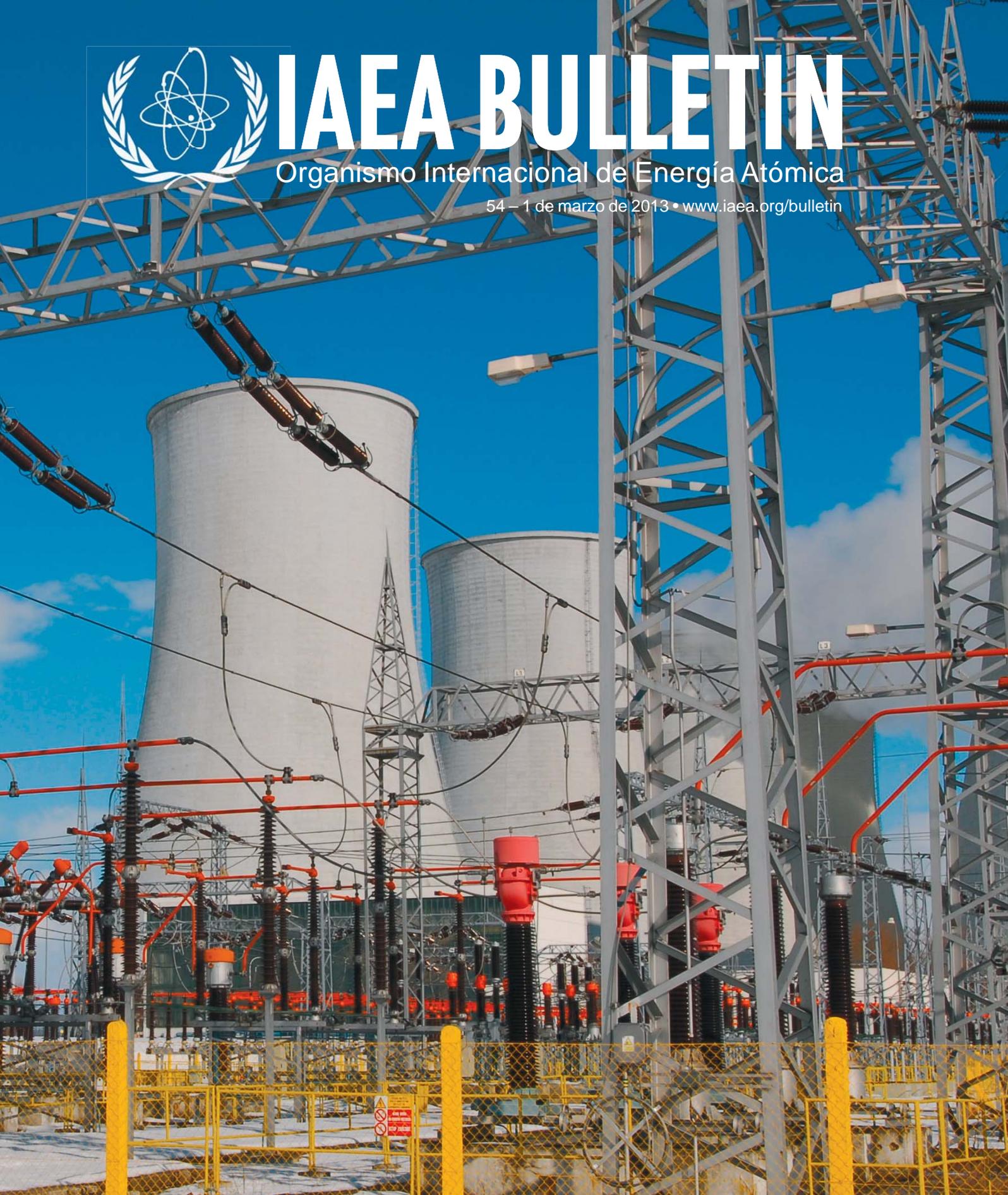




IAEA BULLETIN

Organismo Internacional de Energía Atómica

54 – 1 de marzo de 2013 • www.iaea.org/bulletin



La energía nucleoelectrónica en el siglo XXI



IAEA

La misión del Organismo Internacional de Energía Atómica es evitar la propagación de las armas nucleares y ayudar a todos los países, especialmente en el mundo en desarrollo, a sacar provecho de los usos pacíficos y tecnológica y físicamente seguros de la ciencia y la tecnología nucleares.

Establecido como organización independiente de las Naciones Unidas en 1957, el OIEA es la única organización del sistema de las Naciones Unidas con conocimientos especializados en materia de tecnologías nucleares. Los laboratorios especializados del OIEA, de carácter excepcional, ayudan a transferir conocimientos y competencias técnicas a los Estados Miembros del OIEA en esferas tales como la salud humana, la alimentación, los recursos hídricos y el medio ambiente.

El OIEA también es la plataforma mundial para el fortalecimiento de la seguridad física nuclear. Su labor se centra igualmente en los esfuerzos por ayudar a minimizar el riesgo de que los materiales nucleares y otros materiales radiactivos caigan en manos de terroristas, o de que las instalaciones nucleares sean objeto de actos dolosos.

Las normas de seguridad del OIEA prevén un sistema de principios fundamentales de seguridad y reflejan un consenso internacional con respecto a lo que constituye un alto grado de seguridad para proteger a la población y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la radiación ionizante. Estas normas se han elaborado en relación con todos los tipos de instalaciones y actividades nucleares destinadas a fines pacíficos, así como con las medidas protectoras encaminadas a reducir los riesgos radiológicos existentes.

El OIEA también verifica, mediante su sistema de inspecciones, que los Estados Miembros cumplan los compromisos que han contraído en virtud del Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares y otros acuerdos de no proliferación, de utilizar los materiales e instalaciones nucleares para fines exclusivamente pacíficos. Su labor es multifacética y en ella participa una gran variedad de asociados en los planos nacional, regional e internacional. Los programas y presupuestos del OIEA vienen determinados por las decisiones de sus órganos rectores: la Junta de Gobernadores, compuesta por 35 miembros, y la Conferencia General, que reúne a todos los Estados Miembros.

El OIEA tiene su sede en el Centro Internacional de Viena. También tiene oficinas sobre el terreno y de enlace en Ginebra, Nueva York, Tokio y Toronto. Asimismo cuenta con laboratorios científicos en Mónaco, Seibersdorf y Viena. Además, el OIEA presta apoyo y proporciona recursos financieros al Centro Internacional de Física Teórica "Abdus Salam", en Trieste (Italia).



Índice

Boletín del OIEA 54 – 1 de marzo de 2013

- La energía nucleoelectrica en el siglo XXI 2
- Energía nucleoelectrica, economía de la energía y seguridad energética 3
- La energía y el desarrollo sostenible 4
- El papel de la energía nuclear en la atenuación del cambio climático y la contaminación del aire 5
- Presente y futuro de la energía nucleoelectrica 7
- Apoyo a los nuevos programas nucleoelectricos 8
- Soluciones para la gestión de los desechos 10
- La confianza del público en la energía nuclear 12
- Formar al futuro personal del sector nuclear 13
- Seguridad nuclear mediante la cooperación internacional 14
- Logro de la sostenibilidad nuclear mediante la innovación 15
- Estadísticas básicas 16



EL BOLETÍN DEL OIEA

es producido por la
División de Información Pública
Organismo Internacional de Energía Atómica
P.O. Box 100, A-1400 Viena (Austria)
teléfono: (43-1) 2600-21270
Fax: (43-1) 2600-29610
IAEBulletin@iaea.org

División de Información Pública
Director: Serge Gasi
Editor Jefe: Peter Kaiser
Diseño y producción: Ritu Kenn

- EL BOLETÍN DEL OIEA está disponible
- › como [Aplicación para iPad](#)
 - › en línea, en el sitio www.iaea.org/bulletin
 - › archivos, en el sitio www.iaea.org/bulletinarchive

Podrá reproducirse libremente parte del material del OIEA contenido en el Boletín del OIEA siempre que se reconozca su fuente. Si en la atribución de un artículo se indica que el autor no es funcionario del OIEA, deberá solicitarse permiso para volver a publicar el material al autor o a la organización de origen, salvo cuando se trate de una reseña.

Las opiniones expresadas en cualesquiera de los artículos firmados que figuran en el Boletín del OIEA no representan necesariamente las del Organismo Internacional de Energía Atómica y el OIEA declina toda responsabilidad por ellas.

