

Envejecimiento y prolongación de la vida útil de las centrales nucleares: aspectos de seguridad

Visión general de las cuestiones pertinentes y celebración del simposio del OIEA en 1987

por Stanislav Novak y Milan Podest

La experiencia adquirida en las unidades generadoras de electricidad alimentadas con combustible fósil así como en todas las industrias de procesos demuestra que las centrales comienzan a deteriorarse por envejecimiento aproximadamente a los 10 años de explotación. En las centrales nucleares incidirán fenómenos similares, y cabe presuponer que, de no adoptarse medidas adecuadas, se afectarán su disponibilidad y seguridad.

Es evidente que la antigüedad promedio de los reactores de potencia de los Estados Miembros del OIEA va en aumento. (Véanse los gráficos adjuntos.) Para el año 2000, más de 50 centrales nucleares habrán estado suministrando electricidad durante 25 años o más. La vida útil de la mayoría de las centrales nucleares oscila entre 20 y 40 años.

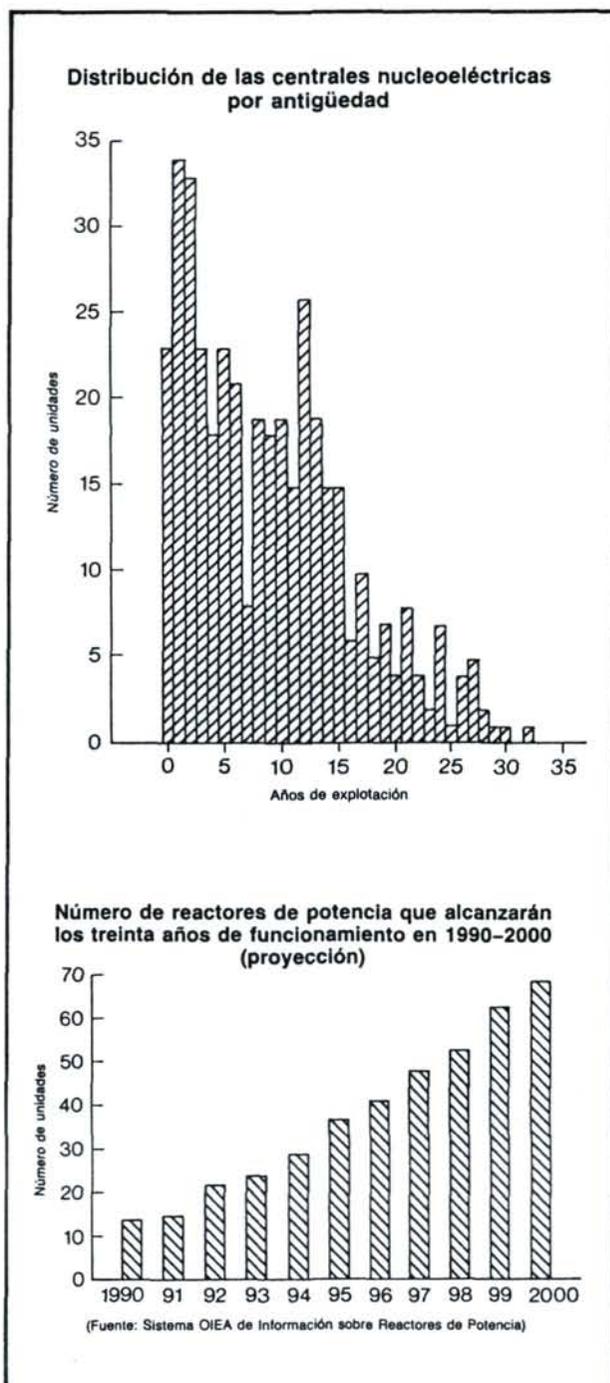
El envejecimiento se define como la degradación constante que sufren los materiales en el transcurso del tiempo debido a las condiciones de funcionamiento, incluidas la explotación normal y los transitorios. La experiencia común es que después de un período largo se produce un cambio gradual en las propiedades de los materiales. Estos cambios pueden afectar la capacidad de los componentes técnicos, los sistemas o las estructuras para realizar la función requerida. No todos los cambios son perjudiciales, pero con frecuencia se observa que los procesos de envejecimiento suelen ocasionar una reducción gradual del rendimiento.

