

Costos de la clausura de las centrales nucleares

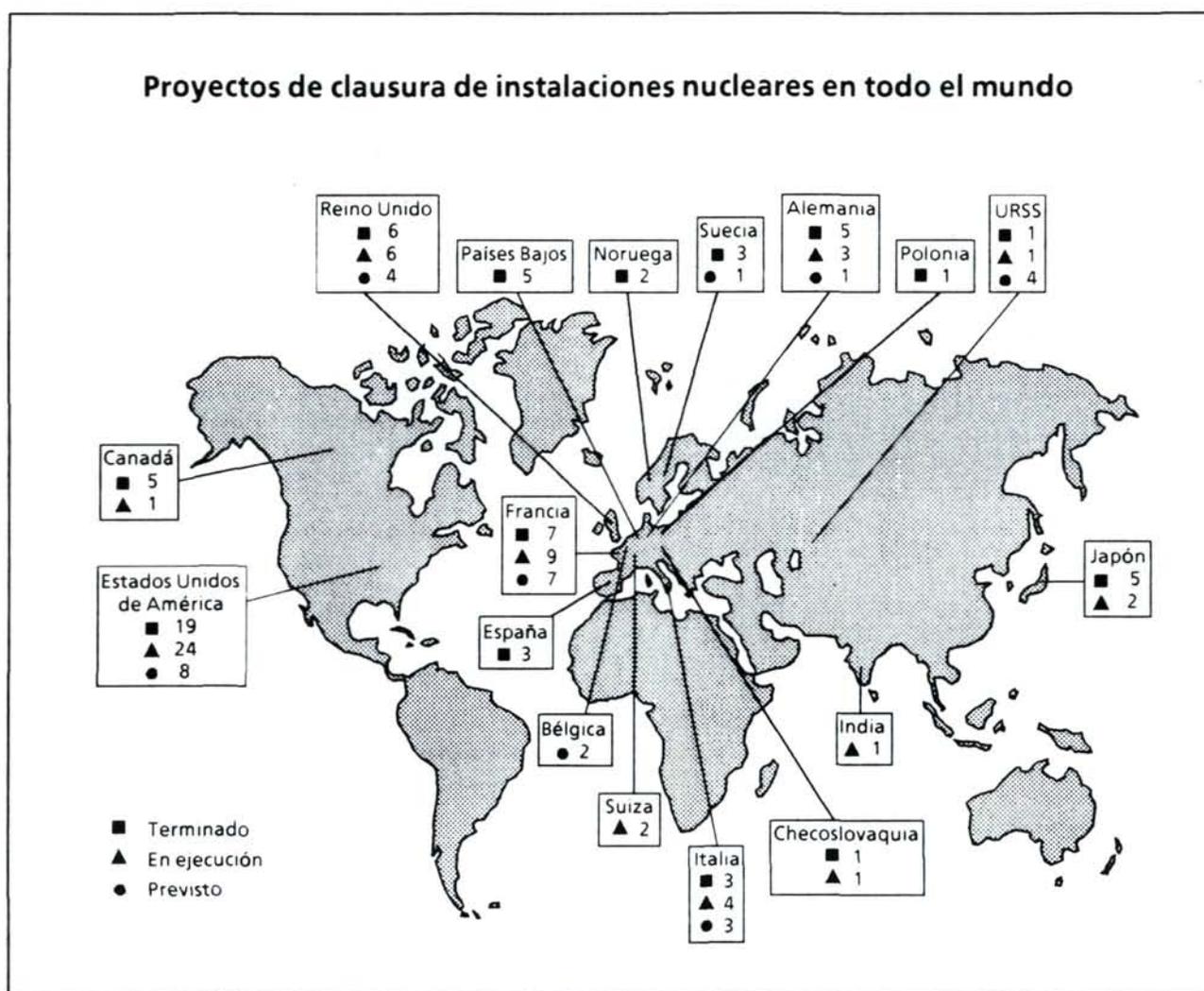
Informe sobre estimaciones internacionales recientes

por Pabitra L. De

En los últimos 35 años se ha adquirido mucha experiencia en la clausura de diversos tipos de instalaciones nucleares entre las que figuran las centrales eléctricas prototipo, los reactores de investigación, las instalaciones del ciclo del combustible y los laboratorios. En el inventario del OIEA de los proyectos de clausura que existen en todo el mundo aparecen

unas 150 instalaciones nucleares de 17 países, como proyectos terminados, en ejecución o previstos.* (Véase el mapa.)

