dicho periodo, según el IAEA.

De la misma manera, se observa un crecimiento de la idea de que la energía nuclear juega un papel clave en la mitigación del cambio climático y en el desarrollo sostenible. Al fijarse los Objetivos del Desarrollo Sostenible de la ONU en el 2015, se estableció que la energía nuclear podría cumplir al logro de dichos objetivos, incluido el desarrollo económico, el cambio

climático y la atención de la demanda de energía.

Las centrales nucleares de potencia no descargan gases de efecto invernadero durante sus operaciones y, en las etapas previas y posteriores a la generación, los valores de emisión son muy competitivos comparados con otras fuentes de energía renovables. Lo mencionado guarda relación con el cumplimiento de compromisos adquiridos en los instrumentos internacionales ratificados por nuestro país, relacionado a los aspectos socio ambiental del sector (OIT 169, Biodiversidad, Convención Ramsar, MARPOL, Basilea, Protocolo de Kyoto y el Acuerdo de Copenhague). (Ver figuras siguientes)

### **El rumbo a seguir en el futuro.**

De manera indirecta, la energía nuclear puede contribuir significativamente a mitigar las emisiones, sin tomar en consideración el sector eléctrico, abordando al mismo tiempo el incremento del consumo de electricidad, los problemas de calidad del aire, la garantía en el suministro energético y la volatilidad de los precios de los combustibles de origen fósil. Por otro lado, la utilización de radioisótopos para hacer más eficiente los procesos industriales en general, así como sus aplicaciones a un gran número de sectores claves en el crecimiento de los países, ya es una realidad probada desde hace muchas décadas, como lo es el uso de radioisótopos como trazadores y como fuentes selladas de radiación, con baja actividad y vida media corta. En



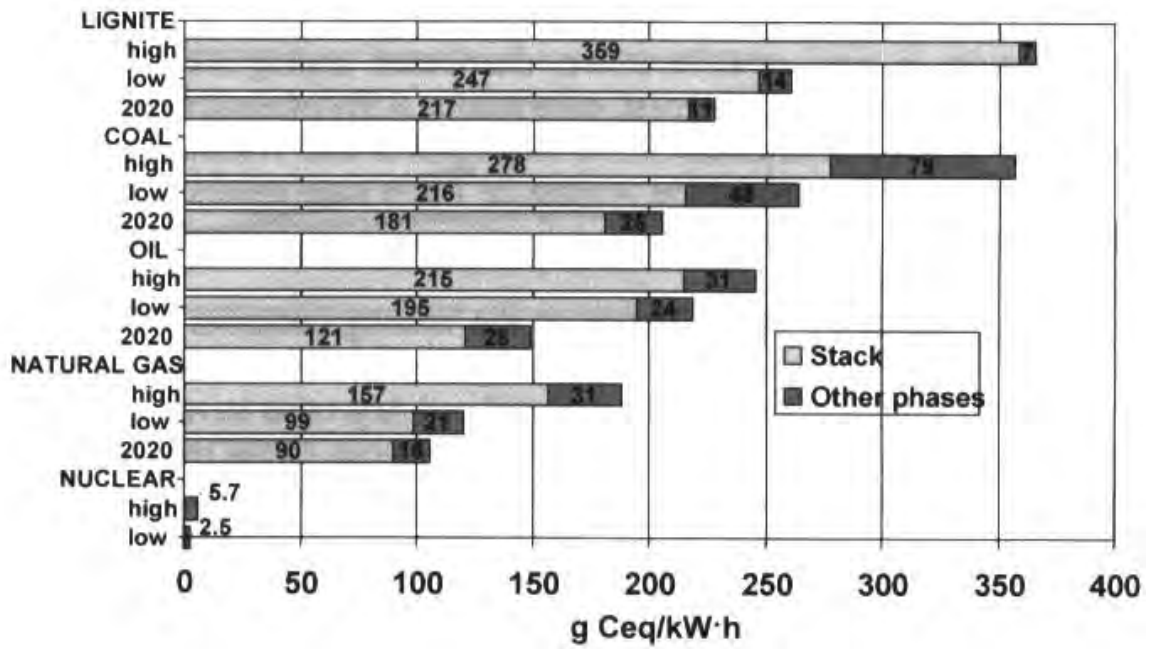


Fig.8 Emisiones de gases de efecto invernadero por fuente de energía.