Todos los materiales de una central nuclear pueden envejecer y dejar de realizar total o parcialmente la función prevista. El envejecimiento no sólo afecta a los componentes activos (cuya probabilidad de sufrir defectos aumenta con el tiempo), sino también a los pasivos, ya que el margen de seguridad se reduce hasta el más bajo nivel admisible.

Efectos del envejecimiento de las centrales

Los principales efectos nocivos del envejecimiento son los cambios que se producen en las propiedades físicas (por ejemplo, la conductividad eléctrica); la fragilización por irradiación; la fragilización térmica; la fluencia; la fatiga; la corrosión (incluidas la erosión y la fisuración ayudada por la corrosión); el desgaste (por ejemplo, el rozamiento y la fisuración ayudada por el desgaste, como la fatiga por rozamiento).

Los Sres. Novak y Podest son funcionarios del Departamento de Energía y Seguridad Nucleares.



Así pues, el término "envejecimiento" representa los cambios acumulativos que pueden ocurrir con el transcurso del tiempo en un componente o estructura a causa de uno o varios de estos factores. Desde esta perspectiva, es evidente que se trata de un proceso complejo que comienza en cuanto se produce el componente o estructura y continúa a lo largo de su vida útil. Indudablemente, el envejecimiento es un factor importante para determinar los límites o la prolongación de la vida útil de las centrales nucleares. Ninguna central nuclear, ni siquiera las que aún están en construcción o en estado de preservación, escapan a los efectos del envejecimiento.

La rapidez con que ocurre el envejecimiento depende en gran medida tanto de las condiciones de funcionamiento como de la sensibilidad de los materiales a esas condiciones, por lo que hay que comenzar a considerar el envejecimiento desde la etapa de diseño seleccionando los materiales adecuados, y seguir teniéndolo en cuenta durante todo el ciclo vital.

Si bien el envejecimiento de las centrales nucleares podría repercutir en la eficiencia de la generación de energía eléctrica, la seguridad también podría quedar afectada si no se detecta la degradación de los componentes o estructuras fundamentales antes de que pierdan capacidad funcional y si no se adoptan medidas correctivas oportunas. Lo que es preciso comprender es cómo el proceso de envejecimiento puede alterar las probabilidades de fallos de los componentes en sistemas diseñados para remediar los transitorios y los accidentes (y, por tanto, reducir los márgenes de seguridad), y cómo la degradación por envejecimiento puede ser el comienzo de sucesos de esa índole.

Las preocupaciones en torno al envejecimiento del equipo obedecen a que pueden ocurrir fallos simultáneamente (o a que de hecho ocurren) en los sistemas de seguridad redundantes. La redundancia (unida a la diversidad) constituye el principal medio de protección contra las consecuencias de los fallos aleatorios del equipo y garantiza que al menos una cadena completa de sistemas de seguridad esté funcionando en todo momento durante la explotación de la central. No existiría la protección requerida si el envejecimiento del equipo degradara la capacidad funcional hasta el punto en que el aumento en los niveles de tensión asociado a un suceso tipo pudiera provocar un fallo simultáneo en los sistemas redundantes (o provocar que fallaran en un intervalo crítico).

Vigilancia y detección

Las entidades explotadoras han venido utilizando diferentes programas y métodos para prevenir, detectar, corregir y remediar los fallos de los sistemas y componentes cualquiera que sea la causa, incluidos los efectos de la degradación por envejecimiento. Entre estos métodos se encuentran los programas de mantenimiento preventivo, los sistemas de notificación de sucesos significativos y los exámenes periódicos del funcionamiento de la central. Estos métodos se han venido perfeccionando constantemente (a la luz de las experiencias y los nuevos conocimientos), y, en términos generales, son muy eficaces para detectar y atenuar los efectos del envejecimiento.

