



RUMBO A LAS EMISIONES NETAS CERO CON TECNOLOGÍA NUCLEAR

N° 6, Julio 2024



ÍNDICE

- 05** **Presentación**
Presidente del Instituto Peruano de Energía Nuclear - IPEN

- 08** **Entrevista al Ministro de Energía y Minas del Perú**
Ing. Rómulo Mucho Mamani

- 12** **Entrevista al Presidente del Comité Técnico Ejecutivo del FORO**
Dr. Alfredo de los Reyes Castelo

- 17** **Entrevista al Presidente de la Comisión de Energía Nuclear**
Dr. Francisco Rondinelli Júnior

- 21** **Entrevista al Vicepresidente de Nucleoeléctrica Argentina S.A**
Dr. Julián Gadano

- 23** **Entrevista al Director de la Escuela de Ingeniería Química de la UNMSM**
Ing. Gilberto Salas Colotta



INSTITUTO PERUANO DE ENERGÍA NUCLEAR (IPEN)

Presidente: Dr. Rolando Páucar Jáuregui

Comité Editor:

Sra. Gabi Alfaro Rodríguez

Sra. Lilian Rivera Romero

Sr. Carlos Linares Alvarez

Colaboración:

Diana Vera Robles

Carátula:

Equipo Técnico de la Unidad de Comunicación, Imagen Institucional
y Atención al Ciudadano del IPEN

Editado por:

Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN)

Av. Canadá 1480, San Borja

Lima – Perú

Tecnología Nuclear y Desarrollo Sostenible

N° 6, Julio 2024

Publicación bimensual

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 202302611

ISSN N° 2961-2292 (En línea)

Revista electrónica disponible en

Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN)

Página Web: <https://www.gob.pe/ipen>

E-mail: postmaster@ipen.gob.pe

Se permite la reproducción parcial y referencial, con la obligación de citar la fuente Revista “Tecnología Nuclear y Desarrollo Sostenible” del Instituto Peruano de Energía Nuclear.



Perú en camino a Cero Neto

Dr. Rolando Páucar Jáuregui

Presidente del Instituto Peruano de Energía Nuclear

Nuestra suma a la iniciativa de emisiones cero netas conlleva un esfuerzo individual y colectivo, que necesita del fortalecimiento constante del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), como principal impulsor de una de las más importantes soluciones contra los gases de efecto invernadero.

En los últimos años, los estudios científicos han demostrado que, para evitar los efectos más profundos del cambio climático y mantener un planeta habitable para la vida, al menos cercana a la que se conoce, es necesario que el aumento de temperatura a nivel global no supere los 1.5 °C, ya que actualmente cuenta con un calentamiento mayor a 1.1 °C (Naciones Unidas, 2023). En ese sentido, el Acuerdo de París comprende que el objetivo principal de los Estados, empresas y sociedad es reducir sus emisiones por lo menos, en un 45% para 2030, con el objetivo de alcanzar el cero neto dentro de dos décadas más.

Básicamente, esta iniciativa consiste en que, a través del uso de fuentes de energía distintas a los combustibles fósiles o formas alternativas de utilización de estos, logren reducirse las emisiones de gases del efecto invernadero hasta acercarse, en el mayor grado posible, a emisiones nulas (Naciones Unidas, 2023). Esta tarea incluye la participación individual y colectiva de los diferentes sectores energéticos de cada país. En el caso del Perú, hasta 2021, según el análisis de (Climate Action Tracker, 2022), las políticas y acciones climáticas adoptadas a 2030 no son compatibles con los objetivos de 1.5 °C; sino que, si todos países siguieran el camino del nuestro, se mantendrían en 2 °C de calentamiento global.

Es por ello que, desde el IPEN, como parte de la nueva perspectiva para este 2024 en adelante, se viene trabajando en diferentes actividades con miras al establecimiento de un programa nucleoelectrico a nivel nacional y todos los mecanismos técnicos y operativos para la estructuración logística, tecnológica y política detrás de él. La planificación de este proyecto conlleva configuración diferentes unidades funcionales, tanto técnico-profesionales, como legal-administrativas. Asimismo, se ha incorporado una línea transversal de investiga-

ción acerca de los usos energéticos de minerales energéticos, como el litio y el uranio, teniendo en cuenta su uso básico para nuevas perspectivas con mayor demanda en la actualidad dentro de la transición energética. Esta línea programática será además respaldada por la Declaración de Cooperación Conjunta entre el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), con principal detenimiento en su iniciativa Atoms4NetZero, y el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), que busca establecer una dinámica de transferencia técnica, investigativa y de recursos tecnológicos que nos lleven a generar nucleoelectricidad con efectividad y adecuación a todos los requerimientos y estándares globales y específicos de nuestro territorio.

Estos esfuerzos servirán además para la posterior implementación de una planta nucleoelectrica de última generación tecnológica para las localidades de la selva amazónica, normalmente situadas en territorios alejados o rodeados de agua donde no existe interconexión eléctrica con otras centrales cercanas a su alrededor. Es casualmente este enfoque de atención a las brechas socioeconómicas estructurales lo que busca desarrollar el IPEN como base de cualquiera de todas las actividades. Se busca reforzar nuestro compromiso profesional con el desarrollo del Perú, así como también con las garantías de su seguridad nacional y energética frente a los efectos cada vez más palpables del cambio climático, y nuestro rol en la economía verde a nivel mundial.



REFERENCIAS:

Climate Action Tracker. (2022, septiembre 22). Policies & action. Climate Action Tracker. <https://climateactiontracker.org/countries/peru/policies-action/>

Naciones Unidas. (2023). Llegar a las emisiones netas cero: el mundo se compromete a tomar medidas. Naciones Unidas - Acción por el Clima. <https://www.un.org/es/climatechange/net-zero-coalition#:~:text=%C2%BFQu%C3%A9%20indica%20el%20%22cero%20neto,y%20los%20bosques%2C%20por%20ejemplo.>

Rumbo a las
emisiones neta cero
con Tecnología Nuclear



Ing. Rómulo Mucho Mamani

Ministro de Energía y Minas
MINEM - Perú

1. **Coméntenos sobre las reuniones técnicas que ha tenido recientemente en la Agencia de Energía Nuclear (NEA) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) con sede en París, en donde ha abordado temas relacionados a la generación de energía eléctrica con tecnología nuclear.**

Fueron reuniones muy productivas, donde el director general de la NEA, William D. Magwood, reconoció la experiencia del Perú en el desarrollo de la energía nuclear con fines pacíficos. Expresamos nuestro interés en conocer la experiencia sobre los “small”, pequeños reactores nucleares para la generación de energía eléctrica. Encontramos disposición de la NEA para explorar las posibilidades de colaboración, teniendo en cuenta los desafíos e intereses de nuestra nación.