Fotografía de portada:

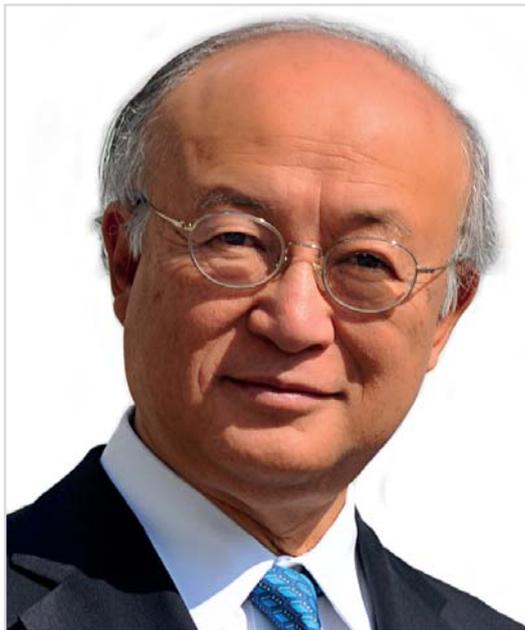
La central nuclear de Bohunice es un complejo de reactores nucleares cerca del pueblo de Jaslovské Bohunice, en Eslovaquia.

(JAVYS)

El Boletín del OIEA se imprime en Viena (Austria).

LA ENERGÍA NUCLEOELÉCTRICA EN EL SIGLO XXI

El Organismo Internacional de Energía Atómica ayuda a sus miembros a utilizar la tecnología nuclear para una amplia gama de usos pacíficos, y uno de los más importantes es la generación de electricidad.



Resultará difícil que el mundo alcance el doble objetivo de asegurar un suministro sostenible de energía y la disminución de los gases de efecto invernadero sin la energía nucleoelectrica.

El accidente de la central nuclear de Fukushima Daiichi, que se produjo en Japón en marzo de 2011, generó ansiedad en relación con la seguridad nuclear en el mundo y planteó cuestiones sobre el futuro de la energía nucleoelectrica.

Transcurridos dos años, es evidente que el uso de la energía nucleoelectrica seguirá en expansión durante los próximos decenios, aunque a un ritmo más lento que antes del accidente. Muchos países que disponen de programas nucleoelectricos prevén su ampliación. Muchos otros países, tanto desarrollados como en desarrollo, han previsto implantar la energía nucleoelectrica.

Entre los factores que contribuyen a este creciente interés cabe citar la creciente

demanda mundial de energía, así como las preocupaciones por el cambio climático, la inestabilidad de los precios de los combustibles fósiles y la seguridad del suministro de energía. Resultará difícil que el mundo alcance el doble objetivo de asegurar un suministro sostenible de energía y la disminución de los gases de efecto invernadero sin la energía nucleoelectrica.

El OIEA ayuda a los países que optan por la energía nucleoelectrica a utilizarla en condiciones de seguridad tecnológica y física.

Los países que han decidido eliminar progresivamente la energía nucleoelectrica tendrán que abordar cuestiones como la clausura de las centrales, la restauración y la gestión de los desechos durante los próximos decenios. El OIEA también prestará asistencia en estas esferas.

Expreso mi agradecimiento a la Federación de Rusia por acoger la Conferencia Ministerial Internacional sobre la energía nucleoelectrica en el siglo XXI, que se celebrará en San Petersburgo en junio. Esta oportuna conferencia ofrece una valiosa oportunidad para evaluar la energía nuclear tras el accidente nuclear de Fukushima Daiichi.

Para el futuro del sector es esencial un elevado nivel de confianza del público en la seguridad de la energía nucleoelectrica. Durante los dos últimos años se ha realizado una labor valiosa y considerable para mejorar la seguridad. No obstante, queda mucho por hacer. Es sumamente importante mantener el impulso y hacer todo lo necesario para asegurar que podamos disponer de una energía nucleoelectrica tan segura como sea humanamente posible.

La presente edición del Boletín ofrece una visión general de muchas de las cuestiones que se abordarán en la Conferencia de San Petersburgo. Entre ellas, la seguridad nuclear, la función de la energía nucleoelectrica en el desarrollo sostenible, la innovación tecnológica y las instituciones e infraestructuras nucleares.

Deseo a los participantes en la conferencia que sus deliberaciones se vean coronadas por el éxito.

Yukiya Amano, Director General del OIEA

ENERGÍA NUCLEOELÉCTRICA, ECONOMÍA DE LA ENERGÍA Y SEGURIDAD ENERGÉTICA

Para alcanzar el desarrollo económico es necesario disponer de electricidad fiable y asequible que se suministre en cantidad suficiente para atender las necesidades mínimas de energía a nivel local, regional o nacional. Esta receta para el desarrollo económico puede parecer muy simple pero es necesario analizar y equilibrar consideraciones tecnológicas, de infraestructura, financieras y de desarrollo para elaborar una estrategia energética nacional. Para complicar esta tarea cabe mencionar el hecho histórico de que no se puede garantizar ni dar por sentado el precio deseado, o las cantidades deseadas. La economía y la seguridad energética determinan las opciones de que disponen los países que se esfuerzan por establecer una estrategia energética para el futuro.

Economía de la energía

La construcción de un reactor nuclear de potencia resulta relativamente cara pero su operación es relativamente barata. Aunque en algunas situaciones es una buena inversión, en otras no lo es. Es una opción más atractiva cuando la demanda de energía aumenta con rapidez, cuando las alternativas son escasas o caras, cuando la seguridad energética es una prioridad, cuando la reducción de la contaminación del aire o las emisiones de gases de efecto invernadero es prioritaria, cuando se dispone de una financiación que pueda esperar unos réditos a más largo plazo (lo que es más propio de los gobiernos que de la industria privada), y cuando los riesgos financieros son menores debido a una demanda y unos precios de la electricidad más predecibles, a unas estructuras de mercado estables, y a un sólido apoyo político no partidista. Los 68 reactores de potencia que están actualmente en construcción en el mundo reflejan esas características de entornos favorables a las inversiones. Treinta y ocho están en el Lejano Oriente (29 en China solamente), 15 en Europa oriental, 10 en Oriente Medio y Asia Meridional, dos en América Latina, dos en Europa occidental y uno en América del Norte.

El uranio para alimentar los reactores nucleares de potencia se encuentra de forma abundante en el mundo. Con los precios y las tasas de consumo actuales, los recursos convencionales de uranio identificados hasta la fecha durarán unos 80 años. Esta situación es positiva si se compara con las reservas de 30 a 50 años de otros productos básicos, por ejemplo, cobre, zinc, petróleo y gas natural). El reprocesamiento y el reciclado así como el uso de la tecnología de reactores reproductores rápidos multiplicarían por 60 la longevidad de los recursos actualmente identificados hasta cifrarse en miles de años.

Seguridad energética

Otra consideración importante, además del precio y de las cuestiones relacionadas con la base de recursos, es la seguridad energética. La mejor forma de reforzar la seguridad energética de un país es aumentar la diversidad y la resiliencia de las opciones del suministro de energía. En muchos países, la expansión de la energía nucleoelectrica aumentaría la diversidad de su suministro eléctrico. Hay dos aspectos de la energía nucleoelectrica que en general refuerzan la resiliencia energética. En primer lugar, los costos de la generación de electricidad nuclear son mucho menos sensibles a los cambios de los precios del combustible que los de la generación de electricidad mediante combustibles fósiles. En segundo lugar, el uranio, que es el combustible básico, se puede obtener de diversos países productores y se requieren volúmenes reducidos, lo cual facilita la creación de reservas estratégicas. En la práctica, la tendencia no ha consistido en crear reservas estratégicas sino en basar la seguridad en un mercado diversificado y eficiente de servicios de suministro de uranio y de combustible. Sin embargo, para los países que lo estimen importante, sigue abierta la opción de crear, a un costo relativamente bajo, reservas estratégicas.

Opciones energéticas

Todos los países son distintos. La mezcla energética de un país dependerá de la rapidez con que aumente su demanda de energía, de la disponibilidad de alternativas, como la energía hidroeléctrica o el gas de esquisto, de sus opciones de financiación, y de sus preferencias y prioridades nacionales expresadas en su política nacional. La forma en que los países equilibran las diversas consideraciones, por ejemplo, riesgos de accidentes, electricidad asequible, contaminación del aire, empleo y dependencia de la importación de energía, es al menos parcialmente una cuestión de preferencia nacional y, por consiguiente, una decisión de los propios Estados Miembros del OIEA.

Además, como observa el experto en planificación energética del OIEA Alan McDonald, todos los países utilizan una combinación de fuentes de energía y generan electricidad a partir de diversas tecnologías. Esta diversidad, explica McDonald, se debe en parte a la evolución del desarrollo, ya que las nuevas tecnologías se solapan con las más antiguas, en parte a las discrepancias de los inversores sobre lo que será más rentable, en parte al hecho de que una cartera de fuentes de energía reduce el riesgo a la vulnerabilidad y, cuando la demanda aumenta con especial rapidez, como en China, en parte para atender simplemente la demanda utilizando todas las opciones posibles.

