

COMPETITIVIDAD ECONOMICA DE LA ENERGIA NUCLEOELECTRICA HACER DIANA EN BLANCOS MOVILES

POR HANS-HOLGER ROGNER Y LUCILLE LANGLOIS



La mayoría de los mercados mundiales de electricidad están tratando de aumentar su competitividad, impulsados en parte por la tecnología, los bajos precios del combustible y la experiencia de que los mercados competitivos son más rentables. En algunos mercados de los países miembros de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), la energía eléctrica se está vendiendo a 0,02 dólares de los Estados Unidos el kilovatio-hora (kWh) aproximadamente. ¿Puede la generación de energía nucleoelectrónica igualar esos precios? De no ser así, ¿puede lograrse que los iguale?

Actualmente, el negocio de las empresas eléctricas consiste en vender un producto (kWh) y servicios comerciales y no un bien estratégico. El exceso de capacidad, el lento crecimiento de la demanda y la reducción de los precios de los productos en los principales países industrializados han obligado a los generadores y los suministradores de energía a preocuparse más por los costos de sus operaciones y la rentabilidad de sus inversiones. Para sobrevivir y prosperar, esas empresas necesitan cada vez más de

un enfoque comercial orientado a la ganancia. Es más, necesitarán reducir sustancialmente los costos en los próximos años. La industria nucleoelectrónica no es la excepción.

¿Qué lugar ocupa la energía nucleoelectrónica en este entorno? La Sección de Estudios Económicos y Planificación del OIEA está realizando una serie de estudios precisamente sobre estas cuestiones, divididas en problemas que afectarán el futuro de la energía nucleoelectrónica a corto, medio y largo plazos, las cuales coinciden aproximadamente con cuestiones que afectan a las centrales existentes, las que son objeto de mejoras y prolongación de su vida útil o las nuevas. En general, los estudios demuestran que la energía nucleoelectrónica tiene posibilidades de ser competitiva en los tres mercados. Con todo, para lograrlo se requerirán cambios significativos por parte de la industria y sus órganos reguladores.

Este artículo se centra en la situación actual de los mercados de muchos países industrializados. Hay también varias lecciones que son aplicables a los países en desarrollo, particularmente en los casos en que se espera que la

financiación de los proyectos de energía eléctrica proceda de los mercados internacionales de capital. La situación general de los países en desarrollo es muy distinta ya que, por lo general, su capacidad de generación de electricidad sigue siendo escasa, y los ingresos necesarios para sufragar los gastos de generación y financiación plantean problemas fundamentales para la expansión futura de la capacidad. Como resultado, los precios competitivos tienen que reflejar no sólo los gastos de explotación, sino también los costos marginales a largo plazo.

CENTRALES NUCLEARES EN EXPLORACION

En el caso de las centrales nucleares que están en explotación y se acercan a la depreciación total, para lograr rentabilidad, los ingresos de la central sólo tienen que cubrir los gastos de explotación marginales. Por consiguiente, muchas centrales nucleares bien dirigidas gozan ahora de una ventaja en cuanto a los costos. Según informes, en los Estados Unidos, por ejemplo, más de las dos terceras partes de las unidades nucleares están produciendo energía por menos del

El Sr. Rogner es Jefe de la Sección de Estudios Económicos y Planificación del Departamento de Energía Nucleoelectrónica del OIEA, y la Sra. Langlois es funcionaria de la Sección. Pueden solicitarse a los autores todas las referencias utilizadas para el artículo.

Foto: Las centrales nucleares generan una sexta parte de la electricidad del mundo.

promedio nacional, que es de unos 0,02 dólares el kWh.

Ahora bien, a medida que el costo medio de toda la generación disminuya, los explotadores de las centrales nucleares tendrán menos ventajas en materia de costos. Puesto que los márgenes de la corriente de efectivo neta convergen en condiciones de competencia, los explotadores nucleares tendrán que reducir los costos por unidad y aumentar aún más estos márgenes para poder sobrevivir.

La diferencia entre el éxito y el fracaso depende de diversos factores, que incluyen decisiones inteligentes acerca de la financiación y elección de la tecnología, y estimaciones acertadas del crecimiento de la demanda, junto con una buena gestión de la central que permita controlar los costos y mejorar la eficiencia. Así y todo, en última instancia, la variable más importante para la viabilidad económica es el costo marginal por kWh de generación, en comparación con el precio de mercado y el costo marginal de la generación rival.

