

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

Normas de seguridad del OIEA

para la protección de las personas y el medio ambiente

Gestión del envejecimiento en centrales nucleares

Guía de seguridad

Nº NS-G-2.12



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA Y PUBLICACIONES CONEXAS

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Con arreglo a lo dispuesto en el artículo III de su Estatuto, el OIEA está autorizado a establecer o adoptar normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad, y a disponer lo necesario para aplicar esas normas.

Las publicaciones mediante las cuales el OIEA establece las normas pertenecen a la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA*. Esta colección abarca la seguridad nuclear, radiológica, del transporte y de los desechos. La colección comprende las siguientes categorías: **Nociones Fundamentales de Seguridad, Requisitos de Seguridad y Guías de Seguridad.**

Para obtener información sobre el programa de normas de seguridad del OIEA puede consultarse el sitio del OIEA:

www.iaea.org/es/recursos/normas-de-seguridad

En este sitio se encuentran los textos en inglés de las normas de seguridad publicadas y de los proyectos de normas. También figuran los textos de las normas de seguridad publicados en árabe, chino, español, francés y ruso, el *Glosario de Seguridad Tecnológica del OIEA* y un informe de situación sobre las normas de seguridad que están en proceso de elaboración. Para más información se ruega ponerse en contacto con el OIEA en la dirección: Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Viena, Austria.

Se invita a los usuarios de las normas de seguridad del OIEA a informar al Organismo sobre su experiencia en la utilización de las normas (por ejemplo, si se han utilizado como base de los reglamentos nacionales, para realizar exámenes de la seguridad o para impartir cursos de capacitación), con el fin de asegurar que sigan satisfaciendo las necesidades de los usuarios. Se puede hacer llegar la información a través del sitio del OIEA o por correo postal a la dirección anteriormente señalada, o por correo electrónico a la dirección: Official.Mail@iaea.org.

PUBLICACIONES CONEXAS

El OIEA facilita la aplicación de las normas y, con arreglo a las disposiciones de los artículos III y VIII.C de su Estatuto, pone a disposición información relacionada con las actividades nucleares pacíficas, fomenta su intercambio y sirve de intermediario para ello entre sus Estados Miembros.

Los informes sobre seguridad en las actividades nucleares se publican como **Informes de Seguridad**, en los que se ofrecen ejemplos prácticos y métodos detallados que se pueden utilizar en apoyo de las normas de seguridad.

Existen asimismo otras publicaciones del OIEA relacionadas con la seguridad, como las relativas a la **preparación y respuesta para casos de emergencia**, los **informes sobre evaluación radiológica**, los **informes del INSAG** (Grupo Internacional Asesor en Seguridad Nuclear), los **informes técnicos** y los **documentos TECDOC**. El OIEA publica asimismo informes sobre accidentes radiológicos, manuales de capacitación y manuales prácticos, así como otras obras especiales relacionadas con la seguridad.

Las publicaciones relacionadas con la seguridad física aparecen en la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA*.

La *Colección de Energía Nuclear del OIEA* comprende publicaciones de carácter informativo destinadas a fomentar y facilitar la investigación, el desarrollo y la aplicación práctica de la energía nuclear con fines pacíficos. Incluye informes y guías sobre la situación y los adelantos de las tecnologías, así como experiencias, buenas prácticas y ejemplos prácticos en relación con la energía nucleoelectrónica, el ciclo del combustible nuclear, la gestión de desechos radiactivos y la clausura.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO
EN CENTRALES NUCLEARES

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

Los siguientes Estados son Miembros del Organismo Internacional de Energía Atómica:

AFGANISTÁN	FILIPINAS	PAKISTÁN
ALBANIA	FINLANDIA	PALAU
ALEMANIA	FRANCIA	PANAMÁ
ANGOLA	GABÓN	PAPUA NUEVA GUINEA
ANTIGUA Y BARBUDA	GEORGIA	PARAGUAY
ARABIA SAUDITA	GHANA	PERÚ
ARGELIA	GRANADA	POLONIA
ARGENTINA	GRECIA	PORTUGAL
ARMENIA	GUATEMALA	QATAR
AUSTRALIA	GUYANA	REINO UNIDO DE
AUSTRIA	HAITÍ	GRAN BRETAÑA E
AZERBAIYÁN	HONDURAS	IRLANDA DEL NORTE
BAHAMAS	HUNGRÍA	REPÚBLICA ÁRABE SIRIA
BAHREIN	INDIA	REPÚBLICA
BANGLADESH	INDONESIA	CENTROAFRICANA
BARBAÐOS	IRÁN, REPÚBLICA	REPÚBLICA CHECA
BELARÚS	ISLÁMICA DEL	REPÚBLICA DE MOLDOVA
BÉLGICA	IRAQ	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA
BELICE	IRLANDA	DEL CONGO
BENIN	ISLANDIA	REPÚBLICA DEMOCRÁTICA
BOLIVIA, ESTADO	ISLAS MARSHALL	POPULAR LAO
PLURINACIONAL DE	ISRAEL	REPÚBLICA DOMINICANA
BOSNIA Y HERZEGOVINA	ITALIA	REPÚBLICA UNIDA
BOTSWANA	JAMAICA	DE TANZANÍA
BRASIL	JAPÓN	RUMANIA
BRUNEI DARUSSALAM	JORDANIA	RWANDA
BULGARIA	KAZAJSTÁN	SAMOA
BURKINA FASO	KENYA	SAN MARINO
BURUNDI	KIRGUISTÁN	SAN VICENTE Y
CAMBOYA	KUWAIT	LAS GRANADINAS
CAMERÚN	LESOTHO	SANTA LUCÍA
CANADÁ	LETONIA	SANTA SEDE
COLOMBIA	LÍBANO	SENEGAL
COMORAS	LIBERIA	SERBIA
CONGO	LIBIA	SEYCHELLES
COREA, REPÚBLICA DE	LIECHTENSTEIN	SIERRA LEONA
COSTA RICA	LITUANIA	SINGAPUR
CÔTE D'IVOIRE	LUXEMBURGO	SRI LANKA
CROACIA	MACEDONIA DEL NORTE	SUDÁFRICA
CUBA	MADAGASCAR	SUDÁN
CHAD	MALASIA	SUECIA
CHILE	MALAWI	SUIZA
CHINA	MALÍ	TAILANDIA
CHIPRE	MALTA	TAYIKISTÁN
DINAMARCA	MARRUECOS	TOGO
DJIBOUTI	MAURICIO	TRINIDAD Y TABAGO
DOMINICA	MAURITANIA	TÚNEZ
ECUADOR	MÉXICO	TURKMENISTÁN
EGIPTO	MÓNACO	TURQUÍA
EL SALVADOR	MONGOLIA	UCRANIA
EMIRATOS ÁRABES UNIDOS	MONTENEGRO	UGANDA
ERITREA	MOZAMBIQUE	URUGUAY
ESLOVAQUIA	MYANMAR	UZBEKISTÁN
ESLOVENIA	NAMIBIA	VANUATU
ESPAÑA	NEPAL	VENEZUELA, REPÚBLICA
ESTADOS UNIDOS	NĪCARAGUA	BOLIVARIANA DE
DE AMÉRICA	NÍGER	VIET NAM
ESTONIA	NIGERIA	YEMEN
ESWATINI	NORUEGA	ZAMBIA
ETIOPÍA	NUEVA ZELANDIA	ZIMBABWE
FEDERACIÓN DE RUSIA	OMÁN	
FIJI	PAÍSES BAJOS	

El Estatuto del Organismo fue aprobado el 23 de octubre de 1956 en la Conferencia sobre el Estatuto del OIEA celebrada en la Sede de las Naciones Unidas (Nueva York); entró en vigor el 29 de julio de 1957. El Organismo tiene la Sede en Viena. Su principal objetivo es “acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica a la paz, la salud y la prosperidad en el mundo entero”.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

COLECCIÓN DE
NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA N° NS-G-2.12

GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO EN CENTRALES NUCLEARES

GUÍA DE SEGURIDAD

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA, 2021

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

DERECHOS DE AUTOR

Todas las publicaciones científicas y técnicas del OIEA están protegidas en virtud de la Convención Universal sobre Derecho de Autor aprobada en 1952 (Berna) y revisada en 1972 (París). Desde entonces, la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (Ginebra) ha ampliado la cobertura de los derechos de autor para incluir la propiedad intelectual de obras electrónicas y virtuales. Es preciso obtener autorización para utilizar textos completos, o parte de ellos, que figuren en publicaciones del OIEA, en formato impreso o electrónico, y, por lo general, esta estará sujeta a un acuerdo sobre regalías. Se aceptan propuestas relativas a la reproducción y la traducción sin fines comerciales, que se examinarán individualmente. Las solicitudes de información deben dirigirse a la Sección Editorial del OIEA:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta
Sección Editorial
Organismo Internacional de Energía Atómica
Vienna International Centre
PO Box 100
1400 Viena (Austria)
fax: +43 1 26007 22529
tel.: +43 1 2600 22417
correo electrónico: sales.publications@iaea.org
<https://www.iaea.org/publications>

