

Planes de gestión de vida en centrales nucleares PWR

G. Esteban

Desde que en el año 2009 el CSN publicó la Instrucción de Seguridad IS-22 [1] con la cual establece el marco regulatorio que deben cumplir las centrales nucleares españolas en materia de Gestión de Vida, la mayor parte de plantas nucleares españolas iniciaron un proceso de convergencia de sus planes de gestión de vida a la práctica del 10 CFR 54 [2], que constituye la referencia actual de la industria nuclear española para la gestión del envejecimiento, bien sea para la continuación dentro del periodo de vida de diseño de la planta, así como para la operación a Largo Plazo. El presente artículo tiene por objeto describir la forma de cómo se están implantando los planes de gestión de vida en plantas PWR españolas.

Since in 2009 the CSN published the Safety Instruction IS-22 [1] which establishes the regulatory framework the Spanish nuclear power plants must meet in regard to Life Management, most of Spanish nuclear plants began a process of convergence of their Life Management Plans to practice 10 CFR 54 [2], which is the current standard of Spanish nuclear industry for Ageing Management, either during the design lifetime of the plant, as well as for Long-Term Operation. This article describes how Life Management Plans are being implemented in Spanish PWR NPP.



GABRIEL ESTEBAN LÓPEZ

es ingeniero técnico industrial por la Universidad del País Vasco, con más de 18 años de experiencia en Ingeniería IDOM, de los cuales, los diez últimos los ha desarrollado como ingeniero y director de proyectos de instalaciones industriales nucleares. Destacar su participación en la Preparación de la Renovación de la Autorización de Explotación de CN de Santa M^a de Garoña (Proyecto 2019) y como responsable de los trabajos de desarrollo e implantación de los Programas de Gestión de Envejecimiento dentro de los Planes de Gestión de Vida de las Centrales Nucleares de Almaraz y Trillo. En la actualidad es el director de proyecto para el desarrollo e implantación de los Planes de Gestión de Vida de las Centrales Nucleares de Ascó y Vandellós II.

INTRODUCCIÓN

En el año 2009 el CSN publicó la Instrucción de Seguridad IS-22 [1] con la cual establece el marco regulatorio que deben cumplir las centrales nucleares españolas en materia de gestión de vida durante el periodo de operación normal de las plantas y para las solicitudes de renovación de licencia de operación a largo plazo. Dicha instrucción se basa en las indicaciones y recomendaciones de normas de la NRC 10 CFR 54 [2], NUREG-1800 [3] y NUREG-1801 [4].

Como consecuencia de dicha publicación, las plantas realizaron estudios de las actividades desarrolladas en esta materia hasta entonces frente a los requisitos de la IS-22, concluyendo que los criterios de selección del 10 CFR 54 ya estaban englobados dentro de los Planes de Gestión de Vida (PGV) que tenían implantados hasta entonces. No obstante, la forma en que se estaban enfocando en dichos planes la revisión de gestión del envejecimiento, no se correspondía con el esquema más extendido hoy en día, que es el utilizado para preparar las solicitudes de renovación de licencia de las plantas americanas según el 10 CFR 54.

Por ello, la mayor parte de plantas nucleares españolas iniciaron un proceso de convergencia de sus planes de gestión de vida a la práctica del 10 CFR 54, que constituye la referencia actual de la industria nuclear española para la gestión del envejecimiento, bien sea para la continuación dentro del periodo de vida de diseño de la planta, así como para la operación a largo plazo.

El presente artículo tiene por objeto describir la metodología que se está utilizando en plantas PWR.

DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DE VIDA

La gestión de vida se entiende como el conjunto de acciones cuyo fin es mejorar la fiabilidad y disponibilidad de la planta, garantizar la vida de diseño y mantener abierta la posibilidad de renovación de la licencia para la operación a largo plazo de las centrales nucleares, manteniendo en todo momento las condiciones adecuadas de seguridad. El envejecimiento afecta de una u otra forma a la mayoría de los componentes. Por ello, en la selección de estructuras, sistemas y componentes para la gestión de vida

se deben definir unos criterios que limiten y prioricen aquellos a vigilar.

El plan de gestión de vida de una central nuclear consta de tres fases:

- Fase 1: implantación/desarrollo.
- Fase 2: seguimiento.
- Fase 3: operación a largo plazo.