Un generador de energía nucleoelectrica debe poder reducir los costos por unidad, especialmente los de explotación y mantenimiento, sin comprometer la seguridad, y lograr elevados niveles de disponibilidad de la central. La gestión deberá ser rigurosa en ambas esferas. En el último decenio, la mayoría de las centrales nucleares competitivas lograron ya mejoras significativas e incluso espectaculares en cuanto a disponibilidad, y reducciones igualmente significativas, o espectaculares, de los costos de explotación y mantenimiento. Los costos de explotación han descendido hasta en un 40%.

Los costos del cumplimiento de las reglamentaciones de seguridad han influido mucho en los costos de producción de energía nucleoelectrica. Al comenzar la liberalización del mercado de la electricidad, surgieron preocupaciones acerca de que la

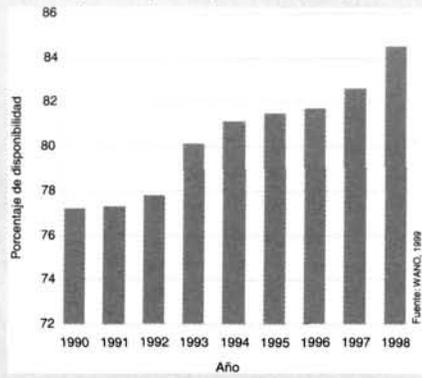
presión de la competitividad podría afectar negativamente la seguridad operacional. La experiencia ha demostrado que no ocurre necesariamente así. Estudios realizados en el Reino Unido y los Estados Unidos muestran una fuerte correlación entre las centrales nucleares comerciales de más éxito y las más seguras. En esos casos, no se ha comprometido la seguridad, sino que se ha hecho parte integrante de los requisitos comerciales de la central.

En realidad, la seguridad operacional nuclear tiene un fuerte elemento comercial: en los mercados privatizados para los directores es un incentivo enorme proteger los bienes productivos de sus accionistas. Reducir gastos en cuestiones relacionadas con la seguridad es costoso en términos comerciales, ya que los órganos reguladores de la seguridad nuclear obligarían a cerrar la central (por ejemplo, en 1997, en Ontario), con lo que se incurre en gastos sin obtener ingresos. Por otra parte, las centrales con una corriente de efectivo insuficiente no pueden financiar el mantenimiento, las reparaciones ni las mejoras necesarias, por muy relacionadas que estén con la seguridad. Los propietarios de las centrales no rentables las cierran, por seguras que sean.

CENTRALES NO TERMINADAS Y PROLONGACIONES DE LA VIDA UTIL

El envejecimiento del parque mundial de centrales nucleares y la posibilidad de prolongarles la vida útil son cuestiones de considerable interés. La terminación de centrales nucleares inconclusas o la prolongación de la vida de las que funcionan satisfactoriamente, puede ser una solución económicamente atractiva y práctica en comparación con la construcción de centrales

COMPORTAMIENTO DE LAS CENTRALES NUCLEARES EN EL DECENIO DE 1990
(porcentaje de disponibilidad media)



nuevas o la clausura de las viejas. No obstante, la decisión debe ponderarse objetivamente.

La decisión de completar un proyecto, renovar una licencia o prolongar la vida de una central nuclear en explotación depende de si el proyecto es o no beneficioso desde el punto de vista financiero. Esta evaluación financiera, en su forma más sencilla, es una comparación de sólo tres elementos: el valor neto actualizado de los costos de terminación comparado con el valor neto actualizado de la corriente de futuros ingresos que se prevé obtener cuando el proyecto esté completado (los ingresos de generación menos los costos, descontados de acuerdo con la estrategia empresarial), comparado con los costos del cierre de la central o de la detención de su construcción. Una vez computadas y comparadas esas cifras, la base para la decisión es más clara, aun en el caso de proyectos financiados por un gobierno o cuando la decisión que debe tomarse es "defensiva", o sea, escoger la opción con la que se pierda menos dinero.

