



Mantenimiento y aumento del patrimonio
para las futuras generaciones.

Energía nucleoelectrónica y desarrollo sostenible

Un objetivo fundamental del desarrollo sostenible es mantener o incrementar el patrimonio en general (bienes naturales, bienes producidos por el trabajo humano y bienes humanos o sociales) de que disponen las futuras generaciones, y a la vez minimizar el consumo de recursos finitos y no sobrepasar la capacidad de resistencia de los ecosistemas. El desarrollo de la energía nucleoelectrónica amplía la base de recursos naturales utilizable para la producción de energía, aumenta el capital humano y el capital creado por el hombre y, cuando se utiliza en condiciones de seguridad, sus repercusiones en los ecosistemas son escasas.

Hoy día la energía nucleoelectrónica se utiliza principalmente en los países industrializados que poseen los recursos tecnológicos, institucionales y financieros necesarios. Muchos de los países industrializados que están en condiciones y dispuestos a utilizar la energía nucleoelectrónica también son grandes consumidores de energía. Para estos países resulta particularmente apropiado aplicar sus bienes de alta tecnología a efectos de dar uso productivo a los recursos de uranio y preservar así los recursos finitos para los otros países y las futuras generaciones. Su desarrollo de la energía nucleoelectrónica garantiza que las generaciones futuras, incluidas las de los actuales países en desarrollo, también tengan acceso a la opción nuclear.

La energía es indispensable para el desarrollo sostenible. El aumento cada vez mayor de la población y el crecimiento económico, así como las crecientes necesidades del mundo en desarrollo, elevarán la demanda de energía de manera significativa, aún teniendo en cuenta el incremento constante y acelerado de la eficiencia y la intensidad energéticas.

La demanda de electricidad crecerá aún con mayor rapidez, tomando como base la tendencias a largo plazo a abandonar el uso de los combustibles sólidos y líquidos. La electricidad sencillamente es menos contaminante, más flexible y más conveniente para los consumidores. En muchas aplicaciones – por ejemplo, en las tecnologías de la información – ésta resulta imprescindible.

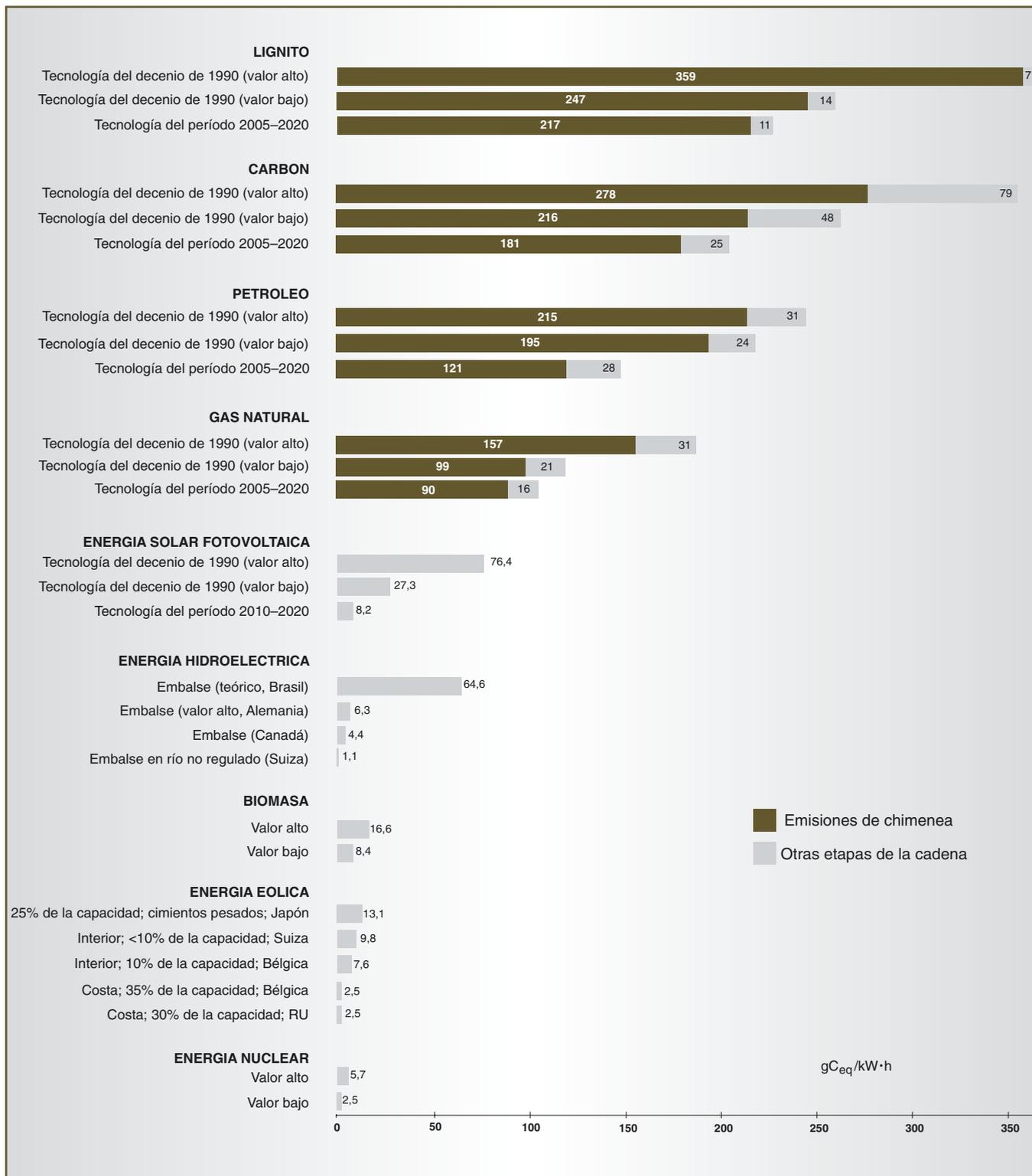
La energía nucleoelectrónica genera actualmente el 16% de la electricidad mundial. Prácticamente no produce dióxido de azufre, partículas, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos

volátiles o gases de efecto invernadero. La cadena completa de la energía nucleoelectrónica, desde la extracción de los recursos hasta la disposición final de los desechos, incluida la construcción del reactor y de la instalación, emite sólo 2 a 6 gramos de carbono equivalente por kilovatio-hora ($\text{gC}_{\text{eq}}/\text{kW h}$). Esto representa casi lo mismo que genera la energía eólica y solar, incluida la construcción y la fabricación de componentes. Las tres emiten dos órdenes de magnitud menos que el carbón, el petróleo y el gas natural (100 a 360 $\text{gC}_{\text{eq}}/\text{kW h}$).

En el plano mundial, la energía nucleoelectrónica evita en la actualidad unos 600 millones de toneladas de emisiones de carbono (MtC) anualmente, o sea, aproximadamente lo mismo que la energía hidroelectrónica. Los 600 MtC que evita la energía nucleoelectrónica equivalen al 8% de las emisiones mundiales anuales de gases de efecto invernadero que hoy se producen. En los países de la OCDE, desde hace 35 años, la mayor parte de las reducciones en la intensidad de carbono por unidad de energía entregada se ha logrado gracias a la energía nucleoelectrónica.

Las centrales nucleares que funcionan actualmente, para las cuales se han depreciado en gran medida las inversiones iniciales de capital, también suelen ser el medio más rentable para reducir las emisiones de carbono procedentes de la generación de electricidad. De hecho, en los Estados Unidos las centrales nucleares fueron en 2000 la forma más rentable de generar electricidad, independientemente de las emisiones de carbono evitadas. En otros países se reconocen cada vez más las ventajas de las actuales centrales nucleares. Se ha acrecentado el interés en la ampliación de la vida operacional de las centrales nucleares y ya se han otorgado licencias para ampliar la vida útil efectiva hasta 60 años.

La construcción de las centrales nucleares nuevas ha resultado más costosa que la de las centrales de combustibles fósiles, y sobre todo de las centrales alimentadas con gas. En los casos en que se dispone de carbón en las cercanías o existen las infraestructuras de gas natural necesarias, las nuevas centrales alimentadas con carbón o gas en general tienen costos de generación de electricidad inferiores que las nuevas centrales nucleares. En los mercados energéticos liberalizados que hacen hincapié en los plazos de amortización cortos, los altos costos de capital de las centrales nucleares y sus plazos de



Escala de las emisiones totales de gases de efecto invernadero producidos por las cadenas de generación de electricidad (Fuente: Spadaro, Joseph V., Lucille Langlois, y Bruce Hamilton, 2000: "Evaluación de la diferencia: Emisiones de gases de efecto invernadero producidos por las cadenas de generación de electricidad", Boletín del OIEA, Vol. 42, No. 2, Viena, Austria).

amortización prolongados son una importante desventaja en relación con las centrales alimentadas con combustibles fósiles, particularmente las alimentadas con gas. No obstante, los recientes aumentos de los precios del gas han reducido el margen en lo que atañe al gas natural.