© OIEA, 2021

Impreso por el OIEA en Austria
Octubre de 2021
STI/PUB/1373

GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO
EN CENTRALES NUCLEARES
OIEA, VIENA, 2021
STI/PUB/1373
ISBN 978-92-0-334321-3 (papel)
ISBN 978-92-0-334421-0 (pdf)
ISSN 1020-5837

PRÓLOGO

El Estatuto del OIEA autoriza al Organismo a establecer normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad —normas que el OIEA debe utilizar en sus propias operaciones y que los Estados pueden aplicar mediante sus disposiciones de reglamentación de la seguridad nuclear y radiológica. Un amplio conjunto de normas de seguridad revisadas periódicamente, junto con la asistencia que el OIEA presta para aplicarlas, se ha convertido en un elemento clave del régimen de seguridad a escala mundial.

A mediados del decenio de 1990, se inició una importante reorganización del programa de normas de seguridad del OIEA, en virtud de la cual se modificó la estructura del comité de supervisión y se adoptó un enfoque sistemático para la actualización de todo el conjunto de normas. Las nuevas normas son de gran calidad y reflejan las prácticas óptimas utilizadas en los Estados Miembros. Con la asistencia del Comité sobre Normas de Seguridad, el OIEA está llevando a cabo actividades para promover la aceptación y el uso a escala mundial de sus normas de seguridad.

No obstante, las normas de seguridad solo son eficaces si se aplican correctamente en la práctica. Los servicios de seguridad del OIEA, que abarcan desde la seguridad técnica, la seguridad operacional y la seguridad radiológica, del transporte y de los desechos hasta cuestiones de reglamentación y de cultura de la seguridad en las organizaciones, prestan asistencia a los Estados Miembros en la aplicación de las normas y la evaluación de su eficacia. Estos servicios de seguridad permiten compartir valiosos conocimientos, por lo que sigo exhortando a todos los Estados Miembros a que hagan uso de ellos.

La reglamentación de la seguridad nuclear y radiológica es una responsabilidad nacional, y numerosos Estados Miembros han decidido adoptar las normas de seguridad del OIEA para incorporarlas a sus reglamentos nacionales. Para las Partes Contratantes en las distintas convenciones internacionales sobre seguridad, las normas del OIEA son un medio coherente y fiable de asegurar el eficaz cumplimiento de las obligaciones contraídas en virtud de esos instrumentos. Los encargados del diseño, los fabricantes y los explotadores de todo el mundo también aplican las normas para mejorar la seguridad nuclear y radiológica en la generación de electricidad, la medicina, la industria, la agricultura, la investigación y la educación.

El OIEA asigna gran importancia al persistente problema al que se enfrentan usuarios y reguladores de todos los rincones del planeta: garantizar un elevado nivel de seguridad en la utilización de los materiales nucleares y las fuentes de radiación en todo el mundo. Su continua utilización en beneficio de la humanidad debe gestionarse de manera segura, y las normas de seguridad del OIEA están concebidas para facilitar la consecución de este objetivo.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

ANTECEDENTES

La radiactividad es un fenómeno natural y las fuentes naturales de radiación son una característica del medio ambiente. Las radiaciones y las sustancias radiactivas tienen muchas aplicaciones beneficiosas, que van desde la generación de electricidad hasta los usos en la medicina, la industria y la agricultura. Los riesgos radiológicos que estas aplicaciones pueden entrañar para los trabajadores y el público y para el medio ambiente deben evaluarse y, de ser necesario, controlarse.

Para ello es preciso que actividades tales como los usos de la radiación con fines médicos, la explotación de instalaciones nucleares, la producción, el transporte y la utilización de material radiactivo y la gestión de los desechos radiactivos estén sujetas a normas de seguridad.