LA ENERGÍA Y EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Ninguno de los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) adoptados por las Naciones Unidas en 2000 se centraba directamente en la energía, aunque los progresos para casi todos ellos — desde la erradicación de la pobreza y el hambre hasta la mejora de la educación y la salud — han dependido de un mayor acceso a la energía moderna. Trece años después se está prestando más atención a la energía. La fecha límite fijada para los ODM es 2015, y en 2012 las Naciones Unidas iniciaron deliberaciones para formular objetivos de desarrollo sostenible que orienten el apoyo a este después de 2015. El futuro que queremos, documento final de la Conferencia de 2012 de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (también conocida como Rio+20), otorga a la energía un papel central: “Reconocemos el papel fundamental de la energía en el proceso de desarrollo, dado que el acceso a servicios energéticos modernos y sostenibles contribuye a erradicar la pobreza, salva vidas, mejora la salud y ayuda a satisfacer las necesidades humanas básicas.”

La energía nuclear ocupa el primer lugar entre todas las demás tecnologías energéticas en la ‘internalización’ de todos los costos externos, desde la seguridad a la disposición final de los desechos y la clausura.

En su informe *Nuestro futuro común*, publicado en 1987, la Comisión Brundtland definía el desarrollo sostenible como “el que garantiza las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades,” y esta sigue siendo la definición fundamental desde entonces.

El papel de la energía nuclear en el desarrollo sostenible fue objeto de extensos debates en el noveno periodo de sesiones de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas en 2001. Si bien los puntos de vista nacionales diferían en cuanto al papel de la energía nuclear en las estrategias del desarrollo sostenible, hubo unanimidad en que la elección de la energía nuclear dependía de cada país.

Los que llegan a la conclusión de que la energía nuclear no es coherente con el desarrollo sostenible insisten en los riesgos de que se produzcan accidentes nucleares y en el hecho de que no existe todavía un repositorio final operacional para los desechos nucleares de actividad alta.

Quienes consideran la energía nuclear una parte importante del desarrollo sostenible insisten en que la definición que dio de este la Comisión Brundtland se centra en un aumento de los bienes y de las opciones, no en la privación de unos y otras. La energía nuclear amplía la base de recursos al dar un uso productivo

al uranio. Reduce las emisiones nocivas y amplía el suministro de electricidad. La energía nuclear hace aumentar las reservas mundiales de capital tecnológico y de personal capacitado. Y, por último, la energía nuclear ocupa el primer lugar entre todas las demás tecnologías energéticas en la ‘internalización’ de todos los costos externos, desde la seguridad a la disposición final de los desechos y la clausura. ‘Internalizar’ los costos significa que los costos de todas esas actividades están ya ampliamente incluidos en el precio que pagamos por la electricidad nuclear. Si los costos medioambientales del uso de combustibles fósiles se ‘internalizaran’ en el precio que se paga por ellos, pagaríamos mucho más por la electricidad producida con combustibles fósiles.

Los gobiernos nacionales deben comparar las ventajas relativas, y es preciso que se produzca un debate público sobre el tema.

Suele decirse que la primera tarea del desarrollo sostenible es aportar la energía, la electricidad en particular, a la quinta parte de la población mundial que carece de ella. Mucho se está haciendo para que los pobres rurales, aprovechen cabalmente las tecnologías de energías renovables que funcionan en zonas remotas no conectadas a redes eléctricas, afirma el experto del OIEA en planificación energética Alan McDonald. “Para los pobres urbanos y las necesidades de las megaciudades en crecimiento, la mezcla tiene que incluir la producción centralizada de energía para equilibrarla con la demanda de energía centralizada. Las centrales nucleares proporcionan grandes cantidades de energía constante que contribuyen a satisfacer esa demanda. Además, a medida que los países amplían sus redes de electricidad para ‘conectar a los no conectados’ y aumentan el acceso a la electricidad, se irán extendiendo más las ventajas que representan las grandes fuentes de energía constante”, explica McDonald.

*La Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo se creó en 1983 en virtud de la resolución 38/161 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, con objeto de proponer estrategias ambientales a largo plazo para alcanzar el desarrollo sostenible. El Secretario General de las Naciones Unidas, Pérez de Cuéllar, pidió a la Primera Ministra de Noruega, Gro Harlem Brundtland, que presidiera la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, a menudo citada como ‘Comisión Brundtland’.

EL PAPEL DE LA ENERGÍA NUCLEAR EN LA ATENUACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE



Según la OMS, la contaminación del aire provoca cada año más de un millón de fallecimientos prematuros en el mundo y contribuye a diversos trastornos de la salud, como son las infecciones respiratorias, las dolencias cardíacas y el cáncer de pulmón.

(Fotografía: istockphoto.com/ ranplett)

Los expertos en energía esperan que la demanda de esta aumente de modo espectacular en el siglo XXI, sobre todo en los países en desarrollo, donde más de mil millones de personas no tienen acceso en la actualidad a los servicios energéticos modernos. Cubrir la demanda mundial de energía requerirá una expansión del 75 % de la oferta de energía primaria hacia 2050. Si no se adoptan medidas para reducir las emisiones, las de CO₂ procedentes de la energía habrán llegado casi a duplicarse en el mismo período. Unos niveles más altos de este gas de invernadero en la atmósfera podrían dar lugar a un aumento del promedio de las temperaturas mundiales de 3 °C o más por encima de los niveles preindustriales, lo que podría provocar la peligrosa interferencia antropogénica con el clima que la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático trata de impedir.

Los gases de invernadero y sus consecuencias Consequences

Según las conclusiones del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), un calentamiento global superior a 3 °C tendrá repercusiones cada vez más negativas en todas las regiones del mundo. En las regiones de mediana latitud y en las regiones

semiáridas de baja latitud, las menores existencias de agua y el aumento de la sequía expondrán a cientos de millones de seres humanos mayores dificultades con este elemento esencial.

En agricultura, es de esperar que se reduzca la productividad de los cereales en las regiones de baja latitud. El aumento de la productividad en las regiones de mediana y alta latitud sólo compensará parcialmente esa pérdida. Hasta un 30 % de la totalidad de las especies terrestres se verán expuestas a un riesgo creciente de extinción.

El aumento de las emisiones de carbono tendrá como consecuencia la acidificación de los océanos. Se espera que esta, junto con la fotolixiviación de los corales originada por la temperatura, reduzca la capacidad de desarrollo de los moluscos, haciendo así peligrar un elemento fundamental de la cadena alimentaria marina. En las zonas costeras irán en aumento los daños provocados por inundaciones y tormentas.

También resultará afectada la salud humana, sobre todo en los países menos desarrollados, debido a la influencia cada vez mayor de la malnutrición y las diarreas y enfermedades cardiorrespiratorias e infecciosas. Se prevé que las olas de calor, las inundaciones y las sequías den lugar a un incremento de la morbilidad y la mortalidad.

Los efectos de la contaminación del aire

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha estimado que la contaminación del aire provoca cada año más de un millón de fallecimientos prematuros en el mundo.* La contaminación del aire contribuye también a diversas alteraciones de la salud, como son las infecciones respiratorias, las dolencias cardíacas y el cáncer de pulmón. A escala regional, los elementos contaminantes de la atmósfera que se desplazan largas distancias originan lluvias ácidas. Estas alteran los ecosistemas y tienen efectos negativos en las pesquerías de agua dulce, en la vegetación natural y en los cultivos. La acidificación de los sistemas forestales puede dar lugar a deterioro y enfermedades de los bosques. La lluvia ácida estropea también ciertos materiales de construcción y los monumentos históricos y culturales. La originan compuestos de azufre y nitrógeno. Las centrales que funcionan con combustibles fósiles, en particular con carbón, son los principales emisores de los precursores de esos compuestos.

La cantidad de emisiones evitadas gracias al uso de la energía nuclear es comparable a la que se evitó con el de la energía hidráulica.

Desafíos de la reducción de emisiones de gases de invernadero

Hay consenso científico en cuanto a que, para evitar los efectos negativos del cambio climático en los sistemas ecológicos y socio-económicos, las emisiones de gases de invernadero no deben aumentar después de 2020 y tienen que reducirse a partir de entonces en un 50–85 % de los niveles actuales antes de 2050. Así pues, el mundo ha de afrontar un enorme desafío de atenuación en los próximos decenios.

El Grupo de Trabajo III del IPCC y el Informe de síntesis del Congreso Científico Internacional sobre el Cambio climático: Riesgos, retos y decisiones globales, celebrado en Copenhague en 2009, mantienen que numerosas tecnologías y prácticas de atenuación que podrían reducir las emisiones de gases de invernadero están ya disponibles comercialmente. Según el IPCC, las soluciones y los procedimientos técnicos podrían reducir la intensidad de energía en todos los sectores económicos y arrojar el mismo resultado o prestar el mismo servicio

con unas emisiones más bajas. La energía nuclear es una de las opciones que existen en la actualidad con miras a la atenuación.

En los últimos 50 años, la producción de electricidad por medio de la energía nuclear ha evitado en todo el mundo emisiones muy considerables de gases de invernadero. A nivel mundial, la cantidad de emisiones evitadas gracias al uso de la energía nuclear es comparable a la que se evitó con el de la energía hidráulica. Esta, las centrales nucleares y la electricidad de origen eólico figuran entre los emisores más bajos de CO₂ si se consideran las emisiones a lo largo de todo el ciclo vital de la energía.