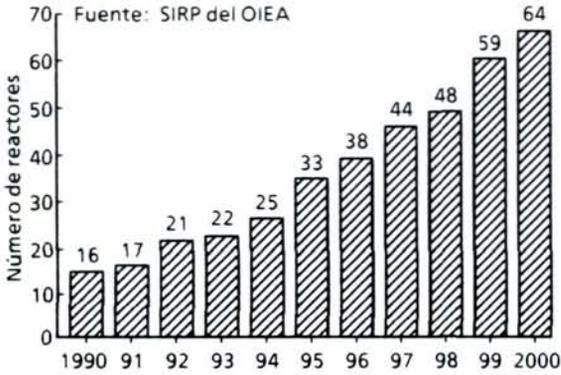
Hacia fines de este siglo, más de 60 centrales nucleares y 250 reactores de investigación de todo el mundo se convertirán en probables candidatos a la clausura. (Véanse las figuras adjuntas.)



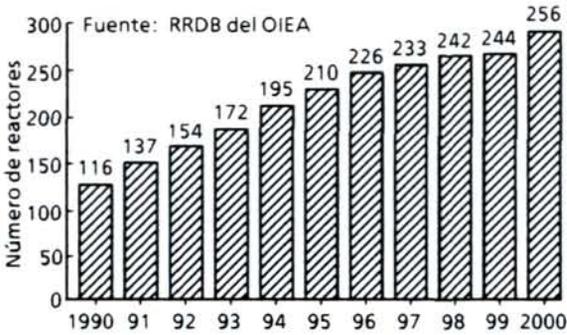
El Sr. De es funcionario superior de la División del Ciclo del Combustible Nuclear y de Gestión de Desechos del OIEA.

* *Methodology and Technology of Decommissioning Nuclear Facilities*, Colección de Informes Técnicos N° 267 del OIEA, Viena (1986).

**Centrales nucleares
cuya clausura es probable**



**Reactores nucleares de investigación
cuya clausura es probable**



Etapas de la clausura

Según la definición del OIEA, las tres etapas de la clausura de las instalaciones nucleares son:

- Etapa 1 (llamada en ocasiones almacenamiento bajo vigilancia)
- Etapa 2 (llamada en ocasiones liberación del emplazamiento con restricciones)
- Etapa 3 (llamada en ocasiones uso del emplazamiento sin restricciones)

El término "etapa" implica que en la central existe un conjunto de condiciones y no necesariamente supone un procedimiento gradual y continuo. Aunque la Etapa 1 y la Etapa 2 son opciones de clausura posibles, la mayoría de los países las consideran como modalidades temporales que conducen a la larga a la Etapa 3.

El término "clausura", en el sentido en que se emplea en la industria nuclear, significa las medidas que se toman al final de la vida útil de una instalación con vistas a retirarla del servicio. Estas medidas pueden abarcar desde el simple cierre de la instalación y la eliminación mínima del material radiactivo, junto con un mantenimiento y una vigilancia continuos (Etapa 1), hasta la completa eliminación de todo el material radiactivo inaceptable de la instalación inmediatamente después de la parada (Etapa 3). Todas las actividades de clausura pueden realizarse de forma tal que se garantice la protección adecuada de la salud y la seguridad del personal, el público en general y el medio ambiente.

El objetivo final de todos los trabajos de clausura es limpiar el emplazamiento de todo material radiactivo para que se pueda volver a utilizar sin restricciones radiológicas de ningún tipo. En este sentido, el OIEA ha definido tres etapas de clausura que han sido aceptadas internacionalmente. (Véase el recuadro.)

En la selección de la estrategia de clausura de un país influyen varios factores. El programa general de desarrollo nucleoelectrónico es un factor importante. Sin embargo, las diferencias entre los distintos enfoques nacionales son muy grandes y pueden definirse como sigue:

- En algunos países, se está considerando la posibilidad de establecer un período de almacenamiento seguro (Etapa 1) de 5 a 10 años antes del comienzo de la Etapa 3 de la clausura.
- En otros países, la estrategia se basa en ejecutar la Etapa 1, tomar posiblemente otras medidas para proceder a aplicar la Etapa 2, y aplazar la ejecución de la Etapa 3 durante varios decenios (hasta 100 años).
- En algunos países, la estrategia de clausura es llegar a la Etapa 3 tan pronto como sea factible con el objeto de volver a utilizar el emplazamiento para otros fines.

Costos de la clausura

Aunque todavía no se ha clausurado ninguna central eléctrica comercial de gran escala, las estimaciones de costos, basadas en la experiencia adquirida con las centrales más pequeñas y con las actividades relacionadas con el mantenimiento de las grandes centrales nucleares, son bastante representativas. Hay varios factores que afectan directamente los costos de la clausura: el tipo de instalación nuclear, la opción o la etapa de clausura elegida, la duración del proyecto, las prácticas de evacuación de desechos, la tasa de inflación, las tasas de actualización, y otros. Estas variables hacen que los costos de clausura difieran de un país a otro y de una central a otra.