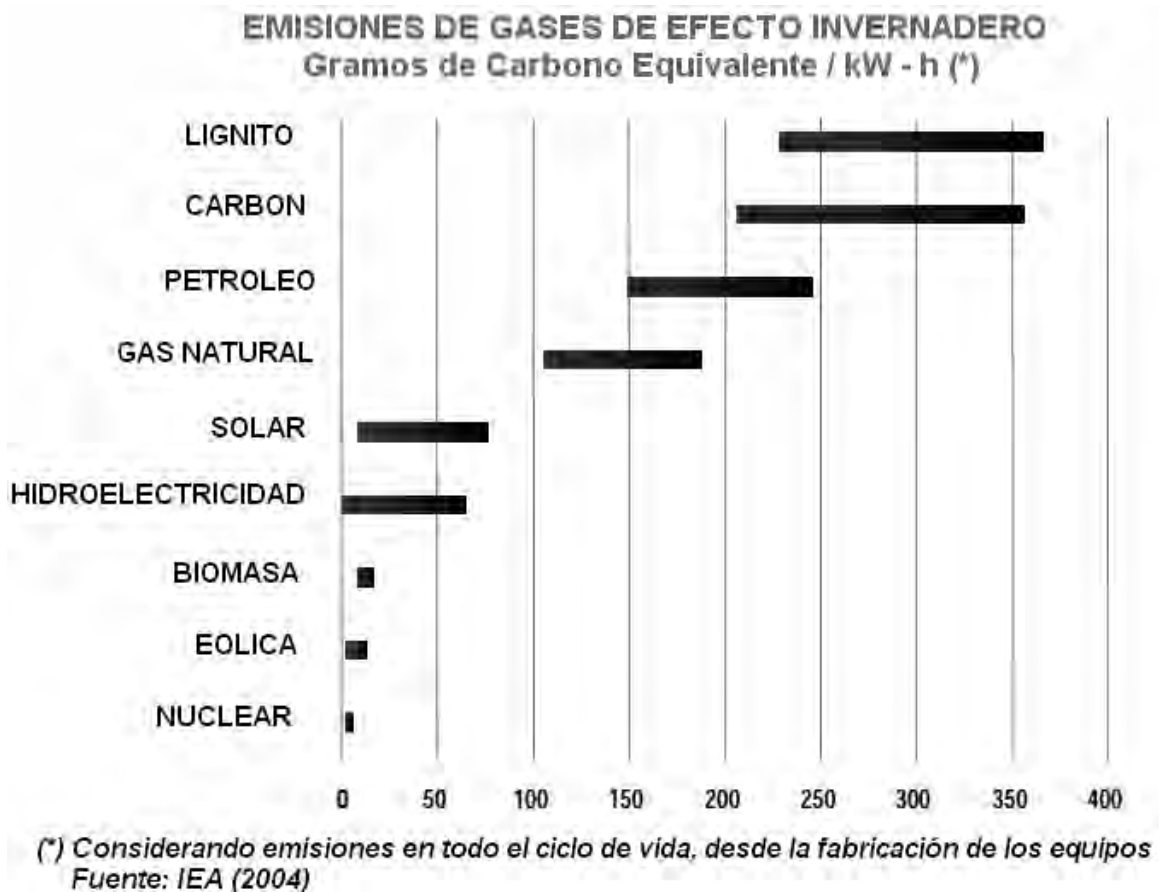


Fig.9 Emisiones de gases de efecto invernadero, en Gramos de Carbono equivalente/kW-h. Fuente: IEA (2004)



el caso de los países latinoamericanos, con excepción de Argentina, Brasil y México, las perspectivas son un poco más inciertas por las incertidumbres políticas. Sin embargo, cabe resaltar que el Perú ya ha sido uno de los líderes de las aplicaciones industriales, hidrológicas y ambientales en sus diversas regiones; habiendo desarrollado una amplia gama de proyectos y servicios utilizando radiotrazadores y fuentes de radiación.