Si los precios del gas continúan aumentando, la ventaja de los costos bajos y estables de los combustibles nucleares harán las centrales nucleares cada vez más competitivas. Por otra

parte, independientemente de las expectativas de los precios de los combustibles fósiles, se siguen construyendo y planificando nuevas centrales nucleares en varios países que tienen escasos recursos de combustibles fósiles (como el Japón, la República de Corea y varios países de Europa oriental); que deben transportar el combustible a largas distancias (por ejemplo, la India y China); que otorgan alta prioridad a la diversidad y seguridad del suministro de energía, al desarrollo de tecnología y a la reducción de emisiones (por ejemplo,

Finlandia); o que desean exportar en particular recursos de gas natural a cambio de un pago en efectivo (por ejemplo, la Federación de Rusia).

En el futuro cabe esperar que los progresos tecnológicos reduzcan los costos de las centrales nucleares junto con los de las fuentes de energía renovables y de las tecnologías de combustibles fósiles a medida que cada una compita con la otra. La mejor forma de garantizar la producción rentable de electricidad es continuar liberalizando los mercados de energía y electricidad. La liberalización bien concebida del mercado promueve la reducción de los costos y permite a los distintos mercados contar con las tecnologías más apropiadas: más energía solar y eólica en los lugares en que hay sol y viento, y una producción más centralizada a gran escala en los lugares en que las densidades energéticas son altas, como en las ciudades y megalópolis.

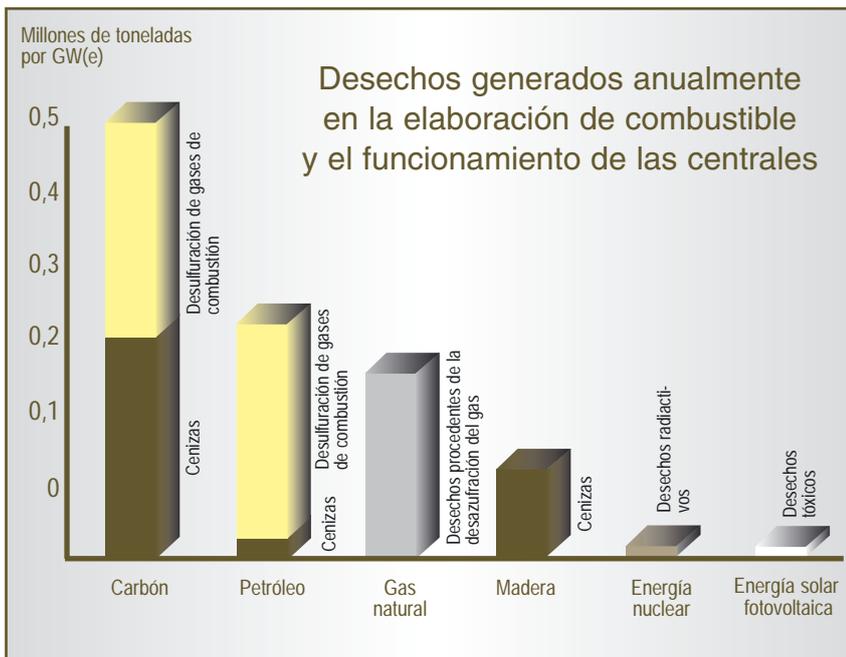
Los mercados de precios justos son el mejor medio de garantizar las reducciones de gases de efecto invernadero de manera rentable. Cuanto más pronto se establezca un mercado convincente, previsible e imparcial para efectuar reducciones de gases de efecto invernadero (sin predisposición a favor o en contra de la energía nucleoelectrica o de otra opción), mayores serán los incentivos para realizar inversiones a corto plazo y rentables en tales reducciones.

El desarrollo sostenible exigirá progresos constantes en pos de la internalización de todos los costos ambientales y del ciclo de vida útil asociados a la producción y el uso de la energía. La energía nucleoelectrica ya ha internalizado los costos en mayor medida que las tecnologías alternativas. Actualmente en la mayoría de los países los costos de la electricidad nuclear comprenden todos los costos relacionados con la seguridad de toda la cadena del combustible, los costos de la clausura de las centrales nucleares a la larga y los costos de la gestión de los desechos, incluida la disposición final de los desechos de actividad baja, intermedia y alta.