Asimismo, en París pudimos hablar con el director ejecutivo de la Agencia Internacional de Energía (IEA), Dr. Fatih Birol, quien ofreció todo el apoyo de los especialistas de este organismo internacional para colaborar con su experiencia en todos los modos de producción de energía, con miras a abordar los desafíos e intereses de nuestro país.



2. Sabemos que, actualmente, a nivel mundial, la generación de electricidad enfrenta retos importantes frente al cambio climático. En ese sentido. ¿Cómo calificaría el uso de la energía nuclear para prevenir el impacto ocasionado por el cambio climático y los desafíos de la seguridad?

Como ya lo expresamos en un recorrido en el Centro Nuclear Oscar Miró Quesada de la Guerra (RACSO), la energía nuclear, usada con fines pacíficos, puede jugar un papel muy importante en favor de la seguridad energética de nuestro país, pues generará oportunidades de crecimiento y mayores oportunidades para reducir la dependencia a fuentes de energía tradicionales.



A través de la energía nuclear, es posible desarrollar nuevas tecnologías que permitan su mejor aprovechamiento, y para ello necesitaremos el concurso de la cooperación internacional y los organismos

especializados a fin de aprovechar mejor nuestro potencial e incorporar a la energía nuclear entre las diversas fuentes de generación de una futura matriz energética diversificada.

3. Teniendo en cuenta los avances tecnológicos, y a fin de garantizar la seguridad energética en el Perú ¿Considera usted que en la matriz energética se podría incluir la energía nuclear para generar electricidad? ¿Qué pasos se requerirían para ello?

Considero que no podemos dejar pasar la oportunidad para incorporarnos a la lista de países que puedan aprovechar el uso de la energía nuclear con fines pacíficos. Para ello, es importante establecer y reforzar lazos con organismos internacionales especializados, para que nos puedan brindar la cooperación técnica necesaria para poder establecer objetivos concretos en la materia y fortalecer la labor del IPEN.

Adicionalmente, contamos con el permanente respaldo del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), luego de recibir la visita de su director general, Rafael Grossi, cuya gestión busca procurar e incrementar la contribución de la energía nuclear a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, entre ellos la salud, la alimentación, la energía.

Y, además, seguimos impulsando la llegada de inversiones en exploración minera que permitan identificar posibles reservas que coadyuven a la producción de energía a partir de la tecnología nuclear.



4. De considerar viable la implementación de reactores modulares pequeños para la generación de energía eléctrica en el Perú, ¿cuáles podrían ser las regiones priorizadas?

Nuestra prioridad es seguir cerrando brechas de acceso a energía en zonas de frontera y localidades aisladas por la geografía, es decir comunidades andinas, amazónicas, con dificultad para recibir electrificación a partir de fuentes convencionales. Y es allí donde avanzamos con la electrificación rural.

La incorporación de la energía nuclear permitiría reforzar el sistema eléctrico nacional en una primera etapa, y progresivamente revisaríamos si es viable su uso para domicilios, o si se debe destinar para los sectores productivos dado su potencial de generación.

5. ¿Cuáles considera usted que podrían ser los posibles beneficios económicos y sociales en el país como resultado del uso de la energía nuclear para generar electricidad?

Incorporar a la energía nuclear dentro de la futura matriz energética diversificada que busca nuestro país, avanzando en una transición energética que reduzca la dependencia de los combustibles fósiles, generaría nuevas inversiones y contribuiría a avanzar hacia la meta de lograr el acceso universal a la energía, y sin contar que esa fuente energética podría generar mayores posibilidades de crecimiento en las actividades productivas del país.

A lo que se suma que la incorporación de estas tecnologías posibiliten las nuevas áreas de investigación y estudios; así como, de la generación de recursos humanos que puedan especializarse laboralmente en el manejo y uso adecuado de la energía nuclear, abriendo nuevas posibilidades de crecimiento profesional para los jóvenes, pues esta herramienta se viene implementando progresivamente en los países desarrollados.

Es importante avanzar de manera progresiva en el uso de la tecnología nuclear. Contamos con un centro de investigación, pero es necesario establecer lazos de cooperación con organizaciones o países que ya tienen experiencia en el uso productivo de la energía nuclear para fines pacíficos.





Dr. Alfredo de los Reyes Castelo

Presidente del Comité Técnico Ejecutivo

Foro Iberoamericano de Reguladores Radiológicos y Nucleares (FORO)

1. Sabemos que los reactores modulares pequeños para generar electricidad están captando el interés mundial. En ese sentido, ¿Cuáles serían los principales desafíos que se tendrían que enfrentar los países de Iberoamérica para su implementación?

El desarrollo de una nueva tecnología, sea esta la que fuere, implica desafíos similares en todos los países. En primer lugar, se requiere de una infraestructura empresarial que permita la puesta en marcha de, en este caso, Reactores Modulares Pequeños (SMR, por sus siglas en inglés), para lo cual sería necesario contar con la financiación suficiente, operadores con experiencia en el ámbito nuclear dispuestos a implantar esta tecnología; así como, un entramado de pequeñas y medianas empresas de subcontratación para abastecer todas las necesidades que requiere la operación de un reactor nuclear, incluyendo componentes y combustible.

Desde el punto de vista de la regulación, el más importante para nosotros, si bien existen estándares internacionales de seguridad como los del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) aplicables a las tecnologías existentes, hoy por hoy no existe nada específico desarrollado a nivel mundial para los SMR, por lo que, muy posiblemente, se tendría que elaborar un marco legal para su diseño, emplazamiento, construcción, operación y futuro desmantelamiento. En este mismo sentido, igualmente la gestión segura de los residuos radiactivos y del combustible gastado sería posiblemente otro desafío.

En este sentido, el Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Radiológicos y Nucleares (FORO) asociación constituida por las autoridades supervisoras de Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, España, México, Paraguay, Perú, Portugal y Uruguay, ya está contemplando lanzar, en un futuro próximo, un proyecto para tratar de armonizar prácticas de trabajo para el licenciamiento y supervisión de este tipo de instalaciones.

Otro factor a tener en cuenta sería la gestión del conocimiento y de los recursos humanos. Este es un reto al que se están enfrentando todos los países con programas nucleares en operación y con futuras construcciones, ya que existe una creciente demanda de personal cualificado.