La reglamentación relativa a la seguridad es una responsabilidad nacional. Sin embargo, los riesgos radiológicos pueden trascender las fronteras nacionales, y la cooperación internacional ayuda a promover y aumentar la seguridad en todo el mundo mediante el intercambio de experiencias y el mejoramiento de la capacidad para controlar los peligros, prevenir los accidentes, responder a las emergencias y mitigar las consecuencias nocivas.

Los Estados tienen una obligación de diligencia, y deben cumplir sus compromisos y obligaciones nacionales e internacionales.

Las normas internacionales de seguridad ayudan a los Estados a cumplir sus obligaciones dimanantes de los principios generales del derecho internacional, como las que se relacionan con la protección del medio ambiente. Las normas internacionales de seguridad también promueven y afirman la confianza en la seguridad, y facilitan el comercio y los intercambios internacionales.

Existe un régimen mundial de seguridad nuclear que es objeto de mejora continua. Las normas de seguridad del OIEA, que apoyan la aplicación de instrumentos internacionales vinculantes y la creación de infraestructuras nacionales de seguridad, son una piedra angular de este régimen mundial. Las normas de seguridad del OIEA constituyen un instrumento útil para las partes contratantes en la evaluación de su desempeño en virtud de esas convenciones internacionales.

LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Las normas de seguridad del OIEA se basan en el Estatuto de este, que autoriza al OIEA a establecer o adoptar, en consulta y, cuando proceda, en colaboración con los órganos competentes de las Naciones Unidas y con los organismos especializados interesados, normas de seguridad para proteger la salud y reducir al mínimo el peligro para la vida y la propiedad, y proveer a la aplicación de estas normas.

Con miras a garantizar la protección de las personas y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la radiación ionizante, las normas de seguridad del OIEA establecen principios fundamentales de seguridad, requisitos y medidas para controlar la exposición de las personas a las radiaciones y la emisión de materiales radiactivos al medio ambiente, reducir la probabilidad de sucesos que puedan dar lugar a una pérdida de control sobre el núcleo de un reactor nuclear, una reacción nuclear en cadena, una fuente radiactiva o cualquier otra fuente de radiación, y mitigar las consecuencias de esos sucesos si se producen. Las normas se aplican a instalaciones y actividades que dan lugar a riesgos radiológicos, comprendidas las instalaciones nucleares, el uso de la radiación y de las fuentes radiactivas, el transporte de materiales radiactivos y la gestión de los desechos radiactivos.

Las medidas de seguridad tecnológica y las medidas de seguridad física¹ tienen en común la finalidad de proteger la vida y la salud humanas y el medio ambiente. Las medidas de seguridad tecnológica y de seguridad física deben diseñarse y aplicarse en forma integrada, de modo que las medidas de seguridad física no comprometan la seguridad tecnológica y las medidas de seguridad tecnológica no comprometan la seguridad física.

Las normas de seguridad del OIEA reflejan un consenso internacional con respecto a lo que constituye un alto grado de seguridad para proteger a las personas y el medio ambiente contra los efectos nocivos de la radiación ionizante. Las normas se publican en la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA*, que comprende tres categorías (véase la figura 1).

Nociones Fundamentales de Seguridad

Las Nociones Fundamentales de Seguridad presentan los objetivos y principios fundamentales de protección y seguridad, y constituyen la base de los requisitos de seguridad.

¹ Véanse también las publicaciones de la Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