La minimización de los desechos es un principio fundamental del desarrollo sostenible. A diferencia de los desechos sólidos y tóxicos producidos por otras cadenas del combustible, los desechos sólidos producidos por las centrales nucleares son de volumen reducido y están bien confinados y estrictamente controlados.

En muchos países han recibido licencia y ya están funcionando repositorios de disposición final para desechos de actividad baja procedentes de centrales nucleares y aplicaciones médicas, de investigación y de otro tipo. Los desechos de actividad alta son una cuestión más controvertida. Aunque las comunidades científica y técnica en general coinciden en que actualmente los desechos de actividad alta pueden disponerse finalmente con seguridad en formaciones geológicas estables, también hay tiempo para elaborar soluciones ampliamente aceptables que garanticen la plena participación del público. Durante décadas, el combustible gastado de las centrales nucleares se ha venido almacenando de manera segura en reactores e instalaciones de almacenamiento provisional. Con algunas modificaciones moderadas, éstas pueden proporcionar el almacenamiento requerido para muchos años, de ser necesario, dando tiempo para elaborar minuciosamente soluciones a largo plazo de aceptación pública.

El proceso de selección del emplazamiento de una instalación de disposición final de desechos de actividad alta está más avanzado en Finlandia, Suecia y los Estados Unidos. En Finlandia, el Gobierno ha aprobado, y el Parlamento ha ratificado, una decisión "en principio" para la construcción de un repositorio de disposición final de combustible gastado en una caverna cercana a las centrales nucleares de Olkiluoto. Se necesitarán licencias de construcción y explotación por separado, expedidas por el Gobierno. La construcción comenzaría en 2011 y la explotación unos diez años más tarde. En Suecia se han seleccionado dos de seis comunidades posibles, que han dado su consentimiento, para investigaciones geológicas detalladas, que deben llevarse a cabo durante cinco o seis años. La empresa sueca de gestión de combustible y desechos nucleares, SKB, espera elaborar una propuesta para el emplazamiento de disposición final a más tardar en 2007. En los Estados Unidos, la planta piloto de aislamiento de desechos comenzó a recibir desechos transuránicos de uso militar para su disposición final permanente en 1999. En cuanto a los desechos procedentes de centrales nucleares, el Departamento de Energía de los Estados Unidos decidió en mayo de 2001 que el emplazamiento de disposición final que se propone construir en Yucca Mountain debe cumplir las nuevas normas radiológicas establecidas por el Organismo de Protección Ambiental. En febrero de 2002 la Casa Blanca aprobó llevar adelante el proyecto de Yucca Mountain. En mayo y julio las dos cámaras del Congreso votaron a favor.



En resumen, el historial de seguridad de la energía nucleoelectrica es insuperable, y el principio en que se basa es el del mejoramiento continuo. En respuesta a los dos principales accidentes de la industria, el de Three Mile Island en 1979 y el de Chernóbil en 1986, se han difundido ampliamente en toda la industria mejoras técnicas e institucionales de gran envergadura. La aceptación generalizada de los actuales niveles de seguridad de los reactores atestigua la aprobación que éstos han recibido en la práctica: en los Estados Unidos unas 100 centrales nucleares han venido suministrando aproximadamente el 20% de la electricidad desde el decenio de 1980; en Europa occidental aproximadamente 150 centrales nucleares suministran cerca del 30% de la electricidad; en Francia 59 centrales nucleares abastecen de electricidad al 77%.

Se requieren salvaguardias eficaces contra la proliferación de las armas nucleares y el terrorismo mientras las tecnologías nucleares generen, o puedan utilizarse para generar, materiales fisionables aptos para fabricar armas, independientemente de que los materiales se utilicen para centrales nucleares, y para aplicaciones médicas, agrícolas u otras aplicaciones con fines pacíficos. El Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares (TNP), prorrogado indefinidamente en 1995, es fundamental para el régimen internacional de no proliferación. Otros componentes del régimen son la Convención sobre la protección física de los materiales nucleares y las zonas libres de armas nucleares en diferentes partes del mundo. La creciente adhesión a los protocolos adicionales, basados en el TNP y en otros acuerdos de salvaguardias, fortalece aún más el régimen. Tales acuerdos son decisivos, sea cual fuere el futuro de la energía nucleoelectrica para usos civiles, y los esfuerzos por fortalecerlos promoverán la causa de la no proliferación mucho más que las restricciones que se impongan a la energía nucleoelectrica.