En el futuro, las emisiones de gases de invernadero procedentes de tecnologías de energía nuclear serán aún más bajas gracias a los progresos realizados en la tecnología de enriquecimiento de uranio que requieren mucha menos electricidad, una vida útil más prolongada de las centrales nucleares (lo que significa menos emisiones por kilowatio-hora en relación con la construcción) y un mayor quemado de combustible (lo que implica menores emisiones por kilowatio-hora en relación con la extracción de uranio y la fabricación de combustible).

El IPCC ha estimado el potencial de atenuación de diversas tecnologías de generación de electricidad y ha determinado que la energía nuclear tiene el mayor potencial de atenuación al costo medio más bajo en el sector de la oferta energética, esencialmente la producción de electricidad. La energía nuclear tiene el potencial de seguir desempeñando una función importante en el esfuerzo por limitar las emisiones futuras de gases de invernadero y de satisfacer a la vez las necesidades mundiales de energía.

La atenuación de la contaminación del aire por medio de la energía nuclear

Las centrales nucleares no emiten prácticamente elementos contaminantes del aire durante su funcionamiento. Por el contrario, las centrales que funcionan con combustibles fósiles son las que más contribuyen a la contaminación de la atmósfera. Según la OMS, es posible lograr una reducción importante de la exposición a la contaminación del aire rebajando las concentraciones de varios de los elementos contaminantes del aire más corrientes emitidos durante la combustión de los combustibles fósiles.

*Calidad del aire y salud, Reseña informativa N° 313, actualizada en septiembre de 2011, www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/.

PRESENTE Y FUTURO DE LA ENERGÍA NUCLEOELÉCTRICA

La capacidad mundial de generación de energía nucleoelectrica, con 437 reactores nucleares de potencia en funcionamiento y 68 nuevos reactores en construcción, alcanzó los 372,5 GW(e) a finales de 2012. A pesar del escepticismo, y en algunos casos del temor, del público tras el accidente nuclear de Fukushima Daiichi en marzo de 2011, dos años después la demanda de energía nucleoelectrica sigue creciendo continuamente, aunque a un ritmo más lento.

Un número considerable de países sigue llevando adelante los planes para la implantación o ampliación de sus programas nucleoelectricos porque los elementos que motivaron el recurso a la energía nucleoelectrica antes de Fukushima no han cambiado. Entre ellos cabe citar el cambio climático, el limitado suministro de combustible fósil y las preocupaciones por la seguridad energética.

Al parecer, la energía nucleoelectrica va a proseguir su expansión global de forma constante, aunque más lentamente de lo previsto antes del accidente nuclear de Fukushima Daiichi. Las últimas proyecciones del OIEA muestran un aumento constante del número de centrales nucleares en el mundo en los próximos 20 años. Estas indican un crecimiento de la capacidad nucleoelectrica para 2030 de un 23 % en la proyección baja y de un 100 % en la proyección alta. La mayor parte de los reactores nucleares de potencia previstos o en construcción están en Asia.

En 2012 comenzó la construcción de siete centrales nucleares. Fuqing 4, Shidaowan 1, Tianwan 3 y Yangjiang 4 en China, Shin-Ulchin 1 en Corea, Baltiisk 1 en Rusia, y Barakah 1 en los Emiratos Árabes Unidos. Este aumento respecto de las cifras de años anteriores indica un interés y un compromiso constantes respecto de la energía nucleoelectrica y demuestra la resiliencia de ese tipo de energía.

Los países están pidiendo a los proveedores diseños de reactores nuevos e innovadores que cumplan requisitos estrictos en materia de seguridad, capacidad de la red eléctrica nacional, tamaño y plazos de construcción, lo que indica que la energía nucleoelectrica va a seguir en expansión durante los próximos decenios

Seguridad

Es evidente que ese crecimiento del sector debe ir acompañado por un aumento de la seguridad. El accidente nuclear de Fukushima Daiichi se ha descrito como una llamada para despertar a quienes intervienen en la generación de energía nucleoelectrica. Según el Director General del OIEA Yukiya Amano, el accidente nos recordó que la seguridad no puede darse nunca por descontada, ni siquiera en países industriales avanzados con considerable

experiencia en el uso de la energía nuclear.

Se han extraído importantes enseñanzas, aunque todavía podrán aprenderse más lecciones. Hemos podido absorber rápidamente las enseñanzas del accidente en materia de seguridad y ayudar a los Estados miembros a aplicarlas en los reactores en

funcionamiento de todo el mundo. Los reactores nucleares son ahora más seguros que antes del accidente, como sucede en muchos otros sectores. De hecho, desde el accidente de Chernobyl en 1986, el régimen de seguridad nuclear ha pasado a ser considerablemente más sólido. Han entrado en vigor muchos mecanismos jurídicamente vinculantes en el ámbito internacional, por ejemplo, la Convención sobre Seguridad Nuclear y la Convención conjunta sobre seguridad en la gestión del combustible gastado y sobre seguridad en la gestión de desechos radiactivos, que ayudan a constituir una red de apoyo en torno a los Miembros del OIEA e impulsan a la industria nuclear mundial hacia una constante mejora de la seguridad en esa esfera.

Planificación de la energía nucleoelectrica

Dado que muchos países, los denominados países que se incorporan al ámbito nuclear, siguen considerando la posibilidad de introducir la energía nucleoelectrica en su mezcla energética, el OIEA ofrece algunos servicios para ayudarles a evaluar su preparación y a tomar decisiones fundamentadas. Esos servicios abarcan desde la asistencia a los Estados Miembros para crear su capacidad de planificación energética independientemente de cualquier interés en la energía nucleoelectrica, hasta el apoyo para planificar una estrategia energética a largo plazo y la asistencia para desarrollar una infraestructura nacional, con inclusión de la gestión de desechos radiactivos y la clausura.

Durante las diferentes etapas de desarrollo de los programas nucleoelectricos de los Estados Miembros prestamos servicios integrados para ayudarles a asegurar que el uso de la energía nuclear se haga en condiciones de seguridad tecnológica y física, así como de forma responsable y fiable.

Alexander Bychkov, Director General Adjunto, Jefe del Departamento de Energía Nuclear del OIEA.



APOYO A LOS NUEVOS PROGRAMAS NUCLEOELÉCTRICOS

La implantación de la energía nucleoelectrica es una de las decisiones políticas de mayor alcance que puede tomar un gobierno. Es una decisión compleja. Un programa nucleoelectrico es un compromiso al menos para un siglo, pues abarca desde la planificación hasta la construcción, la explotación, la gestión de desechos y por último la clausura. "Se trata de una tecnología sofisticada que requiere una planificación también sofisticada; no obstante, los países que ahora están considerando la posibilidad de implantar un programa nucleoelectrico pueden basarse en la experiencia acumulada por más de 30 países durante los últimos 50 años, y en el apoyo sistemático que presta el OIEA", dice Anne Starz, Jefa del Grupo sobre Infraestructura Nuclear Integrada.

El OIEA ofrece orientaciones racionales y estructuradas para la implantación de la energía nucleoelectrica mediante el enfoque relativo a los hitos.

El paso de "país que se incorpora al ámbito nuclear" a explotador requiere dos decenios para la planificación, concesión de licencia y construcción antes de que la central produzca electricidad. Hace 30 años, un país que construía su primera central nuclear no disponía de la red de apoyo nacional y bilateral a la que pueden recurrir hoy en día los países que se incorporan al ámbito nuclear. Mediante la cooperación internacional y bilateral pueden proporcionarse conocimientos especializados para ayudar a esos países a establecer la infraestructura jurídica, de reglamentación y humana necesaria. Además, los países que se incorporan al ámbito nuclear se benefician de los conocimientos adquiridos durante tres decenios en materia de exámenes por homólogos de la seguridad nuclear, conocimientos especializados sobre desarrollo de recursos humanos y sistemas de gestión, planificación energética, estudios de viabilidad, selección de emplazamientos, evaluación de la tecnología, gestión de riesgos financieros, y gestión de desechos.

"No hay atajos", explica Starz. "Los países que se incorporan al ámbito nuclear tienen que asimilar más información que sus predecesores hace 30 años; no obstante, como deben comenzar por el principio, ya se han aprendido muchas lecciones y es posible evitar errores que pueden costar caros. No están solos en esta iniciativa, como lo habrían estado hace años cuando los países eran pioneros en esta tecnología".

Los Estados Miembros del OIEA que trabajan activamente para implantar un programa nucleoelectrico, y los que estudian la posibilidad de tomar esta decisión, deben hacer frente a algunos de los mismos desafíos. Deben encontrar la forma de asegurar que se apoye un proyecto que comenzará a dar beneficios varios años después de adoptar la decisión de implantar la energía nuclear. "Es mucho más probable que un país pueda mantener la política de implantar la energía nuclear si los principales actores gubernamentales e interesados directos expresan en conjunto su compromiso con la iniciativa. Este es uno de los principales objetivos de la participación sistemática de los interesados directos", dice Starz.