En este punto, resulta imprescindible la cooperación entre empresas, universidades y administración pública para promover estudios de grado y máster especializados. Además, una adecuada gestión del conocimiento será fundamental para que los nuevos empleados adquieran el conocimiento de los trabajadores con años de experiencia en la operación de reactores nucleares. En este sentido y especialmente para los reguladores, el proyecto del FORO “Guía para la Elaboración de un Programa de Creación y Desarrollo de Competencias de Reguladores de Reactores Nucleares – TecDoc 1794” es una excelente herramienta para identificar y formar al personal necesario en la autoridad de control para el licenciamiento y supervisión de centrales nucleares.

En cuanto al caso específico de Iberoamérica, algunos países tienen experiencia en la operación de reactores nucleares de potencia (Argentina, Brasil, España y México), otros al menos en reactores de investigación (Chile, Colombia, Perú y Portugal), pero los demás carecen de dicho conocimiento por lo que necesitarán un mayor esfuerzo para crear las infraestructuras adecuadas. Además, en aquellos situados en o cerca de fallas tectónicas, se deberán realizar análisis específicos para la caracterización sísmica.

Finalmente, un tema de gran trascendencia, especialmente en relación al uso de la energía nuclear, es la aceptación de la población. Desde el primer momento, se debe considerar la participación pública en la toma de decisiones, especialmente a la hora de identificar el emplazamiento del futuro reactor. Si la población no considera los SMR como una alternativa energética segura, se pueden producir movimientos sociales y cambios de posiciones en política energética que podrían poner en dificultad su continuidad.



2. Coméntenos sobre los avances que existen a nivel mundial sobre los aspectos regulatorios necesarios para el funcionamiento seguro de los reactores modulares pequeños.

La carrera por el desarrollo e implementación de los SMR en el mundo ha activado a los organismos reguladores. En concreto, cabe destacar que la autoridad reguladora de Estados Unidos (NRC, por sus siglas en inglés) aprobó en 2020 el primer diseño de un reactor modular pequeño, el denominado NuScale. Otros países, también interesados en la promoción de los SMR, han realizado avances en lo que será el proceso específico de licenciamiento como China, Canadá o Reino Unido. En Iberoamérica, el único desarrollador de SMR es Argentina, con su proyecto CAREM.

Desde el ámbito de las organizaciones y asociaciones públicas, se podría destacar la iniciativa de armonización de normativa del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) denominada Nuclear Harmonization and Standardization Initiative (NHSI), con la que se pretende avanzar en la armonización y normalización del diseño, la construcción y los enfoques normativos e industriales de los SMR. La iniciativa consta de dos grupos, el regulador y el industrial. El objetivo de la acción reguladora NHSI es aumentar la colaboración

reguladora entre los Estados miembros, evitar la duplicación de esfuerzos, aumentar la eficiencia y facilitar el desarrollo de posiciones reguladoras comunes sin comprometer la seguridad nuclear y la soberanía nacional. Por su parte, la visión industrial se centra en el desarrollo de enfoques industriales más estandarizados para el desarrollo, fabricación, construcción y funcionamiento de los SMR. Mediante el establecimiento de normas comunes y mejores prácticas, se pretende contribuir a reducir los plazos de concesión de licencias, los costes y, en última instancia, los plazos de despliegue de los SMR.



Existen además otras iniciativas lideradas por consorcios empresariales, desarrolladores de tecnología o agencias internacionales como la Agencia de Energía Nuclear de la OCDE. Todos buscan la colaboración para no duplicar esfuerzos, dar mayor eficiencia a la construcción y licenciamiento, pero sin disminuir la seguridad de las instalaciones.

Recientemente, en febrero de 2024, desde la Unión Europea se ha lanzado la denominada Alianza Industrial SMR, de la que forman parte todos los grupos de interés del sector nuclear. Esta iniciativa pretende facilitar y acelerar el desarrollo, la demostración y la implantación de los primeros proyectos de SMR en Europa para la década de 2030, con especial atención a los aspectos reguladores de su licenciamiento.

Se estructurará a través de grupos de trabajo específicos, en colaboración con el Grupo Europeo de Reguladores para la Seguridad Nuclear, ENSREG.

Como se ha mencionado, el FORO ya ha mantenido debates sobre el futuro licenciamiento de SMR en la región. A pesar de que, como ya se ha señalado anteriormente, sólo existe una iniciativa concreta en Argentina y no hay planes definitivos en otros países para la construcción y operación de estos reactores, el FORO ya considera esta actividad prioritaria, y probablemente se inicie un proyecto para compartir prácticas y armonizar criterios pronto.

Con todo esto queda clara la necesidad de la colaboración internacional, más aún cuando se contemple la posibilidad de devolver el combustible gastado al proveedor, con los problemas asociados a las salvaguardias, la seguridad física y al movimiento transfronterizo de material nuclear; o para reactores flotantes, cuando estos naveguen cerca de aguas jurisdiccionales de otros países; o para emplazamientos de reactores cercanos a las fronteras de otros estados.

3. Considerando que muchos países de Iberoamérica son signatarios de acuerdos y tratados internacionales del ámbito nuclear ¿Qué impacto tendría la implementación de los reactores modulares pequeños sobre dichos instrumentos internacionales?

El desarrollo y la puesta en marcha de SMR en Iberoamérica, como en el resto de países del mundo, afectaría a diversos tratados y acuerdos internacionales de ámbito nuclear. Además, todos los países cuyos reguladores son miembros del FORO son signatarios de las principales convenciones y tratados internacionales en el ámbito de la seguridad nuclear, la seguridad física nuclear y las salvaguardias.

En primer lugar, mencionar la Convención sobre Seguridad Nuclear y la Convención Conjunta sobre la Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre la Seguridad de los Residuos Radiactivos. La primera de ellas tiene como objetivo principal conseguir y mantener un alto grado de seguridad nuclear en todo el mundo. En este sentido, los reactores modulares pequeños, que podrían incorporar mayores medidas de seguridad y utilizar menor cantidad de combustible, podrían contribuir a lograr de mejor manera los principios de la Convención, pero hasta que no esté definida la tecnología empleada y las características de los nuevos reactores, es difícil concluir si habrá que modificar el texto de la convención para cubrir completamente todos los aspectos de seguridad. De igual forma, al generar en principio menos residuos radiactivos, se contribuiría indirectamente al reto de lograr y mantener en todo el mundo un alto grado de seguridad en la gestión del combustible gastado y de los residuos radiactivos, pero de nuevo, hasta que no se tengan todos los detalles sobre los SMR que se podrían operar, es difícil prever nada sobre este tema.