Las mejoras de los procedimientos operacionales, el apoyo técnico, la gestión estratégica, el suministro de combustible y la disposición final del combustible gastado, aspectos que motiva en parte la creciente liberalización de los mercados de electricidad, han reducido los costos, aumentado la seguridad y propiciado incrementos estables en los factores de disponibilidad de las centrales nucleares. El impacto acumulativo ha sido considerable: desde 1990 los factores de disponibilidad han aumentado en una cantidad equivalente a la acumulación de 33 GW(e) de potencia adicional, es decir, a la construcción de 33 nuevas centrales nucleares de 1000 MW(e) cada una.

Las mejoras evolutivas del comportamiento proseguirán en las centrales nucleares y el ciclo del combustible nuclear, al igual que en todas las tecnologías. Pero para la expansión a más largo plazo de la contribución de la energía nucleoelectrica a la satisfacción de las crecientes necesidades mundiales de energía, será importante desarrollar nuevos diseños innovadores y distintivos de centrales nucleares y ciclos del combustible que se caractericen por el logro de economías mucho mayores, el aprovechamiento de los recursos, la minimización de los desechos radiactivos, el fomento de los objetivos de la no proliferación (es decir, la garantía de que los materiales nucleares no puedan desviarse fácilmente a fines no pacíficos) y el aumento de la seguridad mediante procesos tecnológicos y barreras artificiales. Para acelerar la innovación, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) ha establecido un nuevo proyecto internacional sobre ciclos del combustible y reactores nucleares innovadores (INPRO). El INPRO

complementa y amplía otras iniciativas nacionales e internacionales relacionadas con los nuevos diseños innovadores destinados a promover la competitividad económica, la seguridad, la gestión de desechos y la resistencia a la proliferación.

Actualmente la energía nucleoelectrica resulta muy conveniente para la producción de electricidad, tanto como la energía hidroeléctrica, eólica y solar. Con todo, es probable que los progresos tecnológicos hagan posible la producción rentable a la larga de combustibles químicos, incluido el hidrógeno, a partir de todas estas fuentes. Así, éstos podrían ayudar a satisfacer las necesidades de energía para el transporte que ahora cubre en gran medida el petróleo. Las centrales nucleares, que tienen la ventaja comparativa de producir electricidad para la carga de base durante las 24 horas del día, estarían en condiciones idóneas para producir, mientras las ciudades duermen, el combustible de hidrógeno del transporte que las mantendría activas al siguiente día.

Por último, la energía nucleoelectrica también podría utilizarse ampliamente en el futuro para la desalación del agua de mar, ayudando de este modo a hacer frente a otro desafío apremiante del desarrollo sostenible: la provisión de suministros abundantes, seguros e inocuos de agua dulce potable para una creciente población mundial.

La elección de las tecnologías para promover el desarrollo sostenible en un país determinado es una decisión soberana, y cada uno de los países necesitará una mezcla de tecnologías adecuada para su situación y necesidades. Dadas las ventajas que ofrece la energía nucleoelectrica en la tarea de contribuir a los objetivos del desarrollo sostenible, ésta debería formar parte importante de la mezcla de muchos países. El aspecto fundamental de la definición que se da del desarrollo sostenible en el Informe Brundtland es la importancia de ampliar las posibilidades y mantener abiertas las opciones, y no privar de éstas a las futuras generaciones. A tono con el principio recogido en el Programa 21 sobre las responsabilidades comunes entre los países, aquellos países que puedan y estén dispuestos a hacerlo, tienen un importante papel que desempeñar para mantener abierta la opción nuclear, ampliar la base de recursos, reducir las emisiones nocivas, incrementar los suministros de electricidad y engrosar el capital tecnológico y humano del mundo.

Se puede obtener información más exhaustiva en el sitio web WorldAtom del Organismo:

<http://www.iaea.org/worldatom/Programmes/Energy/pess/pessindex.shtml>

Para mayor información, dirigirse a:

Sr. Alan McDonald
Sección de Estudios Económicos y Planificación
Departamento de Energía Nuclear
Organismo Internacional de Energía Atómica
Wagramer Strasse 5, P.O. Box 100
A-1400 Viena (Austria)
Tel.: +43-1-2600-22650
Fax: +43-1-2600-29598
Correo electrónico: A.McDonald@iaea.org

Colección de Información del
Organismo Internacional de Energía Atómica
División de Información Pública
02-01577 / FS Series 3/01/S/Rev.1