Fase 1: implantación/desarrollo

El objeto de esta fase es establecer una evaluación sistematizada del envejecimiento que, partiendo de toda la población de Estructuras, Sistemas y Componentes (ESC), se desarrolle de forma selectiva de acuerdo con la estrategia general de gestión de vida de la central.

La metodología empleada para la implantación del plan de gestión de vida está basada en las indicaciones del 10 CFR 54 de aplicación a los equipos y componentes que cumplen con los criterios funcionales y sean considerados pasivos de larga vida de acuerdo con la Instrucción IS-22.

Esta metodología consiste, esencialmente, en analizar si los programas y prácticas de mantenimiento implantadas en la central y aplicados a las ESC incluidos en el alcance de gestión de vida, son adecuados para vigilar,

controlar y/o mitigar los efectos de degradación que se postulan. Fruto de este análisis se determina la necesidad de modificación o creación de nuevas actividades de control.

La Figura 1 muestra esquemáticamente dichas actividades.

A continuación se detalla cada una de las mismas:

a) Definición del alcance (Alcance). El objetivo de esta actividad es determinar el conjunto de componentes incluidos en el PGV. Según la IS-22, los componentes que deben incluirse en el PGV son aquellos que cumplen los criterios de selección del 10 CFR 54.4(a). Estos son:

- Las ESC relacionados con la seguridad que han de permanecer funcionales durante y después de un suceso base de diseño para asegurar las siguientes funciones:
 - La integridad de la barrera de presión del refrigerante.
 - La capacidad de parar el reactor y mantenerlo en condiciones de parada segura.
 - La capacidad de prevenir o mitigar las consecuencias de accidentes que podrían suponer emisiones de radiactividad al exterior.
- Las ESC no relacionados con la seguridad cuyo fallo puede dar lugar al incumplimiento de cualquiera de las funciones identificadas en el punto anterior.
- Las ESC que deben realizar funciones de acuerdo a los análisis de seguridad o evaluaciones de planta que demuestran el cumplimiento con las regulaciones de protección contra incendios (PCI), calificación ambiental (CA), choque térmico a presión (PTS), transitorios previstos sin disparo del reactor (ATWS), y pérdida total de corriente alterna (SBO).

A partir de la documentación de planta se identifican los ESC que cumplen dichos criterios.

Se seleccionan exclusivamente los componentes considerados "pasivos" y de larga vida según la tabla 2.1-5 del NUREG-1800. De acuerdo con el 10 CFR 54, los componentes "activos" no requieren gestión del envejecimiento.

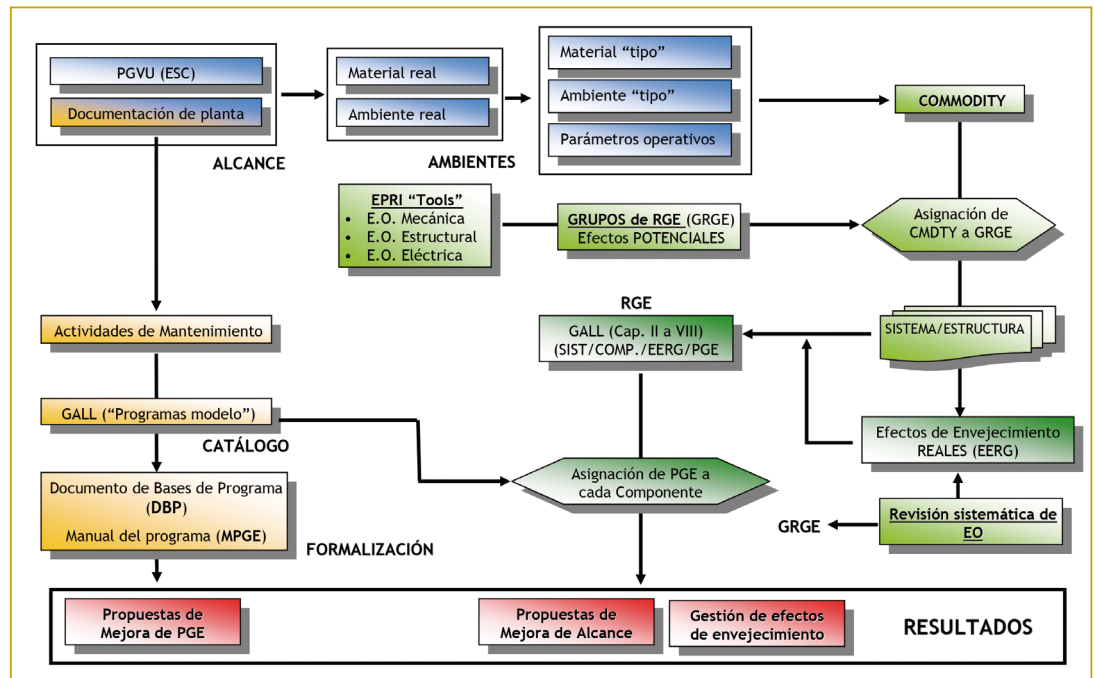


Figura 1. Diagrama de bloques de las actividades de implantación de Gestión de Vida.