Anteriormente se consideraba que el envejecimiento era sólo una de muchas posibles causas de fallo de los componentes. Las investigaciones en torno al envejecimiento se realizaban fundamentalmente en respuesta a los problemas o fallos operacionales que ocurrían. Ahora bien, en los últimos años la industria, los órganos de reglamentación y las organizaciones internacionales han reconocido que a medida que aumenta la edad promedio de las centrales nucleares, el enriquecimiento de los programas existentes con tecnologías nuevas conduciría a un enfoque más sistemático y activo. En consecuencia, diversos Estados Miembros han iniciado programas o proyectos encaminados a comprender el proceso de envejecimiento y conocer los nuevos métodos de que se dispone para controlar sus efectos. Estas actividades se han traducido en un mayor empeño en el examen y la elaboración de métodos de vigilancia, prueba e inspección con miras a garantizar la detección oportuna de la degradación por envejecimiento.

Para hacer frente al proceso de envejecimiento de las centrales nucleares se requiere un método sistemático de análisis de estos fenómenos. Es preciso elaborar métodos experimentales y teóricos para evaluar la repercusión del envejecimiento en el funcionamiento de la planta. Durante la explotación se deben aplicar métodos eficaces de inspección, observación y vigilancia para evaluar la "vida calificada" de los componentes, los sistemas y las estructuras, lo cual debe servir de base para asegurar un mantenimiento, reparación y sustitución oportunos y eficaces, prestando especial atención a los sistemas y componentes de importancia para la seguridad.

Simposio internacional

Al igual que sucede con la gestión adecuada del envejecimiento de las centrales, cada vez cobran más interés los aspectos económicos de la prolongación de la vida útil de las centrales nucleoelectrificadas. El OIEA recoge ambos aspectos en sus programas.

Recientemente el Organismo organizó el Simposio Internacional sobre los aspectos de seguridad relativos al envejecimiento y mantenimiento de las centrales nucleares, que se celebró en Viena del 29 de junio al 3 de julio de 1987*. Este fue el primer simposio organizado por el OIEA sobre el tema, y, por tanto, estuvo dirigido a una amplia gama de participantes que incluía a personal técnico y administrativo a cargo de la explotación de centrales nucleares, personal de órganos de reglamentación, organizaciones consultivas y de arquitectura e ingeniería, personal técnico y administrativo de empresas contratistas y personal técnico y administrativo de centrales nucleares encargado de las operaciones de mantenimiento. Asistieron al simposio 140 participantes procedentes de 30 países y tres organizaciones internacionales. En los párrafos siguientes se destacan importantes temas abordados en el simposio.

Esfuerzos a nivel nacional

En algunos países se han iniciado varios programas que incluyen estudios encaminados a lograr la comprensión del proceso de envejecimiento de las centrales

* Los documentos han sido publicados por el OIEA.

nucleares, sus efectos potenciales sobre la seguridad, y métodos para detectarlo y remediarlo. Por ejemplo, la Comisión de Reglamentación Nuclear (NRC) de los Estados Unidos tiene un programa denominado Investigación sobre el Envejecimiento de las Centrales Nucleares (NPAR) que comprende: 1) la identificación y selección de los componentes cuyo envejecimiento tiene una fuerte repercusión en el comportamiento de la seguridad; 2) análisis de márgenes de seguridad tipo, ensayos de cualificación, experiencia operacional, opiniones de expertos, perfeccionamiento de los métodos de observación, inspección, vigilancia y mantenimiento; 3) estudios técnicos, incluida la verificación de los métodos de inspección, observación, vigilancia y mantenimiento, exámenes *in situ*, reunión de datos de equipos en explotación, exámenes posteriores a la puesta en marcha de la central, pruebas de los equipos que han tenido un envejecimiento natural y análisis costo-beneficio. El programa muestra realmente la complejidad de la cuestión del envejecimiento.

En el simposio se hizo referencia además al modo en que otros órganos reglamentadores abordaban los problemas del envejecimiento. Entre los mecanismos importantes que se citaron figuraban los programas de evaluaciones periódicas basados en una amplia compilación de datos operacionales; programas de mantenimiento preventivo; vigilancia permanente de los componentes de la central nucleoelectrica; el aprovechamiento de la experiencia extraída de los análisis de incidentes; la cualificación individual y de los componentes; la instrucción y capacitación del personal; el control externo y la garantía de calidad. Actualmente se elaboran procedimientos para cuantificar el riesgo a partir de datos relacionados con el envejecimiento y los fallos de componentes.

