

Operación a largo plazo en centrales nucleares. Situación en EE.UU.

K. Huffman y J. A. Delgado

Las perspectivas para la operación a largo plazo de las centrales de EEUU son optimistas. Los costes de operación son muy competitivos frente a otras opciones de generación y la industria ha gestionado de forma efectiva los aspectos técnicos. Sus 104 unidades nucleares tienen una edad media de 29 años y proporcionan el 20% de la generación eléctrica. Once de esas plantas alcanzarán los 40 años iniciales en unos 5 años.

El marco regulatorio en EEUU contempla la extensión de licencia en incrementos de 20 años. Hasta Julio de 2008 alrededor del 90% de las centrales en operación han recibido renovaciones de licencia, tienen renovaciones de licencia bajo revisión, o han enviado cartas de intención a la NRC. Se espera que todas ellas obtengan la extensión de licencia a 60 años.

El análisis prospectivo, PRISM de EPRI hace hincapié en la importancia de las nuevas unidades nucleares, pero también llama la atención sobre el valor de las plantas existentes para lograr los objetivos de reducción de emisiones globales de la industria eléctrica. De hecho los directivos de empresas eléctricas entrevistados por EPRI esperan que la licencia se extienda en el futuro más allá, hasta los 80 años.

The outlook for the long-term operation of current U.S. nuclear power plants is optimistic. Operating costs are competitive with other generation options and the industry has effectively managed technical issues.

The 104 U.S. nuclear power plants have an average age of 29 years and provide 20% of the electricity generation. Eleven of these plants will reach the end of their initial 40 years within five years.

The U.S. regulatory framework permits operating license extension in increments of 20 years. Through July 2008, about 90% of operating U.S. nuclear plants had received license renewals, had renewal applications under review, or had submitted a letter of intent to NRC. All of them are expected to extend their license to 60 years.

The EPRI PRISM analysis highlights the importance of new nuclear power plants, but also calls attention to the value of existing plants in achieving emission reduction targets. In fact the Utility Executives interviewed by EPRI expect their plants to operate further, probably until 80 years.

INTRODUCCIÓN

Las perspectivas para la operación a largo plazo de las centrales nucleares norteamericanas son claramente optimistas. Los costes de operación son competitivos con los de otras opciones de generación, la industria ha gestionado de forma efectiva los aspectos técnicos y además existe un sistema establecido y probado de renovación de licencia.

Las empresas propietarias de las centrales nucleares, de hecho, están empezando a evaluar las acciones necesarias para mantener en operación sus instalaciones más allá de los 60 años. Dado que no existen muchas instalaciones tan complejas que hayan operado a altos niveles de rendimiento durante 60 o más años, la decisión empresarial de extender la vida de las centrales debe estar muy bien basada (informada) en conocimientos técnicos relacionados con potenciales problemas con el envejecimiento y la fiabilidad. La industria nuclear estadounidense, en colaboración con el Electric Power Research Institute (EPRI) y varias agencias gubernamentales, ha empezado a analizar estos desafíos y las investigaciones asociadas necesarias para superar los obstáculos identificados.



KEN HUFFMAN es ejecutivo técnico en el Electric Power Research Institute (EPRI). Presta apoyo a los miembros de EPRI en diversas áreas asociadas con mejoras en la fiabilidad

y la Operación de CCNN. Ha estado involucrado en el desarrollo de las actividades en aspectos estratégicos para la Operación a largo plazo de los activos nucleares.

Antes de ocupar su posición actual estuvo involucrado en las actividades de integración de Ingeniería y Mantenimiento dentro del programa de fiabilidad de equipos y también dirigió el departamento de Tecnología de Planta de EPRI.

Antes de unirse a EPRI, Ken Huffman trabajó con Westinghouse en el diseño y fabricación de componentes nucleares.



JOSÉ ANTONIO DELGADO MUELAS es

Ejecutivo Nuclear del Electric Power Research Institute (EPRI) para el Sur de Europa desde 2001. Se ocupa de la coordinación

de actividades y los servicios para los miembros europeos de EPRI y de la promoción y difusión de los programas nucleares de investigación y desarrollo de EPRI en España, Bélgica, Italia y parte de Sudamérica.

Desde 2006 coordina directamente la participación de UNESA en representación de las CCNN españolas como miembros de pleno derecho del programa nuclear de EPRI.

José Antonio Delgado es Ingeniero Aeronáutico por la Universidad Politécnica de Madrid. Trabajó en la División de proyectos Construcciones Aeronáuticas SA hasta 1990 en que se incorporó como director de TECONMA empresa creada entonces para la aplicación de tecnologías de protección medioambientales.

Entre 1992 y 2001 formó parte de General Electric Nuclear Energy.