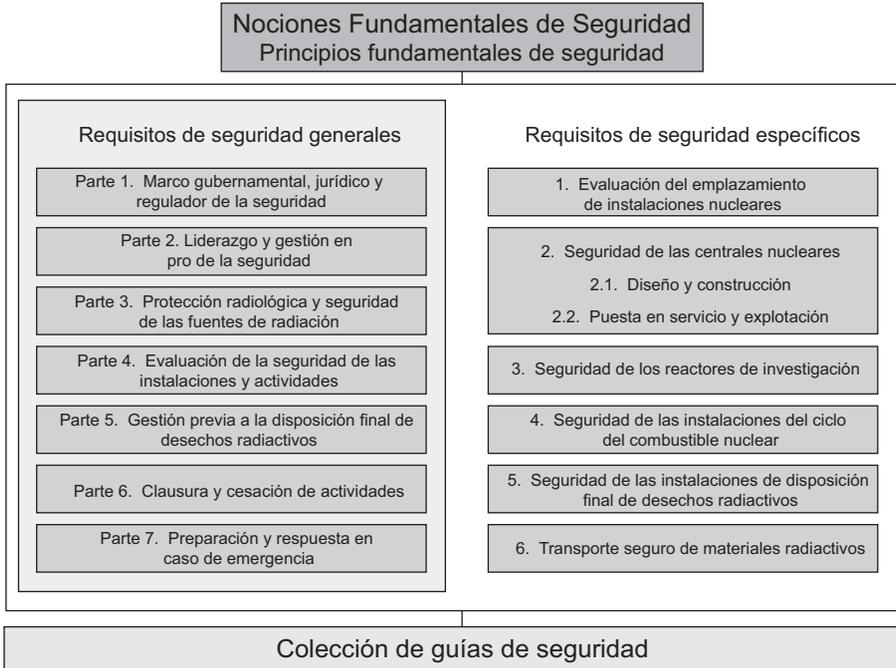


Fig. 1. Estructura a largo plazo de la Colección de Normas de Seguridad del OIEA.

Requisitos de Seguridad

Un conjunto integrado y coherente de requisitos de seguridad establece los requisitos que se han de cumplir para garantizar la protección de las personas y el medio ambiente, tanto en el presente como en el futuro. Los requisitos se rigen por los objetivos y principios de las Nociones Fundamentales de Seguridad. Si los requisitos no se cumplen, deben adoptarse medidas para alcanzar o restablecer el grado de seguridad requerido. El formato y el estilo de los requisitos facilitan su uso para establecer, de forma armonizada, un marco nacional de reglamentación. En los requisitos de seguridad se emplean formas verbales imperativas, junto con las condiciones conexas que deben cumplirse. Muchos de los requisitos no se dirigen a una parte en particular, lo que significa que incumbe cumplirlos a las partes que corresponda.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

Guías de Seguridad

Las guías de seguridad ofrecen recomendaciones y orientación sobre cómo cumplir los requisitos de seguridad, lo que indica un consenso internacional en el sentido de que es necesario adoptar las medidas recomendadas (u otras medidas equivalentes). Las guías de seguridad contienen ejemplos de buenas prácticas internacionales y dan cuenta cada vez más de las mejores prácticas que existen para ayudar a los usuarios que tratan de alcanzar altos grados de seguridad. En la formulación de las recomendaciones de las guías de seguridad se emplean formas verbales condicionales.

APLICACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

Los principales usuarios de las normas de seguridad en los Estados Miembros del OIEA son órganos reguladores y otras autoridades nacionales competentes. También hacen uso de las normas de seguridad del OIEA organizaciones copatrocinadoras y muchas organizaciones que diseñan, construyen y explotan instalaciones nucleares, así como organizaciones en las que se usan radiaciones o fuentes radiactivas.

Las normas de seguridad del OIEA se aplican, según el caso, a lo largo de toda la vida de todas las instalaciones y actividades —existentes y nuevas— que tienen fines pacíficos, y a las medidas protectoras destinadas a reducir los riesgos existentes en relación con las radiaciones. Los Estados también pueden usarlas como referencia para sus reglamentos nacionales relativos a instalaciones y actividades.

De conformidad con el Estatuto del OIEA, las normas de seguridad tienen carácter vinculante para el OIEA en relación con sus propias operaciones, así como para los Estados en relación con las operaciones realizadas con la asistencia del OIEA.

Las normas de seguridad del OIEA también constituyen la base de los servicios de examen de la seguridad que este brinda; el OIEA recurre a esos servicios en apoyo de la creación de capacidad, incluida la elaboración de planes de enseñanza y la creación de cursos de capacitación.

Los convenios internacionales contienen requisitos similares a los que figuran en las normas de seguridad del OIEA y tienen carácter vinculante para las partes contratantes. Las normas de seguridad del OIEA, complementadas por convenios internacionales, normas de la industria y requisitos nacionales detallados, forman una base coherente para la protección de las personas y el medio ambiente. Existen también algunos aspectos de la seguridad especiales que se deben evaluar a nivel nacional. Por ejemplo, muchas de las normas de seguridad del OIEA, en particular las que tratan aspectos relativos a la seguridad

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

en la planificación o el diseño, se conciben con el fin de aplicarlas principalmente a nuevas instalaciones y actividades. Es posible que algunas instalaciones existentes construidas conforme a normas anteriores no cumplan plenamente los requisitos especificados en las normas de seguridad del OIEA. Corresponde a cada Estado decidir el modo en que deberán aplicarse las normas de seguridad del OIEA a esas instalaciones.