Por otra parte, se ha planteado el posible desafío que supone en algunos diseños de SMR el uso de combustible con uranio de alto enriquecimiento, llegando al 20% o más. Aunque existe un riesgo de que pueda llegarse a desviar este material nuclear para desarrollar armas nucleares, este no debería ser alto. Sin embargo, un aumento del uso de la energía nuclear a nivel mundial, requeriría contar con los recursos humanos y tecnológicos suficientes para asegurar la continuidad de las salvaguardias eficaces y para la aplicación de medidas de seguridad física nuclear adecuadas. Todo ello, podría tener un impacto en el Tratado de No Proliferación y en la Convención sobre Protección Física de los Materiales Nucleares, aunque hoy es difícil de predecir.

En este sentido, el OIEA, como garante y custodio de diversos acuerdos, convenciones y tratados internacionales, jugará un papel fundamental en el análisis y vigilancia de las posibles implicaciones del desarrollo de los SMR.

Finalmente, mencionar la oportunidad de cooperación internacional entre los países de Iberoamérica para el desarrollo y supervisión de la seguridad tecnológica y física nucleares de los SMR, lo que supondría un intercambio enriquecedor de experiencia y lecciones aprendidas, además de un desarrollo industrial, social y económico compartido, siempre desde la garantía de la seguridad nuclear. El FORO es un excelente ejemplo de esta colaboración entre sus miembros y con otros reguladores de la región a través de sus seminarios virtuales (Programa técnico - Foro Iberoamericano).

4. Dentro de los Objetivos Desarrollo Sostenible figura el de “Energía asequible y no contaminante” que busca garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos. Al respecto, ¿cómo contribuirían los reactores modulares pequeños con este compromiso?

En primer lugar, hay que dejar claro que los organismos reguladores, y por ende el FORO, no promocionan el uso de la energía nuclear, ni pueden hacerlo. Si la política energética de cada país considera esta opción, los reguladores deberemos garantizar la seguridad de las instalaciones que se construyan, sin valorar sus beneficios o perjuicios.

Dicho esto, la información de la que ya disponemos es que los SMR, como desarrollo tecnológico de la energía nuclear, son ya considerados como contribuidores netos en el reto de la descarbonización. De hecho, en la pasada COP28, la Agencia de la Energía Nuclear (NEA, por sus siglas en inglés) presentó la iniciativa “Accelerating SMR for Net Zero”. De acuerdo con este posicionamiento, más allá de la energía de la red para sustituir a la

generación de combustibles fósiles, las señales del mercado indican el potencial de una demanda significativa de SMR en sectores difíciles de reducir: calor y energía fuera de la red para sustituir a los generadores diésel en regiones remotas para operaciones mineras; calor a alta temperatura para sustituir a la cogeneración de combustibles fósiles en industrias pesadas como el procesamiento de productos químicos y la producción de potasa para la industria de fertilizantes; y propulsión marina para sustituir al fuelóleo pesado en la marina mercante. Determinar el conjunto de tecnologías SMR aplicables, identificar las condiciones propicias adecuadas y comprender mejor las aplicaciones y mercados potenciales puede ayudar a acelerar el despliegue de soluciones de descarbonización SMR en toda la economía.

Por otra parte, según diversos estudios, los SMR podrían contribuir al objetivo de implementar energías accesibles, ya que por sus características podrían ubicarse en lugares de difícil acceso y con infraestructuras de red eléctrica con bajo desarrollo. Además, su propia naturaleza modular permitiría una mayor accesibilidad y transporte. Igualmente, suponen un innegable desarrollo económico y social, contribuyendo así al Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 8 de trabajo decente y crecimiento económico.

Finalmente mencionar que el OIEA considera la energía nucleoelectrica como una fuente fiable y baja en carbono que muchos países en la actualidad están incorporando o considerando incorporar a su mix energético para cumplir el ODS 7 de las Naciones Unidas, esto es, garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos. El OIEA promueve además la colaboración internacional y facilita el intercambio de información científica y técnica con el objetivo de impulsar avances en la investigación y la tecnología en el ámbito de la energía, incluida la fusión nuclear.

Pero, antes de concluir, se debe resaltar que como en todo proceso industrial, existen riesgos de que se produzcan accidentes, que para la energía nuclear tienen consecuencias radiológicas que pueden llegar a ser transfronterizas y de impacto prolongado en el tiempo. Por ello, antes de iniciar cualquier actividad en este sentido, los países deben dotarse de infraestructuras reguladoras competentes, independientes y sostenibles para garantizar su seguridad, tal y como estableció el FORO en su Declaración de Asunción.





Dr. Francisco Rondinelli Júnior

Presidente de la Comisión de Energía Nuclear

CEA - Brasil

1. Sabemos que su país cuenta con importantes avances en la generación de electricidad con energía nuclear. ¿Podría comentarnos sobre la importancia de la energía nucleoelectrónica en su matriz energética?

La energía nuclear tiene un papel importante en la matriz energética de Brasil, aunque su participación es relativamente pequeña en comparación con otras fuentes de energía. Aquí hay algunos puntos claves sobre la importancia de la energía nucleoelectrónica en Brasil y esos puntos son comunes en los países con programas nucleares en curso:

- La operación de plantas nucleares y el desarrollo de tecnología nuclear fomentan la formación de personal altamente cualificado y promueven avances en investigaciones científicas y tecnológicas. Esto beneficia a Brasil en múltiples áreas del conocimiento y la industria.
- La energía nuclear diversifica la matriz energética del país, reduciendo la dependencia de una sola fuente y aumentando la resiliencia del sistema frente a fluctuaciones en recursos naturales y cambios climáticos.
- Brasil mejora su seguridad energética al diversificar sus fuentes de generación eléctrica. La energía nuclear complementa a otras como la hidroeléctrica, eólica y solar, asegurando un suministro estable y seguro.
- Además, la energía nuclear ofrece una fuente constante y confiable de electricidad, operando continuamente sin interrupciones. Esto estabiliza el suministro eléctrico y cubre la demanda base de energía.
- La energía nuclear es una fuente de baja emisión de carbono, ayudando a Brasil a cumplir con sus compromisos internacionales de reducción de gases de efecto invernadero y contribuyendo a la lucha contra el cambio climático.