Esta tarea permite determinar qué componentes de qué sistema o estructura se encuentran dentro del alcance de la revisión de la gestión del envejecimiento (RGE).

b) Definición general de ambientes en la central (Ambientes). El objetivo de esta actividad consiste en identificar con precisión los ambientes externos e internos a que están sometidos los componentes identificados en la actividad anterior, incluidos en el PGV. Se identifican, entre otras cosas, los parámetros de química del agua de procesos, los parámetros de química del gasoil y aceites, las características de suelos y aguas subterráneas, las características de las aguas de río, hormigones, aire/gas de procesos, aire ambiente interior, intemperie, y las temperaturas y niveles de radiación en operación normal en los diferentes recintos de la central.

Al finalizar esta actividad se realiza la asignación a cada componente del alcance de sus ambientes exterior e interior correspondientes. Una vez el componente tiene identificadas todas sus características se realiza su evaluación de RGE. En este punto, IDOM ha hecho uso en su metodología de unas agrupaciones denominadas "COMMODITIES", definidas por un material, un ambiente y en algunos casos un parámetro operativo diferenciador.

c) Catálogo de programas de gestión del envejecimiento (Catálogo). El objetivo de esta actividad es identificar las prácticas de inspección y mantenimiento que se desarrollan en las centrales, a las que se pueda dar crédito en la Revisión de la Gestión de Envejecimiento (RGE) y agruparlas en Programas de Gestión del Envejecimiento (PGE) de acuerdo con los programas modelo de los capítulos X y XI del informe GALL (NUREG-1801 [4]).

Como resultado de esta actividad se obtiene un catálogo de PGE "homologables" con el informe GALL y al cual se recurre para la gestión de los efectos de envejecimiento que se identifican como aplicables en la RGE. Como resultado adicional de esta actividad, también se identifican un serie de PROPUESTAS DE MEJORA que es necesario acometer para homologar las prácticas de inspección y mantenimiento de la central a los PGE modelo que figuran en el informe GALL. Esta actividad consta de dos tareas:

- [1] Identificación de los "programas modelo" de gestión del envejecimiento aplicables a la central.
- [2] Desarrollo de Documentos de Bases de Programa (DBP). Para cada programa del catálogo, determinado en la tarea anterior, se prepara un Documento de Bases de Programa (DBP). Esta tarea se lleva a cabo mediante análisis de cada actividad de inspección

o mantenimiento existente en la central, con objeto de determinar el contenido concreto y la experiencia operativa asociada a las mismas.

Los programas de gestión de envejecimiento identificados en las centrales PWR españolas son del orden de 44 programas GALL, más dos programas específicos.

Dichos PGE se reparten en cinco grupos:

- Programas de vasija (4).
- Programas mecánicos (18).
- Programas estructurales (12).
- Programas eléctricos (7).
- Programas químicos (3).

d) Definición de Grupos de Revisión de Gestión del Envejecimiento (**Grupos RGE**). En esta actividad se revisa la experiencia operativa y los resultados de programas de I+D+i llevados a cabo por la industria americana ([10], [11] y [12]) para determinar qué mecanismos de envejecimiento pueden potencialmente aplicar a los ESC de las centrales en función del material de que están contruidos y de los ambientes al que están sometidos. Asimismo, la experiencia operativa de la industria americana se compara con la experiencia operativa recogida en el PGV de las centrales a través de la tarea de Revisión Sistemática de la Experiencia Operativa, para asegurar que no se han dado mecanismos de envejecimiento específicos, distintos de los que aparecen en la experiencia operativa de la industria americana.