Terminación de un proyecto. Es fácil suponer que la situación de un proyecto sea la base de la que se parta para decidir su terminación. Una central al 90% de su terminación se considera, por tanto, mejor candidata para la conclusión que otra que esté al 60%. Empero, pudiera haber poca correlación entre las estimaciones técnicas de la

terminación y los costos restantes, y estos últimos son los fundamentales para las decisiones futuras en materia de inversión. Una central terminada en el 90% no necesariamente tiene sólo el 10% de sus costos por pagar. Los costos de inversión restantes pudieran ser menores, y con sobrada frecuencia son mucho mayores, e incluso pueden exceder los ingresos previstos de la central terminada.

Cabe señalar que la paralización de un proyecto de construcción puede ser costosa, ya que en la mayoría de los contratos de construcción se prevén costos de cancelación o multas en caso de que se suspenda el proyecto. Completar el proyecto con pérdidas pudiera ser más barato que darlo por terminado. La situación es análoga cuando, sobre la base del valor neto actualizado, debe decidirse si una central nuclear en explotación ha de ser parada. La parada de una central acarrea muchos gastos y tal vez a la empresa le convenga más explotarla, aunque tenga pérdidas.

Prolongación de la vida útil. Este recurso entraña una posibilidad real de continuar utilizando la central nuclear de manera rentable a corto y medio plazos. La prolongación de la vida útil tiene varias ventajas importantes sobre la construcción de centrales nuevas.

En primer lugar, los costos de inversión para la prolongación de la vida útil no son insignificantes, pero sí inferiores a los que requiere una central nueva (nuclear o de otro tipo) y quizás sean sólo una fracción de ellos, en parte porque no se incurre en gastos como los de las obras civiles, la adquisición de tierras y la preparación del emplazamiento. Otra ventaja es que los costos de explotación ya son bajos, pues de lo contrario no se consideraría la posibilidad de prolongar la vida de la central. También debe satisfacerse plenamente el fondo de clausura de la central, lo que reduce aún más los costos de explotación. Por otra parte, las centrales a las que se

prevé prolongar la vida útil suelen tener pocas deudas, que se han amortizado en su mayor parte al momento de la renovación, y llevan asociada una corriente de ingresos con los que se reembolsan las obligaciones financieras contraídas en relación con la prolongación de la vida útil. Si los cálculos económicos son fiables, la financiación no debería representar un problema.

Una licencia para la prolongación de la vida útil también podría derivar en el aumento de la potencia y, por consiguiente, la adición efectiva de nueva capacidad. En muchas centrales se ha logrado aumentar la potencia en 10% y más. Esto es atractivo porque reduce los costos de generación.

La prolongación de la vida útil de las centrales nucleares también puede ser atractiva por motivos ambientales. Esto sucede cuando, en cumplimiento de las normas relativas a la contaminación atmosférica o de los compromisos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero no es aconsejable aumentar la generación en centrales alimentadas con combustibles fósiles.

Antes de decidir cualquier inversión deben tomarse todas las medidas posibles para reducir los costos de terminación previstos. De lo contrario se podría desvirtuar la decisión de inversión, se dificultaría más la financiación, y podría ser imposible comercializar la energía generada. Particularmente en los proyectos de terminación, en los que la experiencia previa con el control de los costos y la gestión de los riesgos probablemente no haya sido buena, los inversores deben tener garantías de un rendimiento con intereses, que podría entrañar el liberar al proyecto de deudas anteriores. Los contratos deben contener incentivos para evitar las demoras en la construcción, y la gestión de los costos de los materiales debe incluir el control de los inventarios, adquisiciones competitivas,

equilibrio entre los materiales importados y locales, y la garantía de que se utilicen los productos adecuados y más asequibles.

Mejoras en materia de seguridad. El mejoramiento de una central por motivos de seguridad podría ser esencial para continuar la explotación, ya sea con el fin de proteger los bienes o de proteger la licencia. Si el aumento de la seguridad no incrementa el producto ni los ingresos, tal vez los propietarios se vean obligados a hacer inversiones que no pueden esperar amortizar. Si el mejoramiento es indispensable para seguir contando con la aprobación regulatoria, hay que sopesar esas inversiones teniendo en cuenta los ingresos esperados y los costos de cierre de la central. Un análisis financiero del valor neto actualizado revelaría los beneficios económicos relativos de esas opciones.