- Las plantas nucleares de Angra 1 y Angra 2, controladas por Eletronuclear, cerraron en 2023 con una producción total superior a 14,51 millones de megavatios-hora (MWh). Este volumen sería suficiente para abastecer a más de seis millones de hogares durante un año. Aun así, estas plantas generan una cantidad significativa de electricidad, contribuyendo con una porción estable y confiable de la energía eléctrica del país.

En resumen, aunque la participación de la energía nuclear en la matriz energética de Brasil es modesta en comparación con otras fuentes, su importancia radica en la diversificación, estabilidad del suministro, reducción de emisiones y fortalecimiento de la seguridad energética del país.



2. ¿Cuentan con alguna estrategia comunicacional para lograr la aceptación pública respecto al uso de la energía nuclear? ¿Cuál sería su principal recomendación para los países que vienen evaluando la posibilidad de incorporarla?

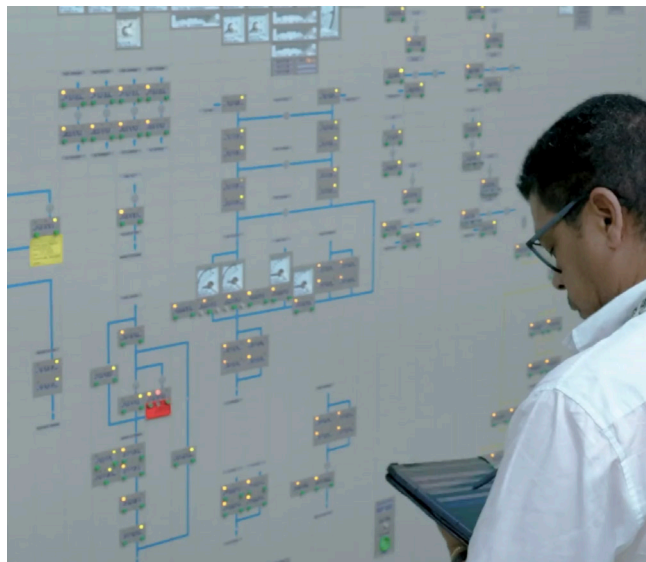
Brasil ha implementado, por medio de las instituciones nacionales y empresas del sector, estrategias comunicacionales para lograr la aceptación pública del uso de la energía nuclear. Estas estrategias son fundamentales para informar y educar a la población sobre los beneficios y las medidas de seguridad asociadas con la energía nuclear. Aquí hay algunos enfoques y recomendaciones clave que Brasil ha utilizado y que podrían ser útiles para otros países que están evaluando la incorporación de la energía nuclear:

a) EDUCACIÓN Y TRANSPARENCIA:

- Programas educativos: Iniciativas en escuelas y universidades, principalmente donde hay operación nuclear (ciudad de Angra dos Reis y Resende en Río de Janeiro) para educar a los estudiantes sobre la energía nuclear, sus beneficios y riesgos.
- Transparencia en la información: Divulgación de datos sobre la operación de plantas nucleares, medidas de seguridad y estadísticas de rendimiento y seguridad (<https://www.eletronuclear.gov.br/Nossas-Atividades/Paginas/default.aspx>).
- Visitas guiadas a las plantas nucleares: Ofrecer visitas guiadas a las instalaciones nucleares para que la población pueda ver de primera mano las medidas de seguridad y el funcionamiento de las plantas (<https://www.eletronuclear.gov.br/Visite-nos/Paginas/Agende-Sua-Visita.aspx>).

b) CAMPAÑAS DE INFORMACIÓN PÚBLICA:

- Medios de comunicación: Uso de televisión, radio, y medios digitales para difundir información positiva sobre la energía nuclear y aclarar mitos y desinformación.
- Talleres y seminarios: Organizar eventos públicos donde expertos en energía nuclear puedan responder preguntas y discutir preocupaciones.
- Plan de Comunicación - Ejemplo Eletronuclear: <https://www.eletronuclear.gov.br/Canais-de-Negocios/Documents/Politiclas-Empresariais/Politica-de-Comunicacao-e-Engajamento-da-Eletronuclear-Versao-5.0.pdf>.



c) PARTICIPACIÓN COMUNITARIA:

- Foros comunitarios: Realizar reuniones con las comunidades locales para discutir proyectos nucleares y escuchar sus preocupaciones.
- Consultas públicas: Involucrar a la población en el proceso de toma de decisiones mediante consultas y encuestas.

d) RECOMENDACIONES PARA OTROS PAÍSES:

Para los países que desean empezar su programa nuclear, estos deben buscar alianzas con otros países para cambios y transferencias tecnológicas. Un ecosistema de un programa nuclear con énfasis en la generación nucleoelectrica debe considerar:

- Empresas públicas y privadas que van a hacer la operación;
- Empresas públicas y privadas de la industria con toda cadena de suministro;
- Organismos reguladores nacionales, nucleares y no nucleares;
- Centros de investigación nacionales y/o internacionales;
- Escuelas técnicas y Universidades;
- Establecer alianzas con organizaciones internacionales, como la Agencia Internacional de Energía Atómica (IAEA) y con el Acuerdo Regional de Cooperación para la Promoción de la Ciencia y Tecnología Nucleares en América Latina y el Caribe (ARCAL);

- Involucramiento de la comunidad con transparencia y comunicación clara, constante y abierta con el público, abordando cualquier preocupación o incidente de manera proactiva y honesta;
- Promoción de beneficios económicos y ambientales.

3. La principal preocupación de los ciudadanos está referida a la seguridad de este tipo de instalaciones. Podría comentarnos si han tenido conocimiento sobre accidentes o incidentes con sus centrales nucleares.

Toda instalación nuclear debe cumplir con una serie de normas y requisitos de seguridad. Este marco legal para la operación se basa en los estándares y guías del OIEA, legislación nacional directa y relacionada, además de experiencias internacionales de operación. Todo sistema nuclear estructurado busca prevenir accidentes y minimizar incidentes con alto nivel de control y redundancias. En Brasil no se han registrado accidentes nucleares. Se han reportado incidentes durante la operación de plantas nucleares que fueron identificados y manejados sin causar impactos sociales, ambientales y en las centrales nucleares.

4. Sabemos que su país tiene previsto implementar reactores modulares pequeños; podría comentarnos, ¿Qué acciones tomaron para ello y cuáles son sus avances?

Los reactores modulares pequeños ofrecen una alternativa prometedora para diversificar la matriz eléctrica de cualquier país, promoviendo la seguridad, la sostenibilidad y el desarrollo tecnológico en el sector nuclear. En Brasil, considerando nuestro sistema integrado de suministro de electricidad, la opción más económica aún apunta para los grandes reactores. Pero, para otros países, con una matriz eléctrica de mediano rango, una red con algunos SMR conectados podrá representar una opción más adecuada. Otro aspecto positivo asociado a los SMR es que su adopción puede impulsar el desarrollo de habilidades tecnológicas avanzadas y la capacitación de personal, beneficiando a la industria nuclear local.