Las consideraciones científicas en las que descansan las normas de seguridad del OIEA proporcionan una base objetiva para la adopción de decisiones acerca de la seguridad; sin embargo, las instancias decisorias deben también formarse opiniones fundamentadas y determinar la mejor manera de equilibrar los beneficios de una medida o actividad con los riesgos radiológicos conexos y cualquier otro efecto perjudicial a que pueda dar lugar esa medida o actividad.

PROCESO DE ELABORACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

En la elaboración y el examen de las normas de seguridad participan la Secretaría del OIEA y cinco comités de normas de seguridad, que se ocupan de la preparación y respuesta para casos de emergencia (EPRéSC) (a partir de 2016), la seguridad nuclear (NUSSC), la seguridad radiológica (RASSC), la seguridad de los desechos radiactivos (WASSC) y el transporte seguro de materiales radiactivos (TRANSSC), así como la Comisión sobre Normas de Seguridad (CSS), que supervisa el programa de normas de seguridad del OIEA (véase la figura 2).

Todos los Estados Miembros del OIEA pueden designar expertos para que participen en los comités de normas de seguridad y formular observaciones sobre los proyectos de normas. Los miembros de la Comisión sobre Normas de Seguridad son designados por el Director General y figuran entre ellos altos funcionarios gubernamentales encargados del establecimiento de normas nacionales.

Se ha creado un sistema de gestión para los procesos de planificación, desarrollo, examen, revisión y establecimiento de normas de seguridad del OIEA. Ese sistema articula el mandato del OIEA, la visión relativa a la futura aplicación de las normas de seguridad, las políticas y las estrategias, y las correspondientes funciones y responsabilidades.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

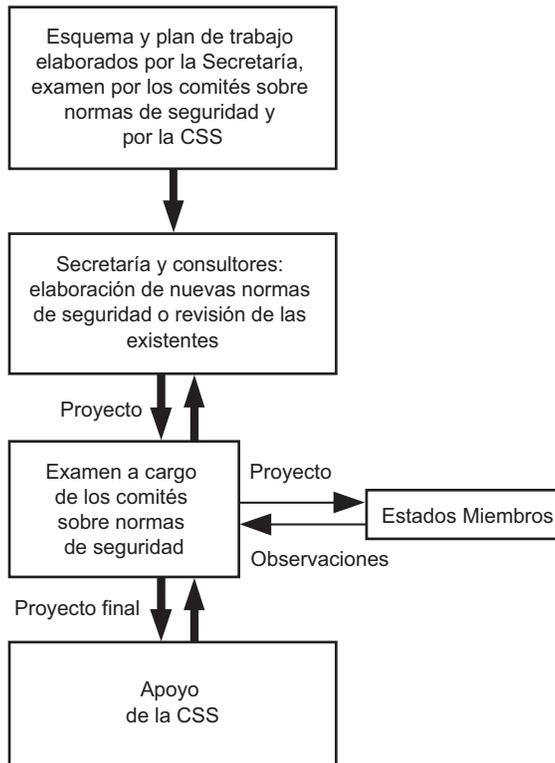


Fig. 2. Proceso de elaboración de una nueva norma de seguridad o de revisión de una norma existente.

INTERACCIÓN CON OTRAS ORGANIZACIONES INTERNACIONALES

En la elaboración de las normas de seguridad del OIEA se tienen en cuenta las conclusiones del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas (UNSCEAR) y las recomendaciones de órganos internacionales de expertos, en particular la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). Algunas normas de seguridad se elaboran en cooperación con otros órganos del sistema de las Naciones Unidas u otros organismos especializados, entre ellos la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la Organización Internacional del Trabajo, la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE, la Organización Panamericana de la Salud y la Organización Mundial de la Salud.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

INTERPRETACIÓN DEL TEXTO

Los términos relacionados con la seguridad se interpretarán como se definen en el *Glosario de Seguridad Tecnológica del OIEA* (véase la dirección <http://www-ns.iaea.org/downloads/standards/glossary/safety-glossary-spanish.pdf>). En el caso de las Guías de Seguridad, el texto en inglés es la versión autorizada.