LA ENERGIA NUCLEAR EN ESTADOS UNIDOS

La Generación nuclear en Estados Unidos ha totalizado mas de 800 Teravatio-hora en 2007, un 2,5% mas que en 2006.¹ Las centrales nucleares han suministrado alrededor del 20% de la electricidad generada en Estados Unidos durante los últimos diez años a pesar de que desde 1996 no han entrado en operación nuevas unidades. (Figura 1). La generación nuclear adicional esta relacionada con la mayor producción de las centrales en operación debido al mayor factor de carga y a los incrementos de potencia de las mismas.

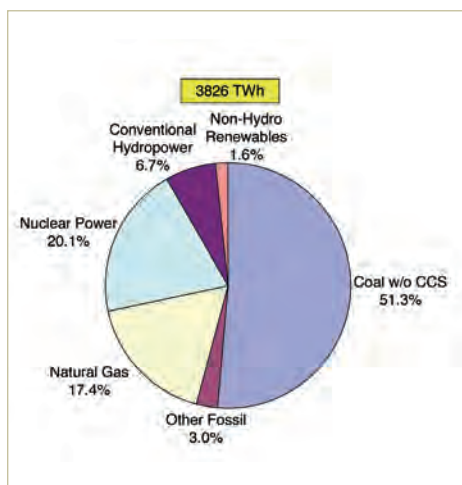


Figura 1. Mix de Generación en Estados Unidos.

Las 104 unidades nucleares de Estados Unidos, 35 de agua en ebullición (BWRs) y 69 de agua a presión (PWRs) tienen una edad media de 29 años². (Figura 2) En unos cinco años once de esas plantas alcanzaran el final de su periodo de operación inicial de 40 años. Nueve centrales nucleares comerciales (de mas de 100 MWe) están en desmantelamiento^{3,6} o han completado hitos significativos del desmantelamiento, aportando confianza en que un desmantelamiento ordenado es posible.

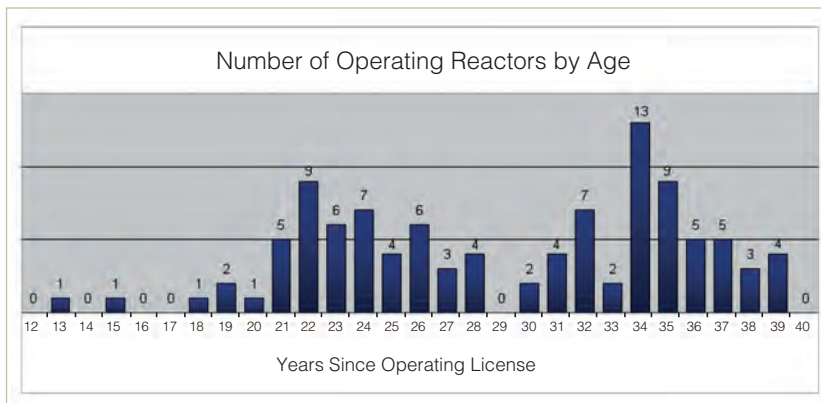


Figura 2. Edad de las centrales nucleares de Estados Unidos.

FACTORES ECONÓMICOS

La generación eléctrica a bajo coste es un requisito previo para la operación a largo plazo. El coste medio de operación de los 104 reactores de EEUU en 2007 ha sido de 1,76 céntimos de dólar

operación continua de las unidades nucleares como generación de base. Esta operación en base es particularmente importante en las centrales nucleares dado que el componente dominante en el coste de operación es el del personal de planta, un coste no variable. Además,

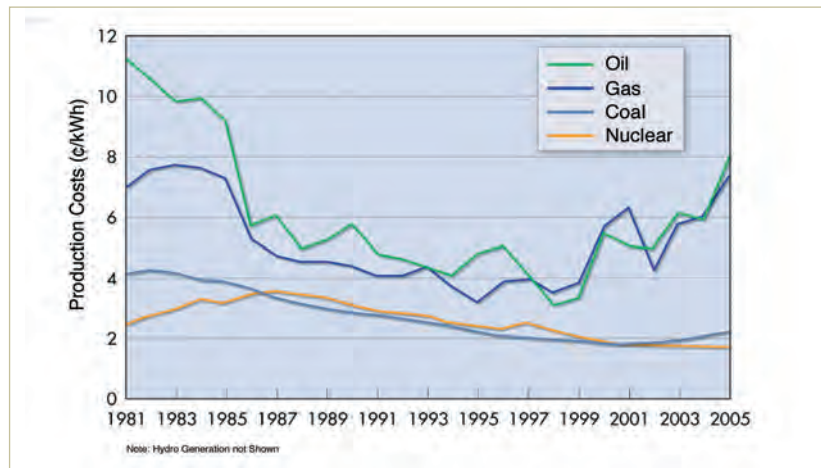
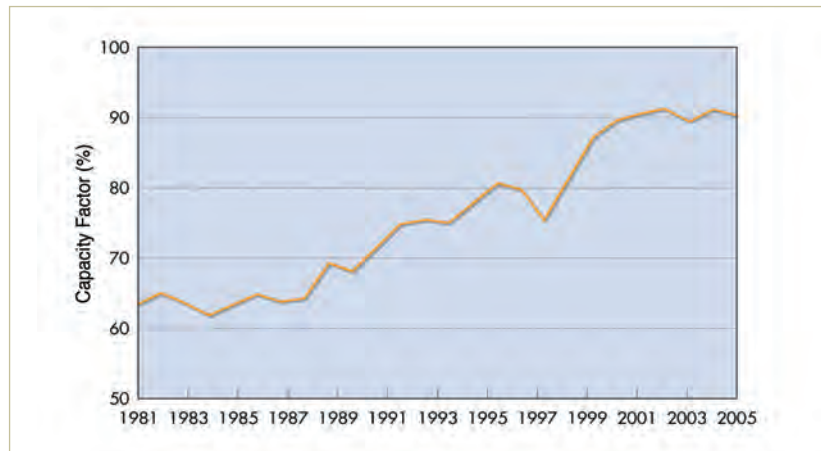