CENTRALES NUCLEARES NUEVAS

La construcción de centrales nucleares nuevas puede costar de dos a cuatro veces más que la de centrales alimentadas con combustibles fósiles. Esto excluye el costo de los riesgos que influyen en la clasificación crediticia de un proyecto, como la no terminación, las fluctuaciones de los tipos de cambio o los sobrecostos. Con arreglo a las normas de inversión de la OCDE, ya se añade una prima de riesgo del 1% a las tasas de préstamos en todos los créditos de exportación de la OCDE que se relacionan con centrales nucleares. ¿Es posible reducir o prevenir suficientemente esos riesgos y costos de manera que la energía nucleoelectrónica pueda competir en los mercados de capital destinado a la financiación de nuevas centrales nucleares?

El éxito comercial es un blanco que se ha venido moviendo rápidamente con la caída de los costos de generación. En 1995, se consideraba que 0,043 dólares el kWh era el objetivo que debía alcanzar una central nuclear nueva

GASTOS DE CAPITAL Y TIEMPOS DE CONSTRUCCIÓN DE LAS DIFERENTES OPCIONES DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

	Costo por kW _e instalado En \$ EE.UU.	Costo total para 1000-MW de capacidad En miles de millones de \$ EE.UU.	Período de construcción Años	Tamaño típico de la central MW	Costos típicos de las centrales listas para funcionar En miles de millones de \$ EE.UU.
Nuclear con LWR	2100 - 3100	2,1 - 3,1	6 - 8	600 - 1750	1,5 - 4,2
Mejores prácticas nucleares	1700 - 2100	1,7 - 2,1	4 - 6	800 - 1000	1,3 - 2,1
Carbón, pulverizado con ESP	1000 - 1300	1,0 - 1,3	3 - 5	400 - 1000	0,5 - 1,3
Carbón con FGD, ESP y SCR	1300 - 2500	1,3 - 2,5	4 - 5	400 - 1000	0,6 - 2,5
Gas natural con CCGT	450 - 900	0,45 - 0,9	1,5 - 3	250 - 750	0,2 - 0,6
Eólica	900 - 1900	0,9 - 1,9	0,4	20 - 100	0,03 - 0,12

Notas: Todos los costos incluyen intereses durante la construcción. Los costos por kW_e instalado están calculados a una tasa de descuento del 10%.

LWR= Reactor refrigerado con agua ligera; ESP= Precipitador electrostático; FGD= Desulfuración de los gases de combustión;

SCR= Reducción selectiva catalítica; CCGT= Turbina de gas de ciclo combinado.

Fuente: OCDE, 1998.

para ser competitiva en los Estados Unidos. En 1998, los costos estimados tenían que ser inferiores a 0,03 dólares el kWh, si no había intervención del gobierno, para que la central fuera potencialmente rentable. El promedio ha bajado a 0,02 dólares en el año 2000, y, de no producirse incrementos sustanciales de la demanda de electricidad (necesidades de nueva capacidad) o aumentos de los precios de los combustibles fósiles, podría bajar más. Este descenso de los costos de generación no fue sólo resultado de la competencia, sino también de los bajos precios del combustible y de significativas mejoras del rendimiento térmico en las centrales alimentadas con carbón y con gas. El rendimiento térmico de las centrales de gas ha aumentado en mucho más del 50%.

Un estudio de los costos proyectados para la generación de electricidad (OCDE, 1998) muestra que los gastos de capital instalados de centrales nucleares nuevas en todo el mundo oscilan entre 1400 dólares y 2800 dólares el kW_e (a una tasa de descuento del 5%) y entre 1700 dólares y 3100 dólares el kW_e (a una tasa de descuento del 10%) incluidos los intereses durante la construcción. De acuerdo con estas comparaciones de costos, la energía nucleoelectrica es la opción menos costosa en seis países a una tasa de

descuento del 5%, y en dos países con un descuento del 10%.