En muchos países, el costo de reelaboración del combustible gastado y de la evacuación de los desechos de actividad alta resultantes, o el costo de la evacuación del combustible gastado, se considera parte de los costos del combustible. Análogamente, el costo de la evacuación de los desechos resultantes de las operaciones se considera parte de los gastos de explotación y mantenimiento de la central. Por esta razón, en dichos países estos gastos no forman parte de las proyecciones de los costos de la clausura.

La estimación más segura de los costos de la clausura de una instalación sólo puede provenir del estudio técnico sobre una central determinada de un país concreto. No obstante, las estimaciones de costos de carácter general deben constituir una buena base para la planificación inicial. Conviene señalar que como las actividades de clausura requieren una infraestructura técnica y de organización mínima, tal vez no haya una gran disparidad entre los costos absolutos de la clausura de las

centrales más pequeñas y los de las centrales de mayor tamaño. El costo de la electricidad por kilovatio de las centrales pequeñas es alto y no debe extrapolarse linealmente a las centrales grandes; en cambio, se deben tener en cuenta las economías de escala.

En un informe elaborado por un grupo de expertos sobre clausura de instalaciones convocado por la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (AEN/OCDE) se llegó a la conclusión de que la clausura era tecnológicamente factible, que la gestión de los volúmenes de desechos era viable y que los costos de clausura tenían muy poca repercusión en los costos de generación de electricidad.*

Los fondos (costos) anuales necesarios para la clausura de un reactor comercial grande oscilarían entre el 2% y el 5% de los costos de generación de electricidad. Esta conclusión se basó en estimaciones de costos de clausura provenientes del Canadá, los Estados Unidos de América, Finlandia, la República Federal de Alemania y Suecia.

Pese a la incertidumbre que rodea a la estimación de los costos de clausura, las tasas reales de actualización aplicables, o el tiempo de vida útil de un reactor, no es probable que cambien las conclusiones anteriores.

En un estudio realizado recientemente por la Unión Internacional de Productores y Distribuidores de Electricidad (UNIPPEDE) los costos de clausura se analizaron en función de los "costos de construcción", y no de los "costos de generación de electricidad" como en el estudio de la AEN.** En el estudio se llegó a la conclusión de que los costos de clausura oscilaban entre el 10% y el 20% del costo de construcción o de los gastos de capital de la central. Cabe señalar que el costo de construcción de la central es sólo uno de los componentes de los costos de generación de electricidad, que también incluyen los gastos de explotación y mantenimiento, y de combustible. Por consiguiente, se consideró que los resultados del estudio de la UNIPPEDE coincidían con las conclusiones de la AEN.

El costo de la electricidad nuclear (y convencional) es un parámetro importante para tomar decisiones sobre el suministro futuro de electricidad. En vista de lo anterior, el OIEA realizó estudios principalmente para los países en desarrollo, y la AEN/OCDE y el Organismo Internacional de Energía, para los países de la OCDE.*** Las estimaciones de costos abarcan una amplia gama de 130 millones a 477 millones de dólares de los EE UU.

Los costos de clausura de los países en desarrollo que arrojó el estudio del OIEA muestran que Checoslovaquia, la India, Indonesia, Polonia, la República de Corea y Yugoslavia supusieron costos de clausura no actualizados de 60 millones a 163 millones de dólares. En este estudio no se especificaron detalles de la opción o la etapa de clausura, lo que tal vez explique la diferencia que se aprecia en los costos. Brasil, China,

Costos de la clausura en los países de la OCDE

	Tipo y tamaño concretos de la central	Costo, enero de 1988 (en millones de dólares de los EE UU)
Alemania, Rep. Fed. de	PWR 1256 MWe	280
Bélgica	PWR 1390 MWe	207
Canadá	HWR 881 MWe	196
	HWR 400 MWe	164
España	PWR 950 MWe	268
Estados Unidos de América	PWR 1144 MWe	130
Finlandia	PWR 1000 MWe	189
Francia	PWR 1390 MWe	208
Italia	PWR 945 MWe	477
Japón	LWR 1100 MWe	221
Países Bajos	PWR 1300 MWe	320
Reino Unido	PWR 1175 MWe	380

Nota: Los resultados se derivan de un estudio conjunto AEN/OIEA realizado en 1988. Los costos son estimaciones basadas en respuestas a cuestionarios.