Figura 3. Costes de producción para las diversas fuentes de generación eléctrica en EEUU.

Figura 4. Factores de carga de las centrales nucleares en EEUU.



por Kilovatio-hora, inferior a la generación por carbón y significativamente mas bajo que la generación a partir de fuel oil y que la de gas⁴. (Figura 3). Este coste de producción tan bajo permite la

el coste del combustible nuclear es mucho más bajo que el de los combustibles fósiles, proporcionando una ventaja significativa en coste, que puede ser ampliada aun más si las emisiones de dióxido de carbono se penalizan económicamente en el futuro.

Los altos factores de carga son críticos para la favorable posición económica de la generación nuclear. Al mantener en operación las centrales nucleares durante la mayor parte del tiempo cada año, los relativamente altos costes fijos se pueden repartir entre una mayor base de ingresos, incrementando el atractivo económico en su conjunto. Durante los últimos 15 años, los factores de capacidad han aumentado significativamente de forma generalizada en la industria nuclear norteamericana⁵. (Figura 4)

El sector nuclear estadounidense ha mejorado los factores de carga reduciendo

do el tiempo empleado en las paradas de recarga y de mantenimiento. En 2007 y 2008, estas paradas han tenido un promedio de entre 40 a 45 días comparadas con los mas de 100 días a principios de los noventa^{6,3}. Estas reducciones se han logrado gracias a una planificación de parada de recarga mas efectiva, desplazando algunas actividades de mantenimiento para ser efectuados con la planta en operación (on line maintenance), y extendiendo los ciclos de combustible para hacer paradas menos frecuentes. Además, los operadores han reducido significativamente las paradas no programadas, mediante esfuerzos concretos en las áreas de factores humanos, condición de los materiales de planta y fiabilidad de los equipos críticos

SEGURIDAD

Una fuerte cultura –y actuaciones– de seguridad, desde el diseño hasta la operación, es fundamental para la operación a largo plazo de las CCNN. La industria nuclear impulsa mejoras continuas mediante iniciativas informadas por riesgo, modificaciones de planta, optimización de los rendimientos de los equipos y de la planta y mejoras en los modelos de análisis de riesgo. En Estados Unidos, la industria nuclear y la NRC utilizan la medida cuantitativa llamada frecuencia de daño al núcleo (Core Damage Frequency -CDF-). El seguimiento del CDF asociado a sucesos internos muestra una mejora en un factor de 5 desde 1992, un periodo en el cual el factor de carga general de la industria nuclear se incrementó en un 20%⁷(Figura 5)

RENOVACIÓN DE LICENCIA

Las Centrales nucleares en Estados Unidos reciben una licencia de operación inicial para un periodo de 40 años. Resulta interesante destacar que este periodo inicial no esta basado en limitaciones técnicas específicas, sino en consideraciones económicas de recuperación de la inversión.

El marco regulatorio en EEUU contempla la extensión de licencia en incrementos de 20 años. Para renovar la licencia de operación de una central nuclear, la planta tiene que satisfacer los requerimientos tecnológicos y medioambientales del Titulo 10 del Código de regulaciones Federales, Partes 54 y 51 (10 CFR Parts 54 y 51). Los métodos aceptados por el staff de la NRC para implantar la regla de renovación de licencia están contenidos en la Guía Regulatoria 1.888, “Formato y contenido estándar de aplicaciones para renovar la licencia de operación de las centrales nucleares”, “ Plan de revisión estándar para las aplicaciones de renovación de