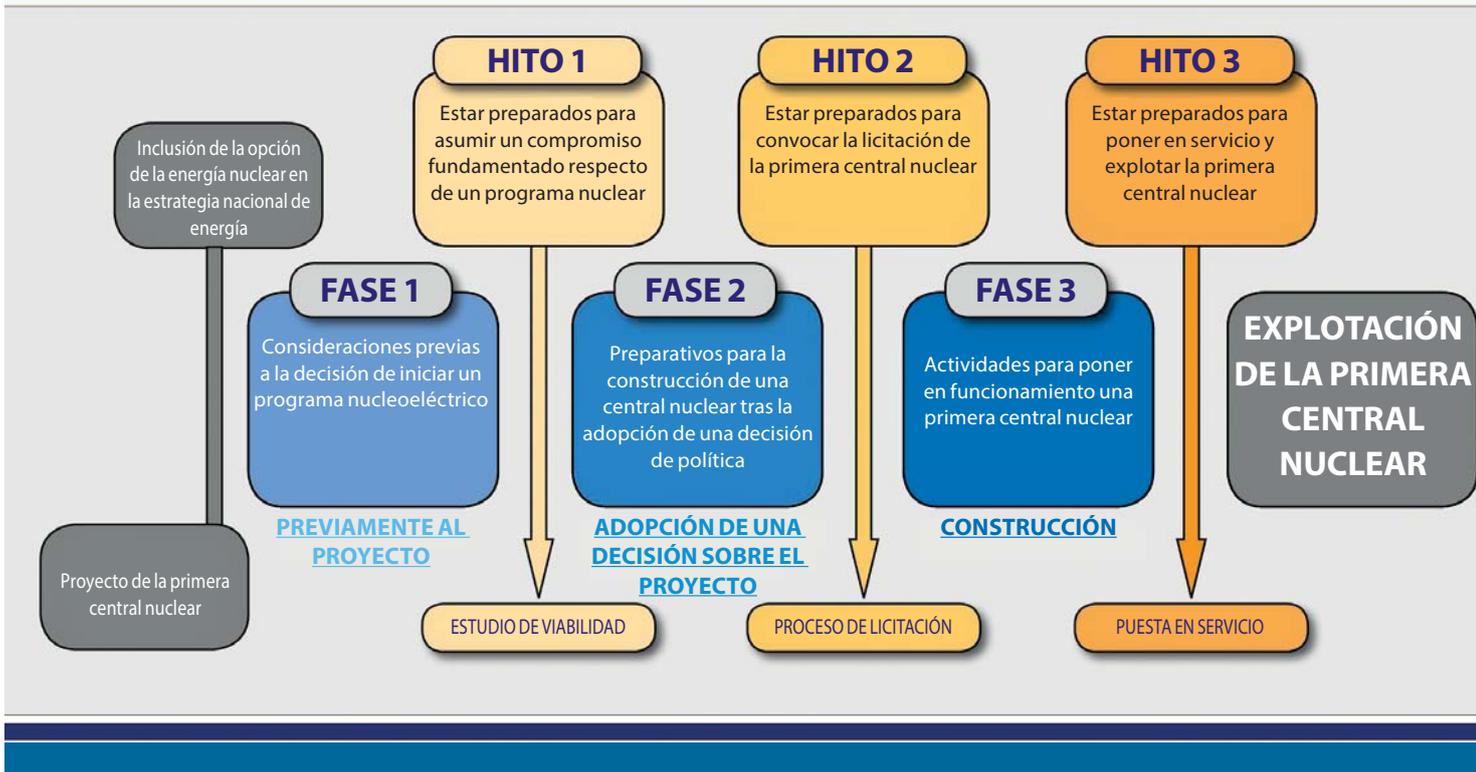
Para muchos países en desarrollo, la inversión de capital relativamente amplia que se precisa para financiar la construcción del reactor puede ser uno de los principales obstáculos. El OIEA ayuda a los países a encontrar medios para hacer frente a los riesgos financieros.

Otra cuestión que se plantea en una etapa temprana de la planificación es la necesidad de personal con experiencia en el ámbito nuclear, que probablemente no esté disponible cuando se adopte la decisión de implantar la energía nucleoelectrica. Starz explica que el desarrollo de recursos humanos es un problema clásico del tipo "¿primero el huevo o la gallina?": "¿Cómo puede capacitar un país a determinadas personas para la explotación de una central nuclear en condiciones de seguridad, si no dispone de una central?" Del mismo modo, los países deben saber cómo emplear a personal con experiencia cuando la central nuclear aún no está en funcionamiento". La respuesta es la planificación de la dotación de personal y el desarrollo de los recursos humanos, dos esferas en las que el OIEA también presta asistencia.

Mediante actividades de divulgación debe explicarse a los interesados directos y al público otro desafío: la gestión de desechos. Starz explica, "Planificar la gestión de desechos es como decidir, antes de despegar, la forma y el momento en que aterrizará el avión". La seguridad nuclear es otra esfera sumamente importante que el público y los interesados directos examinan con atención. Después del accidente nuclear de Fukushima Daiichi, "La confianza del público en la energía nucleoelectrica disminuyó. No obstante, en los países que prosiguen activamente la implantación de un programa nucleoelectrico, así como en algunos países que tienen programas nucleoelectricos establecidos, vemos que la actitud del público es flexible y éste ha pasado a adoptar una posición de apoyo", añade Starz.

Tras el accidente nuclear de Fukushima Daiichi en marzo de 2011, un Estado Miembro del OIEA comenzó a construir su primera central nuclear. Era un acontecimiento notable ya que por primera vez en 27 años un país que se incorporaba al ámbito nuclear iniciaba la construcción de su primera central. Dos países más encargaron su primera

PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA NUCLEAR



central nuclear y otros seis han decidido implantar la energía nucleoelectrica y están preparando activamente la infraestructura conexas.

Todos los países que están implantando la energía nucleoelectrica tomarán importantes decisiones en relación con la infraestructura durante los próximos decenios. El proceso de adopción de decisiones abarca mucho más que las consideraciones técnicas, por ejemplo, la elección de una tecnología de reactores, la selección de emplazamientos o la creación de capacidad. "El OIEA ofrece orientaciones racionales y estructuradas para la implantación de la energía nucleoelectrica mediante el enfoque relativo a los hitos, que proporciona a los Estados Miembros una metodología que pueden utilizar para indicar los progresos durante las etapas de planificación así como para demostrar su compromiso con la seguridad nuclear y el control de los materiales nucleares. Se pone de relieve la necesidad de llegar a un consenso sobre una decisión que afectará a muchas generaciones", observa Starz.

Las orientaciones del OIEA para los países que se incorporan al ámbito nuclear se revisaron ampliamente tras el accidente nuclear de Fukushima Daiichi. Aunque el enfoque relativo a los hitos sigue siendo válido, se destacará más la función del futuro propietario-explotador a quien incumbe la responsabilidad primordial de la seguridad.

Se aprecia un creciente interés entre los Estados Miembros del OIEA por la asistencia del Organismo en el examen de las infraestructuras nucleoelectricas de forma sistemática

e integrada. Tanto los explotadores establecidos como los países que se incorporan al ámbito nuclear han solicitado exámenes por homólogos internacionales y exhaustivos organizados por el OIEA para evaluar los progresos en la implantación de la energía nucleoelectrica, o en la ampliación de un programa existente. "Con estas orientaciones sobre el enfoque relativo a los hitos, el OIEA ha fijado un nivel más elevado para los países que desean demostrar progresos y, en consecuencia, comprobamos que esas orientaciones son valoradas tanto por los países que se incorporan al ámbito nuclear como por los explotadores establecidos pues garantizan que un programa nucleoelectrico sea más seguro y sostenible", concluye Starz.

SOLUCIONES PARA LA GESTIÓN DE LOS DESECHOS

Finlandia construyó una amplia red de túneles subterráneos excavados en roca sólida concebidos para durar por lo menos 100 000 años. El repositorio final estará situado en Olkiluoto, a unos 300 km al noroeste de Helsinki. (Fotografía: Posiva, Finland)



Con miras a la disposición final en condiciones de seguridad tecnológica y física de los desechos radiactivos de actividad alta y periodo largo, este material tiene que permanecer almacenado durante un cierto periodo de tiempo, que resulta muy prolongado en comparación con nuestra experiencia cotidiana. Las instalaciones subterráneas de disposición final tienen que ser diseñadas y construidas en condiciones geológicas adecuadas de las que se pueda probar con certeza que contienen y aíslan de nuestro entorno los desechos peligrosos durante cientos de miles de años.