Dr. Julián Gadano

Vicepresidente de Nucleoeléctrica Argentina S.A

Argentina

1. Sabemos que su país cuenta con importantes avances en la generación de electricidad con energía nuclear. ¿Podría comentarnos sobre la importancia de la energía nucleoelectrica en su matriz energética?

La energía nucleoelectrica actualmente representa el 6% de la matriz eléctrica nacional, con 1,7GWe de potencia instalada. Ello implica entre el 8% y el 10% de la generación eléctrica, dependiendo de la demanda. Dicho esto, la energía nuclear ocupa un lugar central en nuestra matriz, por varios motivos: es energía limpia y en la base, lo que nos brinda energía siempre disponible, limpia y confiable. Es importante tener en cuenta además, que para Argentina la tecnología nuclear va mucho más allá de la generación de energía. Sus usos implican un capital social y un beneficio que la sociedad valora, y el mejor ejemplo de ello es la medicina nuclear (radioterapia y radiodiagnóstico), campo en el que Argentina es líder en la región. El otro elemento central es que una central nuclear, o un centro de investigación, o un reactor multipropósito, son centros de desarrollo. Por ello, las localidades donde hay centrales nucleares suelen estar marcadamente a favor de la energía nuclear.

2. ¿Cuentan con alguna estrategia comunicacional para lograr la aceptación pública respecto al uso de la energía nuclear? ¿Cuál sería su principal recomendación para los países que vienen evaluando la posibilidad de incorporarla?

No hay una estrategia nacional, pero sí mucha experiencia acumulada. Y aquí diría que hemos aprendido mucho también de nuestros fracasos. De la experiencia fallida de habilitar un nuevo sitio para centrales nucleares en Sierra Grande, en la Patagonia -experiencia que me tocó liderar- aprendimos básicamente dos cosas: en primer lugar, se necesita tiempo para lograr que la población se “acostumbre” (en un buen sentido) a la energía nuclear y a sus beneficios. Y esto se logra con transparencia, con información confiable y, básicamente, con tiempo. Con tiempo para construir narrativas sólidas y basadas en lo que realmente es la energía nuclear. En segundo lugar, es muy importante que la sociedad entienda que la energía nuclear es básicamente conocimiento, que trae muchos beneficios que van mucho más allá de la

energía generada (que, por supuesto, es en sí misma un beneficio). ¿Cuáles son estos beneficios? Muchos, pero destaco el impacto en la salud (la tecnología nuclear salva vidas, que no se salvaría sin esta tecnología) y el desarrollo económico. Se trata de una actividad que implica siempre construir conocimiento y ciencia, que va mucho más allá de la operación de una central.

3. La principal preocupación de los ciudadanos está referida a la seguridad de este tipo de instalaciones. Podría comentarnos si han tenido conocimiento sobre accidentes o incidentes con sus centrales nucleares.

Las centrales nucleares argentinas muestran un historial excelente en materia de incidentes. Es decir, una tasa de incidentes muy baja. Nunca tuvimos un accidente en una central nuclear (de acuerdo a lo que la Escala INES define como accidente) y hemos tenido muy pocos incidentes menores, de los cuales hemos siempre tomado aprendizajes. Me permito decir que la cultura de la seguridad radiológica y nuclear en Argentina es muy robusta. A eso ayuda que tenemos una Autoridad Regulatoria muy solvente, y muy presente en todas las instalaciones.



4. Sabemos que su país tiene previsto implementar reactores modulares pequeños; podría comentarnos, ¿Qué acciones tomaron para ello y cuáles son sus avances?

En realidad, no es exacto decir que Argentina tiene un plan para desarrollar reactores pequeños, aunque por supuesto es una idea fuerte hacer crecer el parque nuclear sobre la base de reactores del tipo SMR (modelo de negocios que implica mucho más que el tamaño del reactor). Yo, personalmente, estoy muy a favor de esa idea. Soy un convencido de que, para un país como Argentina, o cualquier país de América Latina el modelo de negocios SMR es una solución, por el sistema de financiamiento, la modularidad y, sobre todo, por la forma industrializada en que se fabricarán, lo cual impacta sensiblemente en los costos. Además, es un modelo que permite responder en forma mucho más rápida y eficiente a las demandas actuales del sistema que los reactores grandes, pensados para sistemas eléctricos de hace 50 años. Este es un debate vivo, por supuesto, pero creo que es un modelo que crecerá. Argentina, estoy seguro, tendrá un rol muy importante en este sentido. Y ahí vamos al segundo punto: Argentina -como dije- no tiene un plan de despliegue de reactores SMR en vigencia. Pero sí ha logrado algo único en la región: el proyecto del prototipo CAREM significó un enorme esfuerzo para construir conocimiento. Y hoy Argentina tiene ese conocimiento localizado no sólo en la Comisión Nacional de Energía Atómica, sino en una verdadera red de empresas e institutos. Sabemos hacer reactores de potencia, digámoslo así. ¿Vamos a vender CAREM al mundo? No. El reactor CAREM es un prototipo, no un reactor comercial. Pero es el punto de partida para que empresas argentinas sí puedan vender ingeniería, componentes y, por qué no, reactores nucleares al mundo en un futuro no muy lejano.

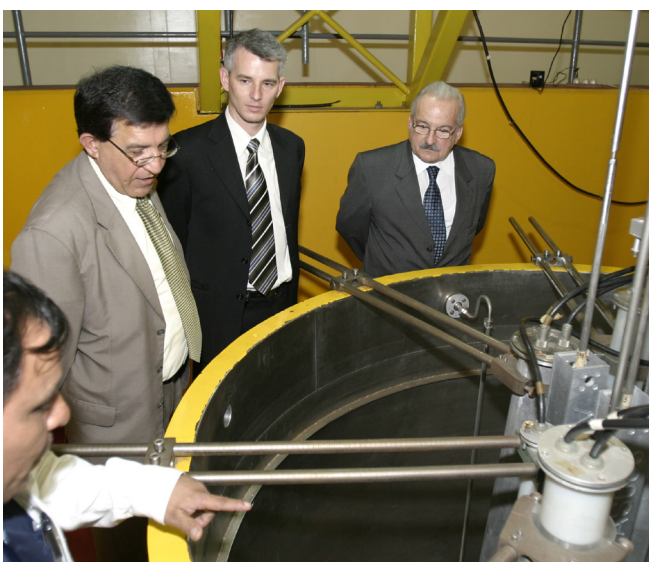


Ing. Gilberto Salas Colotta

Director de la Escuela de Ingeniería Química
Universidad Nacional Mayor de San Marcos