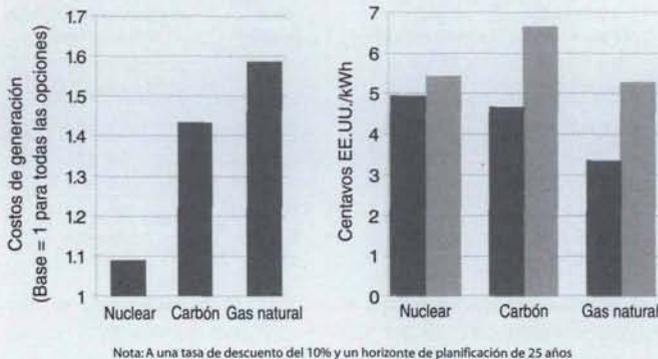
Las estructuras de costo de estas diferentes opciones de generación difieren en cuanto a sensibilidad. Debido a los elevados gastos de capital y los largos plazos de entrega, los costos de las centrales nucleares son muy sensibles a los tipos de interés. Los gastos de capital de las centrales de carbón varían mucho de acuerdo con el grado de disminución de la contaminación que se requiera. Los costos de la generación con gas son sumamente sensibles a los precios del gas, que constituyen una proporción relativamente alta de los costos totales. (*Véanse los gráficos.*) Si se considera una posible duplicación de los precios del combustible en el caso de la energía nucleoelectrica, los costos aumentan en menos del 10%, mientras que para la generación con gas natural experimentan un alza de casi 60%. La inclusión de la energía nucleoelectrica en la mezcla de generación de energía es una protección contra los precios del combustible y la inestabilidad de los tipos de cambio.

¿En las cambiantes circunstancias del mercado, se construirán centrales nucleares nuevas? La energía nucleoelectrica podría resultar demasiado cara y quedar excluida de futuros mercados a menos que la industria adopte medidas drásticas para reducir los

gastos de capital y los riesgos financieros de las nuevas centrales nucleares. La energía nucleoelectrica sí tiene claras ventajas, a saber, bajo costo del combustible, seguridad de los suministros, efectos ambientales mínimos, bajos costos externos y un significativo potencial de mitigación de los gases de efecto invernadero en el contexto del Protocolo de Kyoto. En los casos en que todavía los gobiernos escogen la tecnología, podrían decidirse por la nuclear debido a estas ventajas, pero sólo si no quedan anuladas a causa de los elevados gastos de capital y de generación y sus altos riesgos conexos.

Gastos de capital y riesgos. Las centrales nucleares nuevas a veces se clasifican en centrales de diseño evolutivo y de diseño revolucionario. El primero entraña modificaciones de los diseños existentes para mejorar la seguridad y los aspectos económicos. En esencia, las mejoras del diseño evolutivo son resultado del aprendizaje práctico sobre la base de experiencias anteriores. Así y todo, los diseños evolutivos tienen que probar que las modificaciones hechas darán por resultado reactores comercialmente competitivos (por ejemplo, el diseño podría perder atractivo si la reducción de gastos de capital específicos se debe al aumento del tamaño de la central y, por ende, a costos totales de

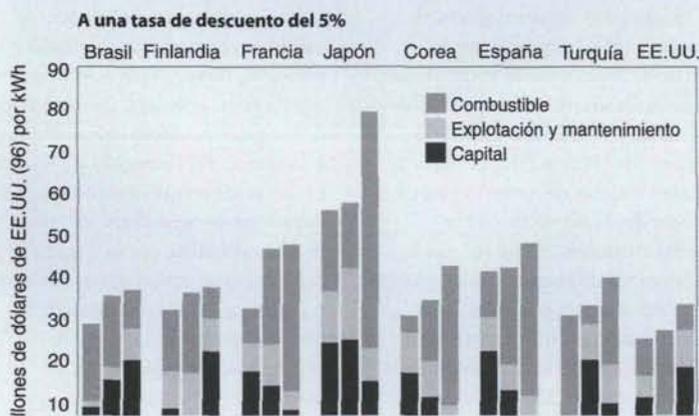
EFFECTO DE LA DUPLICACION DE LOS PRECIOS DEL COMBUSTIBLE SOBRE LOS COSTOS DE GENERACION