A lo largo de ese periodo de tiempo durante el cual hay que garantizar la seguridad de sistema subterráneo de repositorios de desechos, la radiactividad de estos se irá desintegrando hasta un nivel en el que no plantee ya peligro para las personas ni el medio ambiente. El registro arqueológico puede contribuir a hacerse una idea de ese periodo tan prolongado. El clima cambia, los océanos se elevan y desaparecen, y las especies evolucionan a lo largo de cien mil años. Las rocas atestiguan todos esos cambios. En su búsqueda de repositorios seguros para la disposición a largo plazo de los desechos radiactivos de actividad alta, los geólogos han descubierto formaciones rocosas cuya estabilidad se ha mantenido durante millones de años. Se espera que esas formaciones geológicas permanezcan estables durante millones de

años más y puedan servir para albergar repositorios de desechos.

Los desechos con mayor contenido radiactivo son el combustible nuclear gastado, una vez declarado desecho, y los productos derivados de las actividades de reprocesamiento de combustible. Este tipo de desechos radiactivos de actividad alta han de ser aislados cuidadosamente de la biosfera. Según la opinión coincidente de los expertos internacionales, hay que recurrir a formaciones geológicas profundas para alojar los repositorios definitivos para la disposición final de estos desechos. Algunos países están procediendo en la actualidad a la disposición final geológica de los desechos de actividad alta. Existen ya instalaciones geológicas en Alemania y los EE.UU. para la disposición de desechos de actividad baja e intermedia.

En Finlandia, Francia y Suecia se están preparando otros emplazamientos para la disposición final de desechos radiactivos de actividad alta y combustible nuclear gastado, y, a reserva de las aprobaciones reglamentarias, las operaciones de colocación de los desechos deberían iniciarse en el decenio de 2020.

En varios países, los científicos están ensayando técnicas de disposición final y estudiando las condiciones geológicas en laboratorios subterráneos especialmente contruidos para cerciorarse de que los desechos

contenidos en un repositorio permanecerán aislados de las personas y del medio ambiente durante las 10 000 generaciones siguientes. Los expertos en materia de seguridad tecnológica evalúan la del repositorio por un periodo hasta de un millón de años y más, en algunos casos.

Las investigaciones efectuadas en estos laboratorios subterráneos han demostrado la viabilidad de la disposición final en sal (Alemania), roca cristalina (Canadá, Japón, Suiza y Suecia), arcilla plástica (Bélgica) y piedra arcillosa (Francia y Suiza). Rusia planea construir a partir de 2015 un laboratorio de investigación subterráneo en la región de Krasnoyarsk, en Siberia central. China prevé la construcción de un laboratorio de investigación subterráneo que sería operacional antes de 2020.



En Bélgica, la Instalación de Investigación Subterránea del Emplazamiento Experimental para la Disposición Final de Desechos de Actividad Alta (HADES), se encuentra en una formación arcillosa a una profundidad de más de 220 metros. Es la instalación principal de Bélgica dedicada a la investigación experimental sobre la disposición final geológica en profundidad de los desechos radiactivos.

La República Checa está estudiando opciones de repositorios geológicos que permitirán la colocación de desechos de actividad alta en una masa rocosa de granito o un medio similar, concepto comparable a los diseños de Suecia y Finlandia.

En Finlandia, los científicos empezaron a estudiar un repositorio final de desechos en el decenio de 1970. En diciembre de 2012, Posiva, la compañía finesa encargada de seleccionar el emplazamiento y realizar un repositorio de combustible gastado, presentó una solicitud de licencia para construir el repositorio en Olkiluoto, situado a unos 300 km al noroeste de Helsinki. Está previsto que la colocación de los desechos, siempre y cuando el regulador conceda la licencia, se inicie en 2020.

En un laboratorio subterráneo que se encuentra en la afueras de Bure, en el nordeste de Francia, la Agencia Nacional de Gestión de Desechos Radiactivos (ANDRA) de Francia está probando la capacidad de las rocas para contener y aislar desechos radiactivos de actividad alta durante varios cientos de miles de años.

En el Japón, el Proyecto de Laboratorio de Investigación Subterráneo de Mizunami investiga, analiza y evalúa el medio geológico profundo y desarrolla tecnologías para aplicarlas en las profundidades. Un segundo laboratorio situado en Horonobe, en la isla de Hokkaido, estudia el medio geológico profundo en rocas sedimentarias.

Una trabajadora en el túnel subterráneo de Forsmark, una aldea de la costa oriental de Uppland (Suecia)..

(Fotografía: SKB Sweden)

En Suecia, la Compañía Sueca de Gestión del Combustible y los Desechos Nucleares (SKB) eligió un emplazamiento para una instalación de disposición final en las proximidades de Forsmark, en la costa oriental de Uppland, y presentó una solicitud de licencia para construir un repositorio de combustible gastado en marzo de 2011, sometido en la actualidad a un examen reglamentario.

Según la opinión coincidente de los expertos internacionales, hay que recurrir a formaciones geológicas profundas para alojar los repositorios definitivos para la disposición final de estos desechos.

Suiza cuenta con dos laboratorios subterráneos de investigación –en los Alpes suizos se encuentra el Emplazamiento de Prueba de Grimsel, y la segunda instalación de investigación está situada en Mont Terri— que facilitan un medio adecuado para ensayar de manera realista las condiciones geológicas, el equipo y las opciones para la disposición final de desechos radiactivos de actividad alta.

LA CONFIANZA DEL PÚBLICO EN LA ENERGÍA NUCLEAR

Se reconoce que la participación de los interesados es un proceso esencial para el éxito de cualquier programa de energía nucleoelectrica. No lograr la participación efectiva de las partes interesadas, como son los encargados de la formulación de las políticas y de la adopción de decisiones, los medios de comunicación, miembros de la comunidad y el público en general, puede tener consecuencias negativas, afirma Brenda Pagannone, especialista en participación de los interesados de la Sección de Ingeniería Nucleoelectricas del OIEA. Debilitar la confianza del público puede originar demoras, estas salen caras al explotador y al país, y son problemáticas para las poblaciones necesitadas de energía.

El objetivo consiste más bien en ayudar a la gente a entender los fundamentos en que se basan las decisiones de las autoridades competentes.

Los Estados Miembros del OIEA piden cada vez más ayuda al Organismo en sus esfuerzos por lograr la participación de los interesados directos. El OIEA responde a esas peticiones organizando cursos de capacitación y elaborando directrices para comunicar conocimientos técnicos y experiencia, y examinando las estrategias nacionales de comunicación. En todas esas actividades el OIEA alienta vivamente a los Estados Miembros a hacer participar a los interesados a lo largo de todo el ciclo vital del programa de energía nucleoelectrica. Aunque cada país tiene grupos específicos de interesados con necesidades y preocupaciones propias, algunos principios se aplican con carácter general.

“Apertura y transparencia, y entendimiento de que el objeto de la participación de los interesados no es siempre conseguir la aceptación total del público”, explica Pagannone. “El objetivo consiste más bien en ayudar a la gente a entender los fundamentos en que se basan las decisiones de las autoridades competentes.”

El OIEA aboga también porque los países inicien el diálogo con los interesados. Además, el OIEA propone que los países entablen el diálogo con estos en cuanto se empiece a considerar un programa de energía nucleoelectrica, demostrando responsabilidad y generando confianza, así como llegando a las generaciones más jóvenes.

La complejidad de la tecnología nuclear ha llevado a veces a los expertos a subestimar la importancia de

la comunicación. “A menudo hemos oído decir a los expertos ‘sabemos lo que es mejor para ustedes. Confíen en nosotros,’” explica Pagannone. “En la actualidad los medios de comunicación están siempre presentes, la información se encuentra fácilmente disponible y la credibilidad no se basa únicamente en la competencia, sino también en la capacidad de explicar por qué se ha tomado una decisión.”

Compartir información compleja de modo que pueda ser entendida por el público en general es solo parte del proceso. La industria nuclear y las autoridades tienen que escuchar las inquietudes de los interesados. “Escucharlos y mostrar empatía con sus preocupaciones es importante. Y entonces, siempre que sea posible, hay que atender esas preocupaciones,” dice Pagannone.

Todas las organizaciones implicadas tienen que comunicar con claridad la función que cumplen en el programa de energía nucleoelectrica y cuál es el papel de los interesados en el proceso. “Es muy importante aclarar enseguida cuáles son las expectativas de los interesados, de modo que sepan qué tipo de influencia pueden tener en el programa,” señala Pagannone.

Para iniciar el proceso hay que determinar quiénes son los interesados, sin olvidar a los grupos que tienen preocupaciones críticas por la energía nuclear. “La participación de los interesados significa apertura también al otro bando, al desafío”, dice Pagannone. “La aceptación de ese desafío permite poder respetar otras opiniones.”

FORMAR AL FUTURO PERSONAL DEL SECTOR NUCLEAR

El punto de partida son los niños. Este es el mensaje que Brian Molloy, experto en recursos humanos de la Sección de Ingeniería Nucleoeléctrica del OIEA, quiere transmitir a los países que consideren la posibilidad de implantar o ampliar un programa nucleoeléctrico. Las actividades curriculares y extracurriculares sobre matemáticas y ciencias en las escuelas primarias y secundarias revisten una importancia crucial para la futura contratación en las centrales nucleares, dice el experto: "Hay que despertar el interés de los niños en las ciencias, la física y la ingeniería. La enseñanza debe ser suficientemente sólida para que aprendan, pero también debe suscitar su interés."