En la Introducción que figura en la sección 1 de cada publicación se presentan los antecedentes y el contexto de cada norma de la *Colección de Normas de Seguridad del OIEA*, así como sus objetivos, alcance y estructura.

Todo el material para el cual no existe un lugar adecuado en el cuerpo del texto (por ejemplo, información de carácter complementario o independiente del texto principal, que se incluye en apoyo de declaraciones que figuran en el texto principal, o que describe métodos de cálculo, procedimientos o límites y condiciones) puede presentarse en apéndices o anexos.

Cuando figuran en la publicación, los apéndices se consideran parte integrante de la norma de seguridad. El material que figura en un apéndice tiene el mismo valor que el texto principal y el OIEA asume su autoría. Los anexos y notas de pie de página del texto principal, en su caso, se utilizan para proporcionar ejemplos prácticos o información o explicaciones adicionales. Los anexos y notas de pie de página no son parte integrante del texto principal. La información publicada por el OIEA en forma de anexos no es necesariamente de su autoría; la información que corresponda a otros autores podrá presentarse en forma de anexos. La información procedente de otras fuentes que se presenta en los anexos ha sido extraída y adaptada para que sea de utilidad general.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
	Antecedentes	1
	Objetivo	2
	Ámbito de aplicación	2
	Estructura	2
2.	CONCEPTOS BÁSICOS	3
	Conceptos básicos de la gestión del envejecimiento	4
	Conceptos básicos de la gestión de la obsolescencia	7
	Aplicación de la gestión del envejecimiento a la explotación a largo plazo	9
3.	ESTRATEGIA PROACTIVA DE LA GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO	9
	Diseño	10
	Fabricación y construcción	12
	Puesta en servicio	13
	Explotación	13
	Clausura	16
4.	GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO DURANTE LA EXPLOTACIÓN	16
	Disposiciones institucionales	16
	Recopilación de datos y mantenimiento de registros	19
	Selección de sistemas, estructuras y componentes	20
	Examen de la gestión del envejecimiento	22
	Comprender el envejecimiento	22
	Vigilancia del envejecimiento	24
	Mitigación de los efectos del envejecimiento	25
	Informe sobre el examen de la gestión del envejecimiento	25
	Evaluación de la condición	26
	Elaboración de programas de gestión del envejecimiento	26
	Ejecución de los programas de gestión del envejecimiento	29
	Mejora de los programas de gestión del envejecimiento	30

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

5.	GESTIÓN DE LA OBSOLESCENCIA	31
6.	EXAMEN DE LA GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO PARA LA EXPLOTACIÓN A LARGO PLAZO	32
7.	RELACIONES CON OTRAS ESFERAS TÉCNICAS	33
	Cualificación del equipo	34
	Examen periódico de la seguridad	35
	REFERENCIAS	36
	ANEXO I: PUBLICACIONES EXISTENTES SOBRE LA GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO	39
	ANEXO II: EJEMPLOS DE CONTENIDOS DE LOS SISTEMAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS Y MANTENIMIENTO DE REGISTROS	42
	ANEXO III: EJEMPLOS DE MECANISMOS DE ENVEJECIMIENTO IMPORTANTES Y MATERIALES Y COMPONENTES VULNERABLES	44
	COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y REVISIÓN	47
	ENTIDADES ENCARGADAS DE LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA	49

1. INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

1.1. La presente Guía de Seguridad se ha elaborado en el marco del programa del OIEA de normas de seguridad nuclear para las centrales nucleares. Los requisitos de diseño y explotación de las centrales nucleares están establecidos en las publicaciones sobre Requisitos de Seguridad tituladas *Seguridad de las centrales nucleares: Diseño* [1] y *Seguridad de las centrales nucleares: Puesta en servicio y explotación* [2]. En la publicación sobre Requisitos de Seguridad titulada *Infraestructura legal y estatal para la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte* [3] se tratan los aspectos reglamentarios de todas las etapas de la vida útil de las instalaciones o de la duración de las actividades, así como de cualquier período subsiguiente de control institucional hasta que no exista ningún riesgo significativo de radiación residual.