También se está prestando más atención a la reunión y evaluación de datos operacionales. Se explicaron las ventajas de un sistema computadorizado de reunión de datos que incorpora los resultados de los programas de observación, pruebas y mantenimiento, y que además reúne datos sobre todas las modalidades de explotación los cuales permiten evaluar posteriormente la vida útil de los componentes críticos. También se describió el papel que desempeña la experiencia operacional en el perfeccionamiento de las especificaciones de comprobación de equipos eléctricos o de otra índole.

Existen algunos otros mecanismos para la comprensión del proceso de envejecimiento que ya se emplean y están en vías de perfeccionamiento, como, por ejemplo, los modelos probabilistas de las condiciones de envejecimiento, el empleo de componentes de centrales procedentes de unidades nucleares clausuradas para evaluar el proceso de envejecimiento, y la aplicación de métodos que "envejecen artificialmente" los componentes críticos a fin de determinar su vida útil.

Asimismo, se pueden adoptar medidas para tratar los fenómenos relacionados con el proceso de envejecimiento durante la explotación de la central nuclear. Entre las medidas abordadas en el simposio figuraron la utilización de equipo técnico de diagnóstico para detectar la degradación de los sistemas y estimar la vida útil restante; la vigilancia de la química del agua para evitar la corrosión; y la vigilancia de los daños por radiaciones en la vasija de presión.

Prolongación de la vida útil de las centrales

En el simposio se debatió desde varios puntos de vista el tema de la prolongación de la vida útil de las centrales nucleares (técnicamente conocida por la sigla Nuplex). Se analizaron programas relativos a la prolongación de la vida útil de las centrales de Francia, los Estados Unidos de América y el Japón. Pese a que abarcan diferentes tipos de centrales nucleares, estos programas son similares: todos incluyen una base de datos de la información operacional necesaria; el comportamiento de la investigación y el desarrollo; e información sobre la disponibilidad de dispositivos adecuados para la sustitución o reparación del equipo crítico. En los Estados Unidos de América, se creó un Comité Directivo de Nuplex cuyas funciones principales son abogar por que la NRC establezca oportunamente un proceso de renovación de licencias, patrocinar los estudios de reglamentación necesarios y representar a las empresas nucleoelectricas en lo que respecta a la política y las normas de renovación de licencias propuestas por la NRC.

En relación con los aspectos tecnológicos de la prolongación de la vida útil de las centrales, los documentos del simposio versaron en gran medida sobre la explotación. El Laboratorio Técnico Nacional de Idaho, Estados Unidos de América, describió la evaluación de la vida útil residual de los componentes principales de los reactores de agua a presión (PWR). La presentación del empleo de las técnicas de análisis probabilista de riesgo (APR) relativas a la vigilancia del funcionamiento para mejorar la seguridad de la explotación de las centrales nucleares estuvo a cargo de los Laboratorios Nacionales Sandia de los Estados Unidos de América. También se abordaron aspectos tecnológicos en un documento en que se analizaba el simposio sobre la prolongación de la vida útil de las centrales, organizado en febrero de 1987 por la Agencia para la Energía Nuclear de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, en colaboración con el OIEA.

En el Japón se han realizado investigaciones para determinar la vida esencial de la vasija de presión del reactor, y se comunicó a los participantes en el simposio que los resultados se han utilizado para comenzar a elaborar procedimientos técnicos destinados a evaluar el proceso de envejecimiento. Como una valiosa ayuda para cumplir los requisitos de reglamentación en un documento presentado por Francia se describió el sistema de contabilidad de los transitorios de los reactores de agua a presión normalizados de dicho país.