La contratación de los ingenieros de alto nivel necesarios para la explotación de centrales nucleares es un desafío cada vez mayor, incluso para los programas nucleoeléctricos existentes, debido a las numerosas jubilaciones y al aumento de la demanda mundial. No obstante, los ingenieros, a pesar de ser esenciales, son tan solo un componente de la dotación de personal de cualquier central nuclear. De hecho, la mayor parte de los empleados de las centrales nucleares no son graduados universitarios, sino técnicos, electricistas, soldadores, mecánicos, montadores y personal capacitado en oficios similares. Molloy sostiene que es preciso centrarse en esta parte de la dotación de personal. "Se trata de situar el foco de atención de forma equilibrada entre el personal con formación académica y el personal con formación profesional especializada", dice el experto, y agrega que los países que consideran la posibilidad de implantar programas nucleoeléctricos al principio suelen centrarse indebidamente en los ingenieros nucleares.

Para planificar la dotación personal del futuro hay que comenzar diez años antes de que deba contratarse al personal capacitado. La educación y la capacitación comienzan en una edad escolar temprana cuando los programas de enseñanza incluyen una sólida base en ciencias y matemáticas. "Es preciso estudiar varios años ciencias y matemáticas, y recibir capacitación, para acumular un nivel de conocimientos en la sociedad mediante el sistema educativo y actividades de difusión", dice Molloy. Entre otros elementos clave de la gestión de los recursos humanos en el ámbito nuclear cabe citar la formación continua y la planificación de la sucesión para asegurar que se prevea el relevo y pueda sustituirse el personal capacitado en una renovación fluida. El OIEA ofrece a sus Estados Miembros un amplio apoyo en la gestión de recursos humanos mediante talleres, reuniones técnicas, evaluaciones y asesoramiento profesional.

Las publicaciones del OIEA, por ejemplo, *Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power*, *Managing Human Resources in the Field of Nuclear Energy* y *Workforce Planning for New Nuclear Power Programmes* ofrecen directrices. Los exámenes



El OIEA ofrece a sus Estados Miembros un amplio apoyo en la gestión de recursos humanos mediante talleres, reuniones técnicas, evaluaciones y asesoramiento profesional.

(Fotografía: OIEA)

integrados de la infraestructura nuclear del OIEA destacan el desarrollo de los recursos humanos como una de las 19 cuestiones relacionadas con la infraestructura. El OIEA cuenta con un Grupo de Trabajo Técnico sobre gestión de recursos humanos en la esfera de la energía nuclear para prestar asesoramiento y apoyo en todas las áreas relacionadas con esa cuestión. El OIEA también ha elaborado un plan de estudios básico para ingeniería nuclear que pueden utilizar las universidades.

Al adoptar el Plan de Acción del OIEA sobre seguridad nuclear, los Estados Miembros del OIEA subrayaron la importancia que reviste la gestión de los recursos humanos. En una de las 12 medidas del Plan de Acción se exhorta a los países que tienen programas nucleoeléctricos o han previsto implantarlos a reforzar programas de creación de capacidad para "garantizar de manera permanente la disponibilidad de los recursos humanos suficientes y competentes necesarios para asumir sus obligaciones en cuanto al uso seguro, responsable y sostenible de las tecnologías nucleares." En el Plan de Acción también se pide a la Secretaría del OIEA que preste asistencia a los Estados Miembros, previa petición.

Esa asistencia es muy solicitada por los países que se incorporan al ámbito nuclear, pero, según Molloy, la gestión de los recursos humanos es igualmente importante en los países que ya explotan centrales nucleares. Destacó como ejemplo la petición del Gobierno de Finlandia de que las compañías eléctricas examinaran la capacidad nuclear nacional como condición para autorizar una expansión, por considerar que el enfoque era útil. "Examinaron si tenían suficientes recursos humanos para la construcción y la explotación de las centrales a largo plazo", dice Molloy. "Es un modelo muy bueno".

SEGURIDAD NUCLEAR MEDIANTE LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL



El accidente nuclear de Fukushima Daiichi fue el peor que sufrió una instalación nuclear desde el accidente de Chernóbil en 1986. Generó una profunda ansiedad en el público y minó la confianza en la energía nucleoelectrónica. Tras ese accidente, ha sido indispensable fortalecer las normas de seguridad nuclear y la respuesta a emergencias a escala mundial. El OIEA está promoviendo la elaboración de un enfoque global, y el Plan de Acción

del OIEA sobre seguridad nuclear ofrece un marco general y actúa como importante fuerza impulsora para determinar las enseñanzas extraídas e introducir mejoras en materia de seguridad.

El fortalecimiento de la seguridad nuclear se aborda mediante varias medidas propuestas en el Plan de Acción, entre ellas, 12 medidas principales que se centran en la evaluación de la seguridad a la luz del accidente. Se han logrado importantes progresos en la evaluación de las vulnerabilidades en materia de seguridad de las centrales nucleares, el fortalecimiento de los servicios de examen por homólogos del OIEA, la mejora de las capacidades de preparación y respuesta en caso de emergencia, el fortalecimiento y mantenimiento de la creación de capacidad, así como la ampliación del alcance y la mejora de la comunicación y el intercambio de información con los Estados Miembros, las organizaciones internacionales y el público. También se han logrado progresos en el examen de las normas de seguridad del OIEA, que siguen siendo ampliamente aplicadas por los reguladores, los explotadores y la industria nuclear en general, y que prestan mayor atención a la prevención de accidentes, en particular los accidentes muy graves, y la preparación y respuesta en caso de emergencia.

Fortalecimiento del marco mundial de seguridad

Las normas de seguridad del OIEA reflejan un consenso internacional con respecto a lo que constituye un alto grado de seguridad para proteger a la población y el medio ambiente de la radiación ionizante. Para prestar asistencia a los Estados Miembros en la aplicación de esas normas y permitir que se intercambien valiosas experiencias e ideas, el OIEA ofrece diversos servicios de asesoramiento y misiones de examen por homólogos respecto del diseño, la selección de emplazamientos y la seguridad técnica, operacional, radiológica y en el transporte, así como la protección radiológica y la gestión segura de los desechos radiactivos.

Las normas de seguridad del OIEA son un conjunto de directrices, requisitos y normas armonizado y globalmente aceptado. Para mejorar continuamente

esas normas, recopilamos información de los Estados Miembros sobre su aplicación y luego la incorporamos en posteriores revisiones, lo que ayuda a asegurar que sigan atendiendo las necesidades de los Estados Miembros. El proceso utilizado para el examen y revisión de las normas de seguridad del OIEA tras el accidente nuclear de Fukushima Daiichi no es esencialmente muy diferente. Este es otro ejemplo de los reiterados esfuerzos que se realizan para lograr niveles cada vez más altos de seguridad.

Desde el accidente nuclear de Fukushima Daiichi, han mejorado los diseños de muchas de las centrales nucleares existentes, así como los diseños para nuevas centrales. Esto incluye medidas adicionales para mitigar la repercusión de secuencias de accidentes complejas que entrañan fallos múltiples, así como de accidentes muy graves. Se han remodelado muchas de las centrales nucleares existentes para dotarlas de sistemas y equipos complementarios que incorporan nuevas capacidades con el objetivo de ayudar a prevenir accidentes muy graves y mitigar sus consecuencias. Se han facilitado a todas las centrales nucleares existentes orientaciones sobre la mitigación de las consecuencias de accidentes graves ya que todos los “grupos de proveedores y propietarios”, que son grupos de interés integrados por el proveedor y los propietarios del diseño de reactor de ese determinado proveedor, han elaborado directrices de carácter general para la gestión de accidentes muy graves con objeto de utilizarlas como base para elaborar directrices de ese tipo específicas para cada central. El OIEA promueve decididamente la elaboración de directrices específicas para cada central mediante sus misiones de examen por homólogos. El diseño de las centrales nucleares nuevas incluye ahora de forma explícita la consideración de casos de accidentes muy graves y estrategias para su gestión.

Las normas, las guías y los códigos son esenciales para el funcionamiento en condiciones de seguridad de las instalaciones nucleares. Sin embargo, eso no basta. Es preciso proceder a su aplicación y deben complementarse con exámenes a cargo de expertos homólogos. El fortalecimiento y la ampliación del marco global de seguridad nuclear depende, por consiguiente, del firme compromiso, la plena cooperación, la participación con espíritu de colaboración y la plena integración de toda la comunidad nuclear respecto del apoyo a la constante labor que realiza el OIEA para las generaciones futuras.