Como resultado de esta actividad se obtienen los Grupos RGE, los cuales tienen una serie de características comunes, como el material, ambiente, mecanismos y efectos de envejecimiento "POTENCIALES".

e) Revisión de Gestión del Envejecimiento (**RGE**). En esta actividad convergen todas las actividades anteriores. A partir de la lista de efectos y mecanismos de envejecimiento potencialmente aplicables a cada ESC, y en función del Grupo RGE en el que se encuadre, se determina qué efectos y mecanismos son realmente aplicables en las condiciones específicas de cada central. Una vez determinados los efectos y mecanismos "APLICABLES", se asigna a su gestión uno o varios programas del catálogo de PGE's. En esta asignación se tienen como referencia básica los capítulos II a VIII del informe GALL, en función del sistema al que pertenece el ESC.

La situación es tanto más favorable cuanto más próximos resulten los



Figura 2. Esquema de las etapas en la fase de seguimiento de Gestión de Vida.

programas asignados a los utilizados en el informe GALL para gestionar los mismos efectos de envejecimiento. En este sentido, una vez efectuada la RGE de un ESC, se señala el grado de consistencia con el tratamiento que recibe el mismo componente en el informe GALL.

f) Revisión Sistemática de la Experiencia Operativa (EO). En esta tarea se trata de caracterizar y documentar la experiencia operativa en lo relativo a las condiciones de servicio, transitorios de operación, roturas, fallos o cualquier otra condición inusual que haya afectado a las prestaciones o estado de los componentes que están dentro del alcance del PGV.

La realización de esta actividad se desglosa en las siguientes tareas:

- *Revisión sistemática de experiencia operativa interna.* Se tienen en cuenta como fuentes de información las siguientes: Informes de Sucesos Notificables (ISN), condiciones anómalas, incidentes menores, etc.
- *Revisión sistemática de experiencia operativa externa.* Se tienen en cuenta diferentes fuentes de información existentes en la industria, como por ejemplo: Informes de Sucesos Notificables (ISN) de centrales nucleares españolas, *Significant Event Report* (SER) y *Significant Operating Experience Report* (SOER) de WANO, *Significant Event Report* (SER) y *Significant Operating Experience Report* (SOER) de INPO, *Nuclear Safety Advisory Letter* (NSAL) y *Technical Bulletin* de Westinghouse, etc. El objetivo último del trabajo es disponer de una recopilación sistema a sistema de la experiencia operativa relacionada con el mismo, que sirva de apoyo a la revisión de la gestión del envejecimiento (RGE).

g) Formalización de PGE (**Formalización**).

Al desarrollar los DBP se ha visto que algunos PGE podían considerarse implantados en base a las prácticas de inspección y mantenimiento desarrolladas por la central, pero que, sin embargo, algunos PGE carecen de una formalización documental o ésta se encuentra muy dispersa entre los procedimientos de la central. Se ha identificado entonces la necesidad de proporcionar a dichos programas de un documento de primer nivel o manual del PGE (MPGE), adaptado al programa modelo del NUREG-1801, que justifique la implantación del programa según el DBP y que sirva de referencia para el PGE.

Dicho documento es también la base para la gestión de la experiencia operativa asociada al PGE y para asegurar que el alcance del programa se actualiza conforme se introducen modificaciones en la central.

Fase 2: Seguimiento de la Gestión de Vida (actividades básicas)

En esta fase se realiza el seguimiento de las actividades de Gestión de Vida implantadas en las centrales en la Fase 1, así como la actualización de las Actividades Básicas que sean requeridas (Figura 2).

a) **Mantenimiento de los PGE.** Periódicamente se realiza una revisión de la documentación de referencia y de la aplicación de los manuales y procedimientos de la central que hayan sido identificados en los Programas de Gestión del Envejecimiento (PGE), destacando en éstos los resultados más relevantes. Los PGE deben retroalimentarse de forma periódica de la experiencia adquirida en su propia aplicación para tratar de mejorarlos, adaptándolos a las circunstancias requeridas. La actualización de los programas con los registros y análisis de



Central nuclear Vandellós II. © Daniel López.

la experiencia operativa procedente de los resultados de la aplicación de los propios PGE, permitirá establecer si dicho programa es efectivo en la prevención o detección oportuna de los efectos del envejecimiento. Un indicador apropiado para la validación del PGE a lo largo del tiempo será la constatación de que el registro y análisis periódico de la experiencia operativa de los programas permite detectar los efectos del envejecimiento objetivo del PGE antes de que haya pérdida de función propia en los componentes o de que, en caso de haberla, es posible analizar qué ha fallado en la sistemática del PGE e introducir mejoras para que no vuelva a suceder.

b) Actualización de las Actividades Básicas.