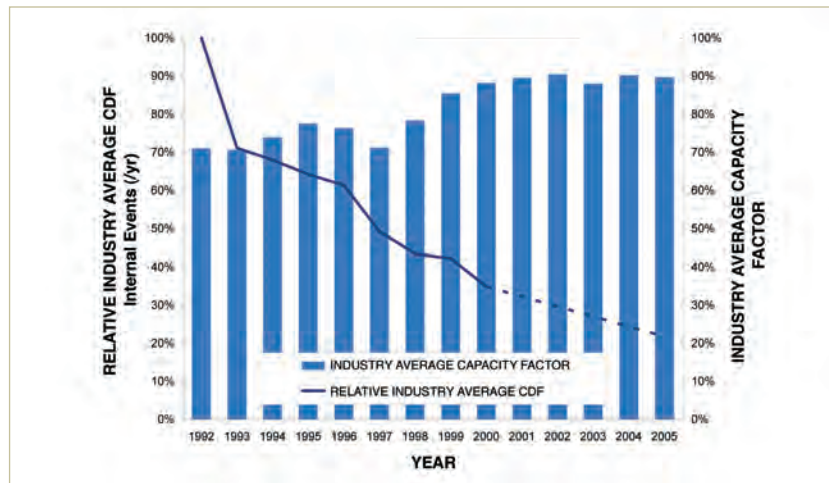
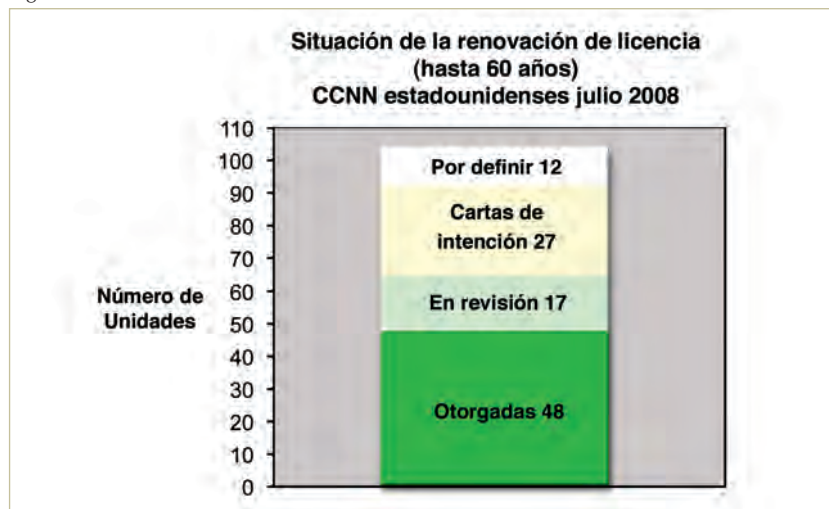


Figura 5. Frecuencia de daño al núcleo y factor de carga.



Figura 6. Calvert Cliffs fue la primera central norteamericana en conseguir la renovación de la licencia. Cortesía NRC.

Figura 7. Situación de renovación de licencia en EEUU.



licencia de centrales nucleares”, y en el informe sobre lecciones genéricas aprendidas sobre envejecimiento (GALL)⁸. Los solicitantes habitualmente utilizan varios documentos técnicos de guía de EPRI

para desarrollar respuestas específicas de cada planta al contenido del informe GALL⁹⁻¹¹.