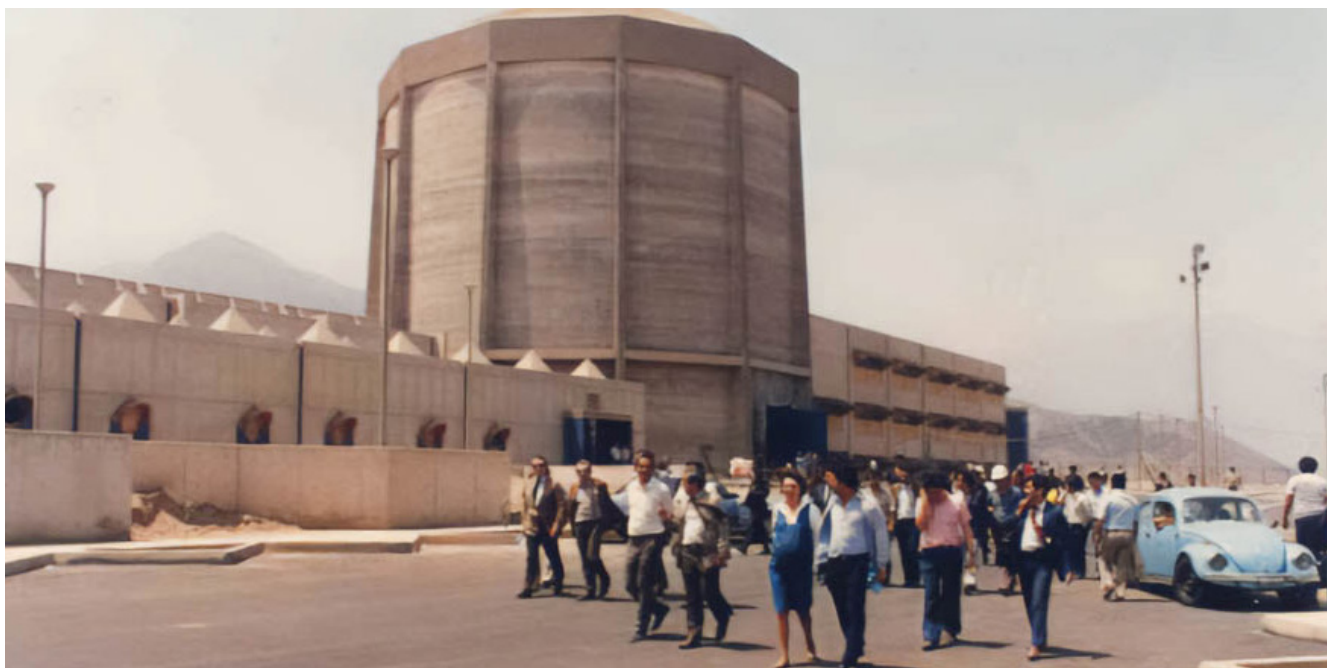
1. Sabemos que usted fue uno de los funcionarios que estuvo en los inicios de la construcción y puesta en funcionamiento del Centro Nuclear de Investigaciones del Perú (CNIP) comente sobre ello.

El 04 de julio de 1969 se aprueba el Convenio sobre Cooperación en Usos Pacíficos de la energía Atómica entre Perú y Argentina. La colaboración entre Argentina y Perú se inició con el acuerdo de construcción del CNIP (Centro Nuclear de Investigaciones del Perú) en 1977. Luego, se construyó el primer reactor nuclear llamado RP-0 (julio de 1978) en la sede central del IPEN (Lima - San Borja), este reactor con combustible óxido de uranio tipo varilla, fue el instrumento donde se formaron los primeros especialistas en reactores nucleares de investigación (RNI) del país (operadores, mantenedores e investigadores utilizadores).



Posteriormente y al amparo de la colaboración Perú - Argentina se construyó el reactor nuclear RP-10 (noviembre de 1988), reactor con combustible de óxido de uranio tipo MTR. En este reactor se consolidó la formación de operadores, mantenedores e investigadores utilizadores. El objetivo de este reactor sería también la formación continua y licenciamiento de operadores y mantenedores de una central nucleoelectrónica futura de 600 MW eléctricos.

La capacitación de especialistas peruanos en proyectos nucleoelectrónicos estuvieron a cargo de la Comisión de Energía Atómica de Argentina (CNEA) en la propia Argentina en la central nuclear de Atucha I. La Central Nuclear Atucha I fue conectada al Sistema Eléctrico Nacional el 19 de marzo de 1974 y comenzó su producción comercial el 24 de junio de ese mismo año. Fue la primera central nuclear de América Latina. La central es refrigerada y moderada con agua pesada (D_2O) y pertenece al tipo de reactores PHWR (reactor de agua pesada a presión). Cuenta con una potencia eléctrica bruta de 362 megavatios y emplea como combustible uranio levemente enriquecido al 0,85%. El reactor entró en criticidad el 13 de enero de 1974, fue conectado al sistema eléctrico nacional el 19 de marzo y comenzó su producción comercial el 24 de junio del mismo año. Comenzó a funcionar entregando una potencia de 357 MWe con una tensión de 220 kV al Sistema Argentino de Interconexión. La central nuclear de Atucha fue la primera instalación nuclear de Argentina y de América Latina destinada a la producción de energía eléctrica.



2. Recuerda usted cómo era el momento histórico en los inicios del CNIP ¿Cuáles eran los desafíos que tuvieron que enfrentar y cuál fue el impulso para implementar el Plan Nuclear?

El mayor desafío era consolidar la formación de profesionales en operación y mantenimiento de instalaciones nucleares. Así como, la instalación de facilidades de irradiación en el reactor RP-10 con fines de investigación. Para arrancar el reactor RP-10 se necesitó que la instalación este previamente licenciada. ¿Cómo es el proceso para la obtención de una licencia de operador nuclear?

En la sala de control se realizan trabajos de altísima responsabilidad a cargo de un equipo de profesionales formados expresamente para el puesto, La sala de control es el "cerebro" de una central nuclear. Es donde se centralizan todos los controles, se monitorizan los equipos, registros, cambios, protocolos y, en el caso de que fuera necesario, desde donde se gestionan las emergencias. El papel del operador nuclear es clave en este entorno.