El alcance, metodología y conclusiones de las Actividades Básicas son susceptibles de alteraciones por motivos tales como modificaciones de diseño implantadas, experiencia operativa asociada a eventos internos o externos causados por los efectos del envejecimiento, evolución de la tecnología, actualización en la propia Gestión de Vida o como consecuencia de posibles avances en el conocimiento de los diversos mecanismos de envejecimiento. El alcance de todos estos cambios potenciales asociados al PGV, son revisados periódicamente.

c) Edición de los informes anuales de Gestión de Vida.

Según se establece en la IS-22, todas las centrales nucleares españolas deben remitir al CSN un informe sobre las actividades del Plan de Gestión de Vida. Por ello, se recopila y procesa la información necesaria para editar el Informe Anual de Gestión de Vida. Dicho informe tiene el siguiente contenido:

- Objetivos de la Gestión de Vida
- Alcance del Plan de Gestión de Vida
- Metodología (por tareas)
- Organización
- Trabajos realizados (por tareas)
- Compromisos con el CSN
- Trabajos previstos para el año en curso
- Proyectos complementarios al Plan de GV
- Referencias, definiciones y acrónimos
- Anexos

Fase 3: Operación a Largo Plazo

La Fase 3 incluye la definición y el desarrollo de las actividades necesarias para cumplir con los requisitos reguladores que pudieran estar ligados a la Operación a Largo Plazo. Esta fase se desarrolla cuando la central opte a operar más allá de los 40 años.

La IS-22 establece que la solicitud de renovación de la Autorización de Explotación de las centrales nucleares españolas más allá de la vida de diseño inicial debe incluir, entre otros, un informe del Plan Integrado de Evaluación y Gestión del Envejecimiento (PIEGE), constituido por una serie de estudios de gestión del envejecimiento, que permitan garantizar, de modo razonable, la funcionalidad de los elementos relacionados con la seguridad y de los elementos relevantes para la seguridad que forman parte de su alcance, considerando el nuevo periodo de explotación.

Específicamente, las centrales nucleares que opten por la explotación a largo plazo deben realizar los Análisis de Envejecimiento en Función del Tiempo (AEFT).

Los Análisis de Envejecimiento en Función del Tiempo (AEFT) son los cálculos de licenciamiento que afectan a las ESC que están dentro del

alcance del PGV y que hacen uso de un tiempo de vida limitado para justificar la seguridad. Dentro de esta actividad se trata de identificar los AEFT empleados en el licenciamiento de la central y de verificar que los cálculos siguen siendo válidos para el periodo de operación a largo plazo o que pueden extrapolarse hasta el final de dicho periodo o que, en último caso, los efectos del envejecimiento se gestionarán adecuadamente durante la operación extendida.

Ejemplos de AEFT que pueden identificarse en centrales nucleares PWR son:

- Fragilización neutrónica de la vasija y los internos del reactor.
- Fatiga de los metales de la vasija del reactor, internos, tuberías y componentes de la barrera de presión del refrigerante del reactor.
- Calificación ambiental del equipo eléctrico y de instrumentación y control.
- Pérdida de pretensado en los tendones de la contención.
- Fatiga de la contención.
- Otros procesos de envejecimiento analizados por AEFT específicos de cada planta.

REFERENCIAS

- [1] CSN, IS-22 "Instrucción de seguridad sobre requisitos de seguridad para la Gestión del envejecimiento y Operación a Largo Plazo de Centrales Nucleares", julio 2009.
- [2] U.S. NRC, 10 CFR Part 54 "Requirements for Renewal of Operating Licenses for Nuclear Power Plants", mayo de 1995.
- [3] U.S. NRC, NUREG-1800 Rev. 2 "Standard Review Plan for the Review of License Renewal Applications for Nuclear Power Plants", diciembre 2010.
- [4] U.S. NRC, NUREG-1801 Rev. 2 "Generic Aging Lessons Learned (GALL) Report", diciembre 2010.
- [5] U.S. EPRI, 1010639. "Non-Class 1 Mechanical Implementation Guideline and Mechanical Tools". Rev. 4, enero 2006.
- [6] U.S. EPRI, 1013475. "Plant Support Engineering: License Renewal Electrical Handbook. Revision 1 to EPRI Report 1003057", febrero 2007.
- [7] U.S. EPRI, 1015078. "Plant Support Engineering: Aging Effects for Structures and Structural Components (Structural Tools)", diciembre 2007. ■