La experiencia en la renovación de licencia demuestra que estos métodos

U.S. Nuclear License Renewal Filings

48 extensions granted, 47 pending and publicly announced

Reactor Name	Date of Application	Extension Granted
Calvert Cliffs 1 & 2	Received April-98	3/23/00 Unit 1 extended to 31-Jul-34 Unit 2 extended to 13-Aug-36
Oconee Units 1, 2 & 3	Received July-98	5/23/00 Unit 1 extended to 6-Feb-33 Unit 2 extended to 6-Oct-33 Unit 3 extended to 19-Jul-34
Arkansas Nuclear One 1	Received February-00	6/20/01 Unit 1 extended to 20-May-34
Edwin I. Hatch 1 & 2	Received March-00	1/15/02 Unit 1 extended to 6-Aug-34 Unit 2 extended to 13-Jun-38
Turkey Point 3 & 4	Received September-00	6/6/02 Unit 3 extended to 19-Jul-32 Unit 4 extended to 10-Apr-33
North Anna 1 & 2	Received May-01	3/20/03 Unit 1 extended to 1-Apr-38 Unit 2 extended to 21-Aug-40
Surry 1 & 2	Received May-01	3/20/03 Unit 1 extended to 25-May-32 Unit 2 extended to 29-Jan-33
Peach Bottom 2 & 3	Received July-01	5/7/03 Unit 2 extended to 8-Aug-33 Unit 3 extended to 2-Jul-34
St. Lucie 1 & 2	Received November-01	10/3/03 Unit 1 extended to 1-Mar-36 Unit 2 extended to 6-Apr-43
Fort Calhoun	Received January-02	11/4/03 Unit 1 extended to 9-Aug-33
Catawba 1 & 2	Received June-01	12/5/03 Unit 1 extended to 5-Dec-43 Unit 2 extended to 5-Dec-43
McGuire 1 & 2	Received June-01	12/5/03 Unit 1 extended to 12-Jun-41 Unit 2 extended to 3-Mar-43
H.B. Robinson 2	Received June-02	4/19/04 Unit 2 extended to 31-Jul-30
V.C. Summer	Received August-02	4/23/04 Unit 1 extended to 6-Aug-42
Genoa	Received August-02	5/19/04 Unit 1 extended to 18-Sep-29
Dresden 2 & 3	Received January-03	10/28/04 Unit 2 extended to 22-Dec-29 Unit 3 extended to 12-Jan-31
Quad Cities 1 & 2	Received January-03	10/28/04 Unit 1 extended to 14-Dec-32 Unit 2 extended to 14-Dec-32
Joseph M. Farley 1 & 2	Received September-03	5/12/05 Unit 1 extended to 25-Jun-37 Unit 2 extended to 31-Mar-41
Arkansas Nuclear One 2	Received October-03	7/1/05 Unit 2 extended to 17-Jul-38
Donald C. Cook 1 & 2	Received November-03	8/30/05 Unit 1 extended to 25-Oct-34 Unit 2 extended to 23-Dec-37
Millstone 2 & 3	Received January-04 (Unit 3 requires exemption)	11/28/05 Unit 2 extended to 31-Jul-35 Unit 3 extended to 25-Nov-45
Point Beach 1 & 2	Received February-04	12/22/05 Unit 1 extended to 5-Oct-30 Unit 2 extended to 8-Mar-33
Browns Ferry 1, 2 & 3	Received December-03	5/4/06 Unit 1 extended to 20-Dec-33 Unit 2 extended to 28-Jun-34 Unit 3 extended to 2-Jul-36
Brunswick 1 & 2	Received October-04	6/26/06 Unit 1 extended to 8-Sep-36 Unit 2 extended to 27-Dec-34
Nine Mile Point 1 & 2	Received May-04	10/31/06 Unit 1 extended to 22-Aug-29 Unit 2 extended to 31-Oct-46
Monticello	Received March-05	08/11/06 Unit 1 extended to 8-Sep-30
Palisades	Received March-05	17/01/07 Unit 1 extended to 24-Mar-31

Applications Under Review - 17

Oyster Creek 1	Received July-05
Pilgrim 1	Received January-06
Vermont Yankee 1	Received January-06
FitzPatrick	Received August-06
Susquehanna 1 & 2	Received September-06
Wolf Creek 1	Received October-06
Shearon Harris 1	Received November-06
Indian Point 2 & 3	Received April-07
Vogtle 1 & 2	Received June-07
Beaver Valley 1 & 2	Received August-07
Three Mile Island 1	Received January-08
Prarie Island 1 & 2	Received April-08

Applications Anticipated - 30

Cooper	September-08
Kewaunee	September-08
STARS	October-December-08
Duane Arnold	October-December-08
Entergy Plant	January-09
Crystal River 3	January-March-09
Salem 1 & 2	September-09
Hope Creek 1	September-09
STARS	October-December-09
Columbia Generating Station 2	January-10
Entergy Plant	January-10
Davis Besse	August-10
STARS	October-December-10
Exelon Plant	September-11
STARS	October-December-11
Exelon Plant	September-12
Exelon Plant	July-13
STARS	July-13
Perry 1	July-September-13
	agosto-13

Fuente: NEI

Likelihood of Seeking License Renewal Past 60 Years

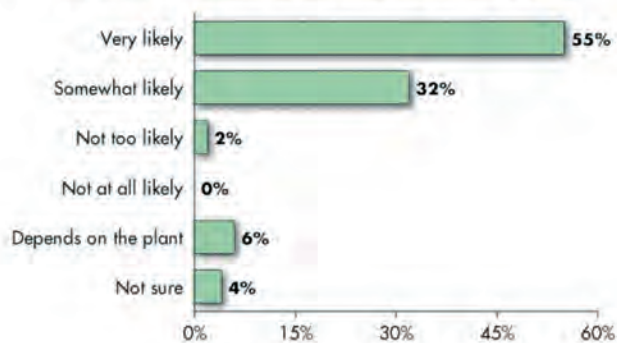


Figura 8. Expectativas de perseguir la renovación de operación más allá de los 60 años.

implican un proceso estable, predecible y eficaz. La primera planta en solicitar y conseguir la renovación de licencia fue Calvert Cliffs (Figura 6). Hasta Julio de 2008 alrededor del 90% de las centrales en operación en EEUU han recibido renovaciones de licencia, tienen renovaciones de licencia bajo revisión, o han enviado cartas de intención a la NRC para solicitar la renovación⁸ (Figura 7). Se espera que prácticamente todas las centrales en operación presenten solicitudes de renovación y tanto la NRC como el Nuclear Energy Institute (NEI) anticipan que el proceso en vigor de renovación de licencia se aplicará a ulteriores renovaciones mas allá de los 60 años¹².