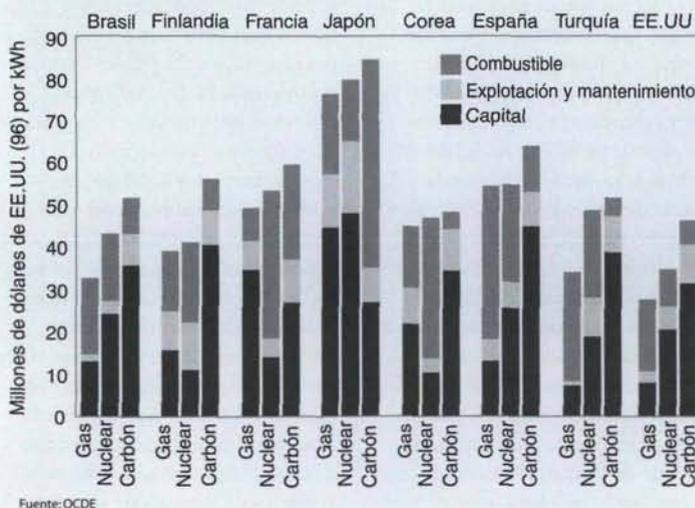
COSTOS DE LA GENERACION DE ELECTRICIDAD EN PAISES SELECCIONADOS

A una tasa de descuento del 5%

COSTOS DE LA GENERACION DE ELECTRICIDAD EN PAISES SELECCIONADOS



A una tasa de descuento del 10%



Fuente: OCDE

inversión más elevados que bien podrían exceder de los umbrales de riesgo de los accionistas).

Los diseños revolucionarios —es decir, diseños radicalmente nuevos que no tienen antecedentes comerciales— quizá ofrezcan más posibilidades para conseguir adelantos competitivos, sobre todo porque se pueden hacer para condiciones particulares del mercado. Además, también suelen ofrecer características de seguridad notablemente mejoradas.

Ahora bien, con excepción del desarrollo del reactor modular de lecho de bolas refrigerado por gas (PBMR) de Sudáfrica, y del reactor avanzado refrigerado con agua ligera (ALWR) de los Estados Unidos, en ningún diseño de reactor avanzado se ha definido como objetivo fundamental un reactor competitivo comercialmente que iguale y mejore los precios reinantes en el mercado, con mayor eficiencia, rentabilidad y rendimiento.

El desarrollo de la mayoría de los demás diseños de reactores avanzados, impulsado por el accidente de Three Mile Island en 1979, se concentra en mejorar la seguridad, aunque con una prima de costo. En el caso del reactor Sizewell-B del Reino Unido, uno de los más caros construidos hasta la fecha, se ha estimado que hasta el 20% del costo de inversión es atribuible a la seguridad "mejorada" de un reactor "mejorado".

Los elevados costos de inversión son la mayor barrera para la financiación y construcción de nuevas centrales nucleares, y se estima que representan alrededor del 70% del costo total de generación. Conforme a las estimaciones actuales habría que reducir esos costos en 35% aproximadamente para que las centrales nucleares nuevas pudiesen competir con las centrales nuevas de carbón y de gas. Para lograr esos ahorros en los costos se requerirían algunas estrategias, entre ellas, reducir el costo del cumplimiento de los reglamentos de seguridad, y reducir las incertidumbres en

materia de reglamentación que están asociadas a las obligaciones posteriores a la explotación.

Las incertidumbres, los riesgos y las obligaciones son económicamente significativos porque acarrear un costo, a veces elevado, que se puede reducir o controlar. Es preciso estimarlos y tenerlos todos en cuenta, y son tan importantes para los inversores como el costo estimado de la generación. Por consiguiente, reducir las incertidumbres financieras será tan importante como reducir los costos nominales.

Las centrales nucleares nuevas presentan elevados riesgos financieros que no necesariamente son exclusivos de la energía nucleoelectrica y que incluyen los riesgos de la terminación, los relacionados con la regulación y la política, y los riesgos comerciales asociados a los cambios del mercado. Los inversores necesitarán obtener un elevado rendimiento sobre las inversiones para compensarlos. La gran incógnita respecto de la energía nucleoelectrica es si los precios del mercado les permitirán sufragar esas primas y aún así obtener ganancias.

Seguridad eficaz en función de los costos. En el diseño de centrales nucleares nuevas se insiste fundamentalmente en el aumento de la seguridad, y sus costos serán un factor significativo en toda decisión de invertir o no en la energía nucleoelectrica. Por consiguiente, mejorar la eficacia en función de los costos de esas inversiones relacionadas con la seguridad puede contribuir a la financiación de centrales nuevas. Aunque no se puede determinar con precisión qué parte de los costos totales corresponde a los costos de seguridad de las centrales nucleares nuevas, ésta es significativa; algunas estimaciones oscilan entre el 40% y el 60%.