Denis Flory, Director General Adjunto, Jefe del Departamento de Seguridad Nuclear Tecnológica y Física

LOGRO DE LA SOSTENIBILIDAD NUCLEAR MEDIANTE LA INNOVACIÓN

En 2000, los Estados Miembros del OIEA reconocieron la necesidad de realizar actividades de investigación y desarrollo concertadas y coordinadas encaminadas al fomento de innovaciones que permitan a la energía nuclear satisfacer las necesidades energéticas de manera sostenible en el siglo XXI. En respuesta a una resolución de la Conferencia General del OIEA, se estableció un grupo de reflexión y un foro de diálogo internacionales, lo que desembocó en la creación del Proyecto Internacional sobre ciclos del combustible y reactores nucleares innovadores (INPRO), que ayuda a los propietarios y los usuarios de la tecnología nuclear a coordinar los estudios, las investigaciones y otras actividades nacionales e internacionales necesarias para lograr innovaciones en materia de diseños de reactores y ciclos del combustible nucleares. Actualmente participan en este proyecto 38 países y la Comisión Europea. El grupo está conformado por países en desarrollo y desarrollados que representan más del 75 % de la población mundial y el 85 % de su producto interno bruto.

En el marco del INPRO se ejecutan proyectos en colaboración entre los Estados Miembros del OIEA, que analizan escenarios de desarrollo y examinan la manera como la energía nuclear puede contribuir a los objetivos de desarrollo sostenible de las Naciones Unidas en el siglo XXI. Los resultados de estos proyectos pueden ser aplicados por los Estados Miembros del OIEA en sus estrategias nacionales de energía nuclear y pueden propiciar el logro, mediante la cooperación internacional, de innovaciones beneficiosas en la esfera de la tecnología nuclear y su despliegue. Por ejemplo, en el marco del INPRO se estudia la parte final del ciclo del combustible, comprendido el reciclado del combustible gastado para aprovechar mejor los recursos y reducir las cargas relacionadas con la disposición final de desechos.

Los planificadores nacionales de energía nuclear y los expertos en el INPRO del OIEA también trabajan de manera conjunta en la realización de evaluaciones de los sistemas de energía nuclear que ayudan a los planificadores a tomar decisiones fundamentadas acerca de la sostenibilidad de sus planes de utilización estratégicos. En estas evaluaciones se utiliza la metodología INPRO, instrumento que fue elaborado en estrecha cooperación con expertos de los Estados Miembros con el objeto de determinar si las estrategias de sistemas de energía nuclear, comprendidas las opciones tecnológicas específicas, pueden satisfacer de manera sostenible las necesidades energéticas en los años venideros. Se tienen en cuenta varias esferas clave, como la economía competitiva de la energía, las infraestructuras jurídicas, institucionales e industriales nacionales, el impacto ambiental, la resistencia a la proliferación, la protección física y la seguridad inherente de los reactores y los ciclos del combustible nuclear.

En el marco del proyecto INPRO también se estudian las innovaciones actuales en la esfera de la tecnología de los reactores. Por ejemplo, se han elaborado y analizado estudios de casos con el fin de conocer mejor el

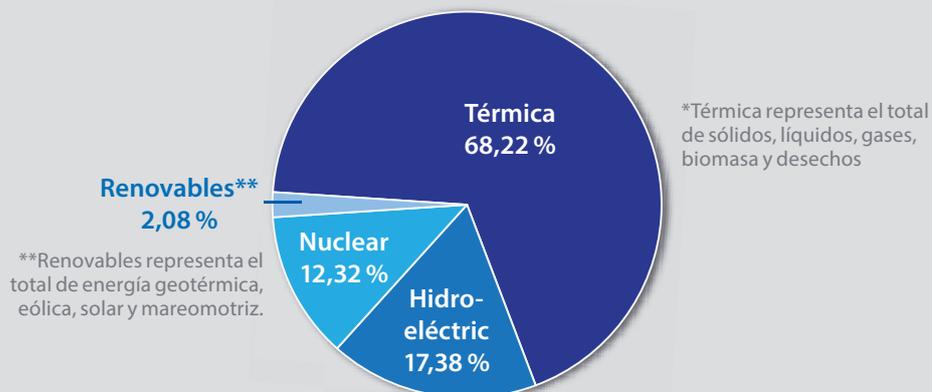
comportamiento de los elementos de seguridad pasiva en los reactores avanzados de agua pesada a presión de la India y los reactores de potencia avanzados (APR+) de la República de Corea. Los miembros del INPRO han investigado conjuntamente los desafíos tecnológicos relacionados con la refrigeración de los núcleos de los reactores que funcionan a altas temperaturas, de los reactores rápidos avanzados, los reactores de alta temperatura y los sistemas accionados por acelerador que utilizan metales líquidos y sales fundidas como refrigerantes. En un estudio realizado en el marco del INPRO también se trataron las cuestiones jurídicas e institucionales relacionadas con la implantación de las centrales nucleares transportables. Los resultados de los estudios del INPRO están destinados a ayudar a los creadores de tecnología a conocer las tecnologías innovadoras que podrían simplificar la implantación y utilización de las centrales nucleares de la próxima generación y las cuestiones de infraestructura conexas que deben abordarse.

Desde el accidente nuclear de Fukushima Daiichi, se está prestando más atención a la búsqueda de vías para impedir que ocurran accidentes muy graves y mitigar sus consecuencias, comprendida la emisión de material radiactivo al medio ambiente. En el marco de un nuevo estudio del INPRO se examinarán los requisitos de seguridad y las innovaciones técnicas e institucionales conexas que podrían ayudar a evitar que se produzcan emisiones radiactivas que requieran la reubicación o evacuación de personas de las inmediaciones de una central nuclear en caso de accidente. El INPRO y el Foro Internacional de la Generación IV (GIF) son los únicos grupos de cooperación multilateral internacional que prestan apoyo a las actividades de investigación y desarrollo de reactores nucleares de la próxima generación. El GIF coordina las actividades de investigación relacionadas con seis sistemas de energía nuclear de la próxima generación: reactores rápidos refrigerados por sodio, reactores rápidos refrigerados por plomo, reactores rápidos refrigerados por gas, reactores de sales fundidas, reactores refrigerados por agua supercrítica y reactores de muy alta temperatura. Los expertos del INPRO y del GIF cooperan e intercambian información entre sí sobre los proyectos de interés mutuo. El GIF presenta periódicamente información sobre el estado de desarrollo técnico de cada uno de los reactores que se desarrollan en los Estados Miembros participantes. El INPRO y el GIF colaboran principalmente en las esferas de la seguridad, la resistencia a la proliferación y la economía de los reactores nucleares innovadores.

En 2010 se estableció oficialmente en el marco del INPRO un Foro de Diálogo sobre sostenibilidad mundial de la energía nuclear. Desde entonces, todos los Estados Miembros del OIEA y grupos de interesados cualificados han sido invitados a participar en un amplio intercambio sobre temas de interés mutuo relacionados con las sostenibilidad nuclear en el siglo XXI.

ESTADÍSTICAS BÁSICAS

Contribución de cada tipo de combustible a la generación de electricidad en diciembre de 2011, en porcentaje



Source: IAEA

Número total de reactores a escala mundial, en marzo de 2013

País	En funcionamiento	Capacidad eléctrica neta total (MW)	En construcción
Alemania	9	12 068	
Argentina	2	935	1
Armenia	1	375	
Bélgica	7	5 927	
Brasil	2	1 884	1
Bulgaria	2	1 906	
Canadá	19	13 500	
China	18	13 860	28
Corea, República de	23	20 739	4
Emiratos Árabes Unidos			1
Eslovaquia	4	1 816	2
Eslovenia	1	688	
España	8	7 560	
Estados Unidos de América	103	100 680	3
Federación de Rusia	33	23 643	11
Finlandia	4	2 752	1
Francia	58	63 130	1
Hungría	4	1 889	
India	20	4 391	7
Irán, República Islámica del	1	915	
Japón	50	44 215	2
México	2	1 530	
Países Bajos	1	482	
Pakistán	3	725	2
Reino Unido	16	9 231	
República Checa	6	3 804	
Rumania	2	1 300	
Sudáfrica	2	1 860	
Suecia	10	9 395	
Suiza	5	3 278	
Ucrania	15	13 107	2
Total	437	372 613	68
	El total incluye 6 reactores en Taiwán (China).		El total incluye 2 reactores en Taiwán (China).

Fuente: OIEA

COLABORADORES

Yukiya Amano
Alexander Bychkov
Eleanor Cody
Elisabeth Dyck
Ayhan Evrensel
Denis Flory
Sasa Gorisek
Sasha Henriques
Iulia Iliut
Peter Kaiser
Lizette Kilian
Bruna Lecossois
Susanna Loeoef
Brian Molloy
Alan McDonald
Ruth Morgart
Richard Murphy
Brenda Pagannone
Peter Rickwood
Anne Starz
Ferenc Toth
Greg Webb



Nuclear Power in the 21st Century

ST. PETERSBURG • 27 – 29 JUNE 2013

Organized by the



IAEA

International Atomic Energy Agency

Hosted by the Government of the Russian Federation



through the
State Atomic Energy Corporation
“Rosatom”

In cooperation with the OECD/Nuclear Energy Agency