OPORTUNIDADES Y DIFICULTADES TÉCNICAS

Extender la operación de las centrales nucleares mas allá de los 40 años (o de los 60 años tras la renovación), es en el fondo una decisión de negocio, pero las ventajas medioambientales y financieras de estos activos para la sociedad exigen un cuidadoso análisis.

La tendencia hacia la operación a largo plazo, sin embargo, conlleva muchos objetivos que son un reto, en particular la necesidad de mantener los factores de carga cerca del 90%, con índices de paradas forzadas muy bajos y prestaciones excepcionalmente altas en materia de seguridad.

A finales de 2007, EPRI hizo una encuesta al cuadro directivo ejecutivo de 23 de las 26 compañías operadoras de activos nucleares estadounidenses. Mas del 95% de los entrevistados manifestaron haber dedicado "algún" o "mucho" tiempo a pensar en planteamientos de operación a largo plazo y mas del 85% opinaba que la operación mas allá de los 60 años era "algo" o "muy" posible³ (Figura 8).

Este interés de la industria tuvo su influencia en un seminario sobre I+D en la extensión de vida en centrales nucleares, entre el Departamento de Energía (US DoE) y la NRC el pasado febrero de 2008. Los participantes en el seminario discutieron el alcance de un amplio abanico de necesidades de I+D para afrontar la operación a largo plazo de las centrales nucleares.

Como resultado de esta encuesta de EPRI y del dialogo durante el seminario de extensión de vida, han aflorado numerosos retos técnicos para la operación a largo plazo.

Una comprensión mas completa del "envejecimiento de materiales en centrales nucleares" relacionada con la vida en servicio más allá de los 60 años es importante para la operación extendida.

- La corrosión, el desgaste y la fatiga de componentes metálicos pueden aumentar con una mayor exposición a las altas temperaturas, la radiación y los ciclos térmicos. Un conocimiento mayor de estos mecanismos de fallo permitirá el desarrollo de mejores tecnologías de evaluación no destructiva, de capacidades de monitorización y de modelos de predicción de fallos (Figura 9).

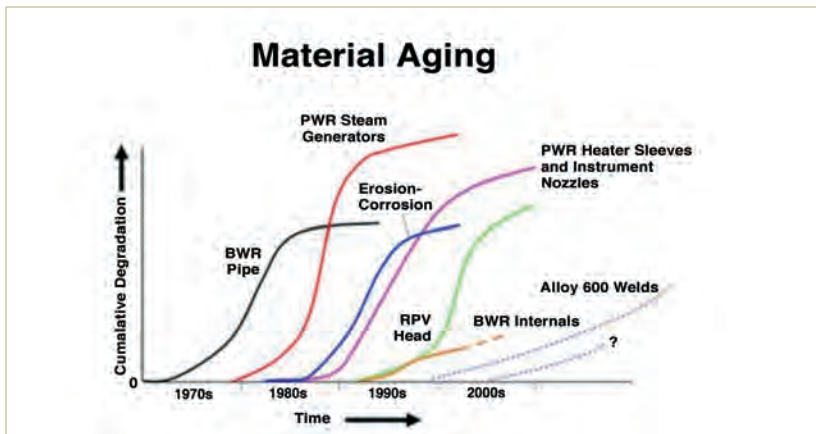


Figura 9. Progresión del envejecimiento de materiales.

- El envejecimiento de *estructuras de hormigón* – en particular el edificio de contención, los cimientos de edificios y las estructuras de captación de agua– requieren inversiones importantes para identificar las características limitadoras de vida, los requerimientos en cuanto a monitorización y las opciones de mitigación.
- La degradación de materiales en *cables eléctricos, tuberías enterradas y grandes componentes* conllevan un amplio conjunto de materiales y condiciones ambientales de servicio. Una comprensión mayor de los mecanismos de degradación y las estrategias de mitigación ayuda a asegurar mantener la seguridad, fiabilidad y disponibilidad.

Para mejorar la evaluación de la salud de componentes y sistemas (Systems health) en el conjunto de la planta y el control durante la extensión de vida, son deseables *sistemas de instrumentación e información* modernos e integrados, que proporcionen control automático, monitorización en línea, diagnóstico de equipos y pronóstico para la planificación del mantenimiento y las inversiones en

mejoras. Incorporar estos sistemas en las centrales nucleares representa un reto único debido a la escala de las modificaciones requeridas, a las capacidades de modelizado y simulación necesarias para demostrar la fiabilidad y a la necesidad de mantener los estándares de la instrumentación y control consistentes con las guías técnicas y regulatorias que evolucionan constantemente. Por otra parte, el despliegue de estas tecnologías ofrece un gran potencial para afrontar las reducciones esperadas del personal con experiencia consecuencia de la demografía de la plantilla que presta servicio en las centrales nucleares de EEUU en la actualidad⁴ (Figura 10).