Costos de clausura en países en desarrollo

	Capacidad de la central	Porcentaje de la inversión	Costo de la clausura	
			dólares EE UU/kWe	Millones de dólares EE UU
Brasil*	1245 MWe	10	170	212
Checoslovaquia	916 MWe	10	132	121
China*	900 MWe	10	138	124
Hungría*	950 MWe	10	190	181
India	450 MWe	25	363	163
Indonesia	1000 MWe	6	95	95
Rep. de Corea	940 MWe	4	64	60
Polonia	940 MWe	8	117	110
Turquía*	1066 MWe	10	220	235
Yugoslavia	1000 MWe	4	95	95

* El 10% del costo de inversión inicial fue calculado por el personal del OIEA.

Nota: Los costos son estimaciones basadas en respuestas a un estudio realizado por el OIEA en 1988-1989.

Hungría y Turquía no elaboraron hipótesis de sus costos de clausura; en el caso de estos países, en el estudio se supuso que el 10% del costo de construcción o los gastos de capital bastaría para sufragar los costos de clausura, y que el costo total oscilaría entre 124 millones y 235 millones de dólares de los EE UU (Véanse los cuadros adjuntos.)

Es evidente que las estimaciones de los costos de clausura publicadas varían considerablemente con el emplazamiento y el país. Hay una gran desconfianza en el público sobre los "verdaderos" costos de la clausura (y quizás también respecto de la capacidad de los técnicos para realizar futuras operaciones de clausura).

Con tal motivo, recientemente se creó, bajo los auspicios de la AEN/OCDE, un grupo de expertos para que evalúe si es posible explicar la variabilidad de las estimaciones de los cos-

* *Decommissioning of Nuclear Facilities: Feasibility, Needs, and Costs*, informe de un grupo de expertos, AEN/OCDE, París (1986).

** "Operators' Views of Key Issues Confronting Nuclear Power and Decommissioning", por J. Essmann, UNIPPEDE, trabajo presentado en la Conferencia Internacional de la CCE sobre Clausura de Instalaciones Nucleares, celebrada en Bruselas (octubre de 1989).

*** *Projected Cost of Generating Electricity*, OCDE, París (1989); y *Projected Cost of Nuclear and Conventional Baseload Electricity Generation in Some IAEA Member States*, IAEA-TECDOC-569, Viena (1990).

tos de la clausura, con miras a que el público informado y los formuladores de políticas se sientan más tranquilos y confiados en relación con la energía nuclear, en general, y con la clausura, en particular. Once países y dos organizaciones internacionales participan en el grupo de expertos. Se espera que para mediados del año próximo se conocerán los resultados de este estudio.

Financiación de los costos de la clausura

Se considera que la clausura constituye una parte (la final) del ciclo de vida de la central. Por lo tanto, corresponde a los consumidores de electricidad beneficiados por la central asumir el costo de su clausura. Este concepto ha sido aceptado en general por muchos países. No obstante, los métodos de financiación de la clausura son diferentes en cada país. Para financiar la clausura de una central nuclear hay varias opciones que ya se están poniendo en práctica. Las más comunes son: el pago anticipado, el fondo de amortización externo, la reserva interna, el fondo de garantía, la carta de crédito y el seguro.

Existe un método de financiación, según el cual puede destinarse una suma global para este fin al inicio de la explotación; según otro método totalmente opuesto, puede destinarse una suma global con igual propósito al final de la vida útil de la central. El método intermedio consiste en recaudar fondos de forma gradual durante la explotación de la central, y situarlos en una cuenta especial de reserva interna o externa.

Conclusión

Como la mayoría de las estimaciones de los costos de la clausura se realizan con objetivos disímiles y concretos, y por ende, con un alcance de trabajo diferente, comparar dichas estimaciones podría provocar confusión a menos que se justifiquen o expliquen debidamente. Aunque las estimaciones de costos de carácter general pueden constituir una buena base para la planificación inicial, la estimación más segura sólo puede provenir del estudio de un emplazamiento específico.

Es imprescindible adoptar medidas de carácter internacional para armonizar las distintas estimaciones, por lo que quizás sea conveniente explorar y adoptar una metodología "común" internacionalmente aceptada para la estimación de los costos de clausura.

Las iniciativas emprendidas recientemente por la AEN a efectos de interpretar la ostensible diferencia que se observa en las estimaciones de costos es un paso bien encaminado. El OIEA introdujo el concepto de los diversos elementos o componentes de los costos y propuso una metodología en su informe técnico de 1986 *Methodology and Technology of Decommissioning Nuclear Facilities*. El Organismo también ha emprendido, en el marco de su programa de 1991-1992, algunos estudios concretos sobre una metodología común para la estimación de los costos de la clausura.

Se espera que en el futuro estos esfuerzos internacionales permitirán comprender mejor los verdaderos costos de la clausura de las centrales nucleares

Desmantelamiento de la central nuclear de Shippingport en los Estados Unidos de América. (Por cortesía de US DOE)