Se están estudiando algunos enfoques para reducir los costos del mejoramiento de la seguridad en los nuevos diseños de reactores, muchos de los cuales incluyen

establecer una norma sin ninguna consecuencia significativa fuera del emplazamiento, incluso en los escenarios de los peores accidentes (en lugar de establecer requisitos y reglamentos de comportamiento para cada caso). Estos enfoques incluyen, entre otros:

- el uso de diseños de seguridad pasiva;
- la reducción del número de componentes y materiales sujetos a los requisitos de calidad de la "pureza nuclear", que en algunos componentes pueden añadir el 200% al costo de adquisición;
- el paso a reglamentos de seguridad bien fundados en cuanto a los riesgos; y
- la prescripción reglamentaria de los objetivos en lugar de los medios, lo que permite mayor flexibilidad en el cumplimiento.

En los últimos 20 años se han establecido algunos objetivos y requisitos de seguridad nuevos para las centrales nucleares, pero se ha prestado escasa atención a los costos y beneficios económicos, y a formas alternativas y quizás más rentables de lograr los objetivos de seguridad deseados. Este enfoque se vio alentado por el hecho de que la mayoría de las centrales nucleares eran explotadas en mercados monopolistas en que los costos podían compensarse con tarifas, de modo que no constitúan una preocupación fundamental. Pero los tiempos y los mercados han cambiado, y los criterios de regulación también deben cambiar a fin de poder hacer una definición más clara de la seguridad de una central y, al mismo tiempo, proporcionar flexibilidad para lograr este objetivo.

Los riesgos de seguridad asociados a las centrales nucleares actuales se han reducido ya a niveles muy bajos, mientras que los riesgos financieros asociados a la construcción de centrales nucleares nuevas son grandes y siguen aumentando. Los inversores examinarán a fondo las nuevas centrales y los nuevos diseños de centrales sobre la base de los análisis costo-beneficio y del valor

neto actualizado. Estos análisis se pueden utilizar para determinar las mejoras, cuyo costo más bajo podría ser aún muy elevado, que podría ser desproporcionado con respecto a los consiguientes beneficios en materia de seguridad o a los costos asociados a los riesgos que hay que reducir, y que podrían poner en peligro la viabilidad económica y financiera de la central. Para una empresa que vende energía en mercados cada vez más competitivos y conscientes de los costos, el costo neto de las medidas de seguridad --como todos los costos de generación-- es una preocupación crucial. También es importante a la hora de escoger las tecnologías nucleares frente a las no nucleares para la generación de electricidad.

Esta cuestión de la disminución de los rendimientos no es exclusiva de la seguridad nuclear, sino que de hecho rige la mayoría de las normas de protección ambiental y sanitaria. Por ejemplo, en la lucha contra la contaminación atmosférica, el costo de su eliminación entre el 90% y el 98% podría ser tolerable, pero el costo de eliminar el 2% restante es exorbitante en relación con los beneficios que se obtienen. Es preciso afirmar claramente que el nivel de gastos relacionados con la seguridad no da la medida del nivel de seguridad de una central. Lo que hay que lograr es reducir los costos de seguridad y, al propio tiempo, no comprometer la seguridad, sino mejorarla.

En este enfoque no se formulan juicios acerca de qué nivel de seguridad es apropiado, pero sí deben tomarse en consideración las consecuencias económicas, el análisis financiero de los requisitos de seguridad propuestos y un análisis de fondo de los costos y beneficios en la esfera de la seguridad.

Gestión de las obligaciones asociadas a la clausura y la disposición final de los desechos. El segundo impedimento más importante para la inversión en centrales nucleares nuevas es el de

las obligaciones posteriores a la explotación, a saber, los costos y riesgos asociados a la clausura y la disposición final de los desechos. En este caso, es preciso aplicar el análisis de las estimaciones de los costos técnicos y su financiación a la práctica de la gestión de las obligaciones.

Se cuenta con la técnica y la tecnología necesarias para ello. Los planes técnicos y las estimaciones de costos para la clausura y la disposición final de los desechos se han investigado minuciosamente y se actualizan periódicamente, sobre todo como base para velar por que se reserven suficientes fondos para sufragar el posible costo de estas operaciones. Además, las normas establecidas para esas actividades son buenas.