En el simposio también se realizaron tres mesas redondas. En la primera se presentaron algunas cuestiones relacionadas con el envejecimiento de los componentes activos y pasivos. Se hizo hincapié en que era preciso examinar detalladamente el lugar que ocupa el envejecimiento de los componentes activos entre los factores de riesgo. Deberían mejorarse los sistemas de bases de datos con miras a reunir una información más pormenorizada acerca de los fallos, las reparaciones y el mantenimiento. Entre otros aspectos se recalcaron los siguientes: el envejecimiento es una cuestión que concierne no sólo a las futuras centrales nucleares, sino a todas las que están en explotación; los actuales métodos de prueba, vigilancia y mantenimiento no son adecuados para hacer frente a la cuestión del envejecimiento; la

cuantificación de las consecuencias del envejecimiento es muy importante para garantizar la explotación de las centrales nucleares en condiciones de seguridad y para suministrar datos comprobados al órgano reglamentador; para controlar el proceso de envejecimiento debe recurrirse más bien a medidas preventivas que correctivas, y las actividades deben centrarse en los componentes más sensibles de las centrales.

En la segunda mesa redonda se puso énfasis en una importante actividad del operador, a saber, la determinación sistemática de la degradación por envejecimiento de componentes y piezas que son de importancia para la seguridad y la fiabilidad. Es preciso comprender los mecanismos que deben aplicarse para detectar el nivel de degradación, y hacerlo de forma tal que sea posible medir un determinado grado de deterioro. Se entendió que un adecuado programa de mantenimiento basado en análisis pormenorizados de los datos (con el propósito de sustituir las piezas antes de producirse el fallo) era especialmente importante para controlar el fenómeno del envejecimiento en las centrales en explotación.

La tercera mesa redonda se centró en el papel del OIEA en la cooperación internacional en esta esfera. Se destacó en especial la labor del Organismo en el fomento del diálogo y el intercambio de información y experiencia, así como su papel en la difusión de información mediante documentos, guías y otras publicaciones. En términos generales, se recomendó que el Organismo desempeñara un papel activo, ya que aún faltaba por conocer una gran diversidad de aspectos técnicos, económicos y de reglamentación antes de que pudieran adoptarse decisiones en relación con el proceso de envejecimiento y la prolongación de la vida útil de las centrales nucleares.

Actualmente el OIEA está preparando un informe que concluirá en 1988, en el cual se tomarán en cuenta los resultados de los simposios celebrados en 1987 sobre la prolongación de la vida útil de las centrales y sobre su envejecimiento y mantenimiento.



Protección radiológica adecuada: un problema que subsiste

Los programas de los países en desarrollo en particular no alcanzan a satisfacer las necesidades

por Morris Rosen

El mal manejo de las fuentes radiactivas y de los equipos afines que se utilizan ampliamente en la medicina, la agricultura, la industria y las investigaciones, no es nada fuera de lo común ni exclusivo de los países en que las aplicaciones de la energía nuclear o la experiencia en ese campo son limitadas. A fines de 1982, una combinación de fallos técnicos y errores humanos en una planta de esterilización costó la vida a un técnico; en 1983, la no observancia de los procedimientos prescritos ocasionó una muerte en una instalación de investigaciones, y en ese mismo año, la negligencia al desechar fuentes médicas provocó que varias personas quedaran sometidas a niveles de exposición excesivamente elevados. En 1984 se exportaron inadvertidamente accesorios de tuberías contaminados; en 1985, ocho personas fallecieron a causa de la sobreexposición a una fuente industrial que fue llevada a un domicilio sin rotular, y en el hogar de un físico médico se detectó una fuerte contaminación de radio; y en 1986 se produjo una considerable sobreexposición de un trabajador al tritio. A lo largo de los años, todos estos acontecimientos ocurridos en aplicaciones no energéticas de la energía nuclear se han divulgado en la publicación anual del OIEA *Examen de la Seguridad Nuclear*.

La contaminación radiológica de decenas de personas en la ciudad de Goiania (Brasil) es un hecho reciente y lamentable que se suma a la cronología de sucesos notificados.

En respuesta al número cada vez mayor de incidentes significativos notificados, el Dr. Hans Blix, Director General del OIEA, anunció en septiembre de 1984 la creación de los Equipos de Asesoramiento en Protección Radiológica (EAPR) para ayudar a los Estados Miembros a evaluar la situación de sus actividades de protección radiológica y a determinar sus necesidades inmediatas y futuras. ¿Cuáles han sido los resultados?

El Dr. Rosen es Director General Adjunto y Director de la División de Energía Nucleoelectrica del OIEA.