Aunque la industria nuclear ha hecho grandes progresos en el desarrollo de herramientas de gestión de activos informadas por el riesgo, estas herramientas están infradesarrolladas y no han sido probadas para horizontes de tiempo extensos. Los investigadores están explorando *métodos para la gestión a largo plazo de los activos* que puedan simultáneamente evaluar el coste, el riesgo y otras consideraciones no económicas para 40 años o más en el futuro. Tales herramientas se podrían

basar en avances en la teoría de opciones para informar la toma de decisiones; por ejemplo, los propietarios de activos podrían optar por añadir un margen extra en un equipo o sistema particular aunque aumente su coste, pueda conferirle una flexibilidad operacional y la oportunidad de diluir riesgos.

Otros ejemplos de posibles vías de investigación para la operación de centrales nucleares a largo plazo incluye mejoras evolutivas en los diseños actuales del combustible; combustibles nucleares avanzados que proporcionen avances en capacidades y prestaciones, métodos informados en riesgo para equilibrar de forma optimizada los recursos operacionales con los requerimientos regulatorios y tecnologías avanzadas de refrigeración que aseguren el adecuado uso del agua medioambientalmente respetuoso y en el largo plazo.

ACTIVIDADES DE LA INDUSTRIA

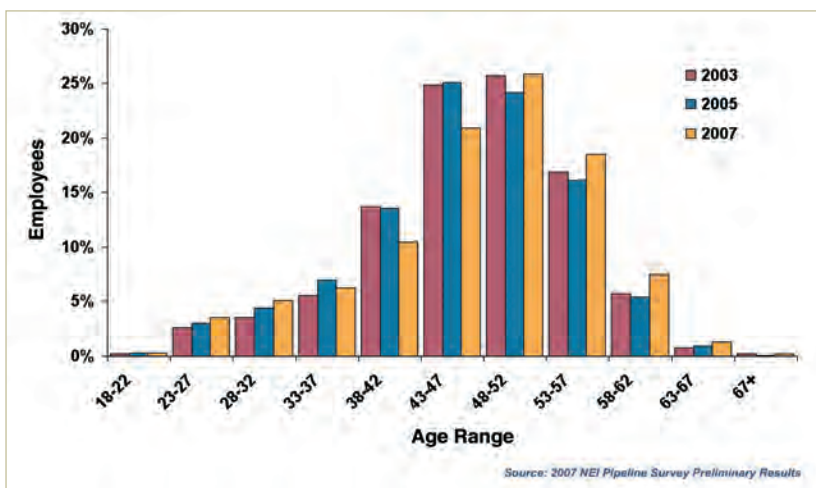
A principios de 2007 EPRI fue consciente de la necesidad de investigación y desarrollos adicionales para el apoyo a la operación a largo plazo. En aquel momento, los estudios bajo el análisis PRISM de EPRI subrayaban el papel clave que la energía nuclear debe jugar para conseguir reducciones significativas de gases de efecto invernadero hacia 2030 (ver recuadro). El PRISM hacia hincapié en la importancia de las nuevas unidades nucleares, pero también llamaba la atención sobre el valor de las plantas existentes para lograr los objetivos de reducción de emisiones globales de la industria eléctrica.

La importancia de las centrales nucleares actuales ha sido reafirmada por la encuesta a altos ejecutivos, que EPRI llevo a cabo a finales de 2007. Las principales razones esgrimidas por los ejecutivos para extender la operación mas allá de los 60 años tiene que ver por un lado con el valor de las centrales como una fuente económica y libre de carbono para poder cumplir con las necesidades futuras de electricidad y por otro con una generación eléctrica económicamente rentable a partir de activos comprobados y amortizados.

Los ejecutivos también expresaron su deseo de que EPRI identifique y afronte los retos técnicos claves, y que facilite la interacción entre gobierno e industria para responder a estos retos de una forma consistente⁵.

EPRI esta actualmente colaborando con el Departamento de Energía, el Laboratorio Nacional de Idaho y la NRC para evaluar y asignar prioridades a las necesidades de investigación. Estas actividades de investigación han de ser repartidas entre las diversas entidades públicas y privadas. Por su parte EPRI

Figura 10. Distribución por edad de la plantilla en la industria nuclear Estadounidense.



esta lanzando un programa denominado "Long Term Operation" para definir y llevar a cabo investigación dirigida a maximizar, con la seguridad necesaria, los activos existentes.