Con todo, las estimaciones actuales de los costos sin duda diferirán de los costos en que se incurrió en última instancia, ya que seguramente cambiarán las circunstancias en que se basó su predicción. Como ejemplo cabe mencionar la disponibilidad de instalaciones para la disposición final de desechos y las políticas que rigen su uso; el cierre prematuro de centrales; cambios en las normas de radiación permisibles para el vertido de materiales y los emplazamientos; políticas de regulación que influyen en aspectos económicos de las operaciones de las centrales, la clausura y la disposición final de los desechos; cambios en las normas tributarias y contables; y reestructuración, privatización o aumento de la competencia.

Dado que la clausura y la disposición final de desechos requieren largos plazos de ejecución, por lo general las empresas tienen tiempo para adaptarse a las circunstancias cambiantes, suponiendo que se cuente con técnicas y disposiciones para la gestión de los riesgos, y que haya flexibilidad para cambiar las estrategias adecuadamente. No cabe duda de que la clausura y la disposición final de los desechos

pueden lograrse y se lograrán. Las únicas incógnitas son el momento oportuno, las prioridades, los rendimientos y, por consiguiente, los costos, que en su mayoría escapan del control de los directores de las centrales nucleares. La decisión de cuán caros y eficientes han de ser la clausura y la disposición final de los desechos es básicamente política. La principal decisión que deben tomar los propietarios y los explotadores de centrales nucleares es cómo incorporar mejor las incertidumbres y reducirlas al mínimo.

Por consiguiente, lo que importa es cómo están preparadas las empresas para encarar el cambio imprevisto. Por lo general, la industria nuclear no está bien equipada en este sentido. Tampoco se examinan periódicamente las consecuencias económicas de los cambios en materia de regulación. En consecuencia, es probable que la industria y la sociedad incurran en ineficiencias y costos económicos significativos, y los riesgos financieros asociados a estas operaciones posteriores al cierre pueden aumentar de manera rápida y desenfrenada. La atención debe centrarse en la gestión eficiente de los costos y en el reconocimiento de los costos que entrañan la incertidumbre y los cambios políticos y de regulación.

Se requiere prudencia en vez de previsión: es necesario adoptar disposiciones estratégicas y financieras en relación con las incertidumbres políticas que inciden sobre las obligaciones posteriores a la explotación. La evaluación continua de los riesgos, vinculada al resultado neto de la empresa, junto con la adopción de disposiciones financieras prudentes para situaciones que pueden comprometer sus bienes o sus ingresos son estrategias habituales de gestión de los riesgos empresariales. Con todo, salvo escasas excepciones, esas técnicas no son habituales entre los propietarios de centrales nucleares

y los titulares de licencias de explotación.

La forma en que se gestionen los riesgos y los costos determinará con el tiempo qué tecnologías de generación se conservarán o se eliminarán gradualmente, se descartarán o no y se seleccionarán o no para centrales futuras. Los proyectos de alto costo y alto riesgo requerirán altos rendimientos. ¿Puede la industria nuclear costear las recompensas que se exigen en los mercados competitivos, o reducir los riesgos comerciales y financieros de los inversores a niveles asequibles? Estos objetivos son semejantes a los blancos móviles de un campo de tiro.

PREPARAR EL CAMINO

¿Cuál es, entonces, el futuro de la energía nucleoelectrica? Cabe esperar que las centrales en explotación, que sean eficientes, prosperen. No se construirán nuevas centrales sin una iniciativa clara y firme de la industria nuclear en cuanto a cambiar los requisitos de diseño, la orientación comercial, y el contexto de regulación.

Si bien es cierto que la energía nucleoelectrica ofrece muchos beneficios ambientales, sobre todo en lo tocante a reducir la contaminación atmosférica y las emisiones de gases de efecto invernadero, esos beneficios no bastan por sí solos para garantizar un futuro nuclear. Quienes cifren sus esperanzas de crecimiento nuclear en el Protocolo de Kyoto -- y pasen por alto las reformas -- estarán condenados a la desilusión. Por último, los encargados de trazar las políticas deben encarar la cuestión de la disposición final de los desechos, y estar dispuestos a dejar que la industria demuestre que dispone de la tecnología necesaria para la gestión de los desechos nucleares. Esto es indispensable para conformar las percepciones del público acerca de la seguridad de la disposición final de los desechos nucleares como proceso industrial. □