En el caso de los reactores nucleares en operación, se estima que más del 60% de ellos tienen más de 30 años y dejarán de operar en las próximas décadas. Se prevé el cierre de 3 reactores en Alemania y Bélgica al 2025, lo cual representa unos 14 GWe de capacidad a menos. Lo que ocurrirá con otros reactores de Japón u Estados Unidos no está muy claro todavía. Por otro lado, cabe resaltar que unos 100 reactores de generación eléctrica ya han sido licenciados para prolongar su vida útil por tiempos variables.

En la actualidad, existen 50 reactores de nucleoelectricidad que representan unos 53 GWe de la capacidad instalada futura, están en construcción en 19 países. Aun así, el ritmo actual de construcción de reactores sigue siendo mucho más lento de lo que se necesita para lograr la proyección de caso alto de la IAEA, que casi duplicaría la capacidad nuclear para 2050 a 715 GWe, mientras aumenta ligeramente su participación global en la generación de electricidad en un 11%. Eso requeriría más que duplicar la tasa anual actual de conexiones de reactores e igualar el ritmo de capacidad instalada observado en los años 70 y 80.

Hoy en día se vienen enfrentando desafíos de tender puentes de operación segura de reactores envejecidos repotenciados con tecnologías de última generación.

## Referencias bibliográficas

ABC News. 6 de septiembre de 2018. Consultado el 30 de abril de 2019. «*Japan acknowledges first radiation death from nuclear plant hit by tsunami*».

EFE (2019). «Japón conmemora el octavo aniversario del terremoto y el tsunami que desencadenó la crisis nuclear de Fukushima». RTVE.es. <https://www.rtve.es/temas/fukushima/69910/#:~:text=Ocho%20a%C3%B1os%20de%20la%20crisis,la%20crisis%20nuclear%20de%20Fukushima>.

«*Fukushima Earthquake and tsunami station blackout accident*» (en inglés). 28 de mayo de 2012. Archivado desde el original el 18 de diciembre de 2012.

Fackler, M., Tabuchi, H. (24 de octubre de 2013). «*With a Plant's Tainted Water Still Flowing, No End to Environmental Fears*». *The New York Times*. Noticias de la Ciencia y la Tecnología (*Amazings*® / *NCYT*®).

IAEA, 2015. El accidente de Fukushima Daiichi, Informe del Director General de IAEA.

«*Japanese Earthquake Update (19 March 2011, 4:30 UTC): IAEA Alert Log: Fukushima Daiichi Nuclear Accident*». web.archive.org. 7 de junio de 2011.

*NHK World*, (2012). Informe de la comisión independiente sobre el accidente nuclear de Fukushima. *Japan to raise Fukushima crisis level to worst, Tuesday, April 12, 2011 05:47 +0900 (JST)*

Noticias de la. Ciencia «Más puntos de la costa oeste de Estados Unidos con trazas radiactivas de la central nuclear de Fukushima Daiichi».

OMS. 2013. Evaluación de los riesgos para la salud del accidente nuclear posterior al terremoto y maremoto del Japón de 2011.

UNED. 2016. *Open Course Ware: El Accidente Nuclear de Fukushima*.

Read «*Lessons Learned from the Fukushima Nuclear Accident for Improving Safety of U.S. Nuclear Plants*» at *NAP.edu* (en inglés).

«*Report of Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety / VI. Discharge of radioactive materials to the environment*». *NISA/Kantei*. 7 de junio de 2011.

Sarukhan (*ISGlobal*), Elisabeth Cardis y Adelaida (2017-03-11). «Tribuna | Fukushima, seis años después: las consecuencias y las lecciones». *El País*. ISSN 1134-6582.

«*TEPCO: Overview of facility of Fukushima Daiichi Nuclear Power Station*». [www.tepco.co.jp](http://www.tepco.co.jp).

Vilanova, S. Fukushima, el declive nuclear. La conspiración del lobby atómico ante el impacto del accidente nuclear, Icaria, 2012.

Recibido el 18 de julio de 2022  
Aceptado el 11 de octubre de 2022