CONCLUSIÓN

Aunque la operación de centrales nucleares mas allá de los 60 años puede parecer un objetivo distante a fecha de hoy, es muy posible que surja pronto como una decisión económica clara y sólida. Dado el coste de generación de electricidad altamente competitivo de las centrales nucleares existentes y las inversiones significativas necesarias para construir nuevas instalaciones, la mejora de componentes existentes y la modernización de sistemas que permitan la operación a largo plazo pueden representar las opciones menos costosa para garantizar la capacidad de generación libre de emisiones que se demanda. Además, aunque la investigación contemplada vaya dirigida a la operación mas allá de los 60 años, los resultados intermedios también darán soporte técnico para los 60 años de operación iniciales.

REFERENCIAS

- DOE - Energy Information Agency, Monthly Nuclear Generation by State, 2007.
- Sciencetech, Commercial Nuclear Power Plants, Edition No. 24, March 2007.
- Electric Utility Cost Group (1990-98), Energy Velocity / NRC (1999-2007), February 2008
- Global Energy Decisions, U.S. Energy Production Costs (1995 - 2007), May 2008.
- Global Energy Decisions / Energy Information Agency, U.S. Nuclear Industry Capacity Factors (1971 - 2007), April 2008.
- Platts, Nucleonics Week, Volume 49, July 17, 2008.
- EPRI, The Safety Benefits of PRA, April 2007.
- U.S. NRC, NRC Public Web Site, Reactor License Renewal Process, July 2008.
- EPRI, Aging Effects for Structures and Structural Components (Structural Tools), December 2007. 1015078
- EPRI, License Renewal Electrical Handbook (Revision 1 to 1003057), February 2007. 1013475
- EPRI, Non-Class 1 Mechanical Implementation Guideline and Mechanical Tools, Revision 4, January 2005. 1010639
- NRC / DOE, NRC / DOE Workshop on U.S. Nuclear Power Plant Life Extension Research and Development, February 2008.
- EPRI, Long-Term Operation of Nuclear Power Plants: Summary of Executive Interviews, January 2008. ■

El análisis PRISM de EPRI

Las reducciones a gran escala de emisiones de CO₂ que se contemplan para poder estabilizar y finalmente reducir las concentraciones de CO₂ atmosféricas, presentan retos técnicos, económicos, regulatorios y políticos. Reconciliar estos retos con el crecimiento continuo en la demanda de energía hace ver la necesidad de un planteamiento diversificado y que afecte a la economía en su conjunto.

Los estudios PRISM (el Prisma, por la apariencia de las franjas de colores de sus resultados gráficos) del Electric Power Research Institute (EPRI), están basados en una evaluación "de abajo a arriba" de las capacidades técnicas y del potencial despliegue de las diversas tecnologías, para valorar la viabilidad de las reducciones de emisiones de CO₂ del sector eléctrico en Estados Unidos. El análisis estima las reducciones de CO₂ del sector eléctrico *potenciales* en cuanto a que se centra solamente en las *capacidades técnicas*, suponiendo que no hubiera restricciones políticas o económicas.

El análisis PRISM compara las emisiones de CO₂ del sector eléctrico en 2030 basadas en la consecución de agresivos objetivos tecnológicos con las emisiones previstas para 2030 utilizando el escenario "caso base de 2007" de la US Energy Information Administration (EIA). El análisis de EPRI parte del supuesto de que las diversas tecnologías alcanzan satisfactoriamente los objetivos resumidos en la tabla de la figura adjunta.

Las tecnologías consideradas y la selección de objetivos "agresivos pero posibles" se basan en capacidades que todavía requieren sustanciales esfuerzos en investigación, desarrollo y/o despliegue, pero para los cuales ya se puede identificar una secuencia específica de I+D + demostración que alcanzaría el despliegue a gran escala de la tecnología entre hoy y 2030. Las capacidades que requieran unos desarrollos tecnológicos radicales o cuyo despliegue se prevea posterior al 2030 han sido excluidos del análisis.

Como se muestra en la figura adjunta, un desarrollo y un despliegue agresivos de algunas tecnologías avanzadas puede reducir las emisiones de CO₂ del sector eléctrico estadounidense alrededor del 45% para 2030 con respecto al caso base estimado por la EIA. Más importante aún, el análisis PRISM indica que la tendencia creciente de emisiones de CO₂ del sector eléctrico de EEUU puede ser reducida, detenida y en última instancia revertida.

La implantación agresiva de tecnologías avanzadas conlleva una modificación sustancial en el mix de generación. El carbón sigue siendo una parte crítica del suministro eléctrico en EEUU aunque estando unido a la captura del CO₂; la energía nuclear y las renovables incrementan su contribución y la generación con gas natural disminuye. La nuclear por ejemplo incrementa su contribución a la generación eléctrica desde un 16% en el caso base del EIA a más del 25% en el análisis PRISM de EPRI, mediante la incorporación de unos 64.000 MW de nueva capacidad nuclear y el apoyo por los reactores existentes operando a largo plazo.