Según el diccionario nuclear de la Sociedad Nuclear Española, la licencia de operador nuclear es una “autorización concedida a una persona por la autoridad competente que la capacita para manipular los dispositivos de control y protección, conforme a procedimientos e instrucciones”. El puesto de operador en una central nuclear conlleva mucha responsabilidad, y por eso requiere un importante esfuerzo de formación con una hoja de ruta académica que empieza años antes de obtener la licencia necesaria.

3. Antes de la construcción del CNIP el gobierno peruano aprobó el “Plan Nuclear para el Mediano Plazo 1976-1981”. Podría comentarnos al respecto y si el mismo incluía algún aspecto sobre la generación de electricidad con tecnología nuclear.

Este plan contemplaba dos centrales nucleoelectrícula de 600 MWe. Una central nuclear es una instalación industrial que genera electricidad a partir de la energía nuclear. Forma parte de la familia de las centrales termoeléctricas, lo que implica que utiliza el calor para generar la energía eléctrica. Este calor proviene de la fisión de materiales como el uranio y el plutonio.

Existe una gran preocupación sobre el cambio climático y sus efectos entre la población. Desde hace años la industria nuclear se postula como una solución a las emisiones de gases de efecto invernadero, alegando que la producción de electricidad a partir de la energía nuclear está libre de emisiones de CO₂. Diversos estudios muestran que la energía nuclear no está exenta de emisiones de CO₂, tanto si analizamos todo el ciclo de vida de una central nuclear, como si nos restringimos a la fabricación del combustible nuclear. Estas emisiones son menores que las producidas por las industrias eléctricas basadas en el carbón, petróleo o gas, pero; por otro lado, son mayores que las producidas por las industrias que utilizan energías renovables. La energía nuclear no es una alternativa para mitigar el cambio climático, pues tiene enormes inconvenientes en comparación con la opción de las energías renovables.

4. ¿Qué opina de los actuales avances a nivel mundial sobre el uso de la energía nuclear para generar electricidad y cuál sería su contribución en relación al cambio climático?

La energía nuclear es una forma de energía que se libera desde el núcleo o parte central de los átomos, que consta de protones y neutrones. Esta fuente de energía puede producirse de dos maneras: mediante fisión (cuando los núcleos de los átomos se dividen en varias partes) o mediante fusión (cuando estos se fusionan).

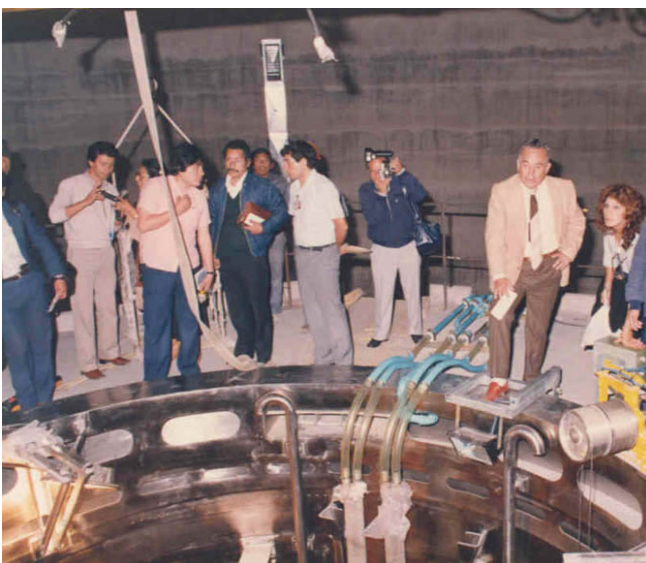
La fisión nuclear es el método que se utiliza hoy día en todo el mundo para producir electricidad a partir de energía nuclear, mientras que la tecnología para generar electricidad a partir de la fusión se encuentra en fase de I+D.

La energía nuclear seguirá siendo crucial en los intentos por reducir los contaminantes en el aire y las emisiones de gases de efecto invernadero mientras la demanda mundial de electricidad siga en aumento. A diferencia del carbón, el petróleo o el gas, la energía nuclear no libera ningún gas de efecto invernadero en sus operaciones de rutina. Tras analizar datos sobre la producción histórica de energía, la Agencia Internacional de Energía afirmó en un estudio de 2019 que gracias a la energía nuclear el mundo se había evitado el equivalente a 60 gigatoneladas de dióxido de carbono en forma de gases de efecto invernadero durante los últimos 50 años. Según un artículo de la NASA titulado “Coal and Gas are Far More Harmful than Nuclear Power”, dos millones de personas dejaron de tener problemas de salud letales producto de la contaminación atmosférica.

Durante decenios, la energía nucleoelectrícula ha sido una fuente fiable de electricidad con bajas emisiones de carbono y pocos contaminantes atmosféricos. Aprovechar estos beneficios comprobados puede ayudar a los países a alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible, explica Mikhail Chudakov, Director General Adjunto y Jefe del Departamento de Energía Nuclear del OIEA. “Debido a que se espera que la demanda de electricidad aumente considerablemente en los próximos años, no cabe duda de que la energía nuclear podrá ser una opción”.

A diferencia de los combustibles fósiles, que liberan dióxido de carbono y otros contaminantes, la fusión solo produce pequeñas cantidades de residuos radiactivos de vida corta, sin riesgo de accidentes de gran escala como los asociados con la fisión nuclear. Según los científicos, economistas y gobernantes que se reunieron en la Conferencia Internacional sobre el Cambio Climático y el Papel de la Energía Nucleoeléctrica en noviembre de 2019, sería difícil cumplir los objetivos mundiales relativos al cambio climático sin utilizar la energía nuclear. Las ventajas de la fusión son evidentes. El hidrógeno es una fuente de energía virtualmente inagotable y extremadamente barata. Tampoco se generan residuos radiactivos. Y, además, se puede producir todavía más energía por cantidad de combustible que en los reactores de fisión.

Por si fuera poco, la producción de esta energía de fusión, es mucho más segura que la de fisión, porque se detiene completamente cuando se deja de suministrar combustible al reactor (en los reactores de fisión, incluso una vez detenidos se continúa generando calor por la desintegración radiactiva).





INSTITUTO
PERUANO DE
ENERGÍA
NUCLEAR

“TECNOLOGÍA NUCLEAR Y DESARROLLO SOSTENIBLE”
INSTITUTO PERUANO DE ENERGÍA NUCLEAR



www.ipen.gob.pe