1.2. Gestionar el envejecimiento de las centrales nucleares supone garantizar la disponibilidad de las funciones de seguridad necesarias durante toda la vida en servicio de la central, teniendo en cuenta los cambios que se producen con el tiempo y el uso. Esto requiere considerar tanto el envejecimiento físico de las estructuras, los sistemas y los componentes (ESC), que da lugar a la degradación de sus características de funcionamiento, como la obsolescencia de esos ESC, es decir, su desfase con relación a los conocimientos, normas, reglamentaciones y tecnología actuales.

1.3. Uno de los pilares en que se fundamenta la gestión eficaz del envejecimiento es tener debidamente en cuenta el envejecimiento en cada etapa de la vida útil de la central, es decir, en el diseño, la construcción, la puesta en servicio, la explotación (incluida la explotación a largo plazo¹ y la parada prolongada) y la clausura.

1.4. La gestión eficaz del envejecimiento de los ESC es un elemento clave de la explotación segura y fiable de las centrales nucleares. Con el fin de ayudar a los Estados Miembros a gestionar el envejecimiento de manera eficaz, el OIEA ha elaborado un amplio conjunto de publicaciones. En el anexo I se ofrecen descripciones breves y referencias de esas publicaciones, así como de publicaciones de orientación de otras organizaciones nacionales e internacionales.

¹ Véase el párrafo 2.17.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

1.5. Esta Guía de Seguridad complementa las referencias [1 y 2] y proporciona recomendaciones sobre el cumplimiento de los requisitos que en ellas se establecen. Se indican los elementos fundamentales de la gestión eficaz del envejecimiento de las centrales nucleares, a partir de las publicaciones que figuran en el anexo I y la experiencia de los Estados Miembros.

OBJETIVO

1.6. El objetivo de esta Guía de Seguridad es proporcionar recomendaciones para la gestión del envejecimiento de los ESC importantes para la seguridad de las centrales nucleares, e incluye recomendaciones sobre los elementos fundamentales de la gestión eficaz del envejecimiento.

1.7. Esta Guía de Seguridad está concebida para que las entidades explotadoras puedan utilizarla para crear, aplicar y mejorar programas sistemáticos de gestión del envejecimiento de las centrales nucleares. Los reguladores podrán utilizar la Guía de Seguridad para preparar normas y guías reglamentarias, y verificar que se gestiona eficazmente el envejecimiento en las centrales nucleares.

ÁMBITO DE APLICACIÓN

1.8. Esta Guía de Seguridad trata sobre la creación, aplicación y mejora de los programas de gestión del envejecimiento de ESC importantes para la seguridad de las centrales nucleares.

1.9. La Guía de Seguridad se centra principalmente en la gestión del envejecimiento físico de los ESC importantes para la seguridad. También ofrece recomendaciones sobre los aspectos de seguridad de la gestión de la obsolescencia y la aplicación de la gestión del envejecimiento a la explotación a largo plazo. Las cuestiones relacionadas con el envejecimiento del personal y la gestión del conocimiento quedan fuera del alcance de esta Guía de Seguridad.

ESTRUCTURA

1.10. En la sección 2 se presentan los conceptos básicos de la gestión del envejecimiento, que forman la base común de las recomendaciones que figuran en las secciones 3, 4, 5 y 6. En la sección 3 se proporcionan recomendaciones para la gestión activa del envejecimiento físico de los ESC importantes para

la seguridad durante toda la vida útil de una central nuclear. En la sección 4 se presentan recomendaciones sobre la adopción de un enfoque sistemático de la gestión del envejecimiento durante la explotación de las centrales nucleares. En la sección 5 se presentan recomendaciones sobre la gestión de la obsolescencia. En la sección 6 se ofrecen recomendaciones sobre el examen de la gestión del envejecimiento en apoyo de la explotación a largo plazo. En la sección 7 se destacan las áreas técnicas de la cualificación del equipo y el examen periódico de la seguridad que se consideran especialmente importantes o que guardan una relación estrecha con la gestión del envejecimiento. Los anexos contienen información complementaria.

2. CONCEPTOS BÁSICOS

2.1. En esta sección se presentan los conceptos básicos de la gestión del envejecimiento y de la obsolescencia, incluida su aplicación a la explotación a largo plazo, que forman la base común de las recomendaciones que figuran en las secciones 3, 4, 5 y 6.

2.2. Las centrales nucleares experimentan dos tipos de cambios con el paso del tiempo:

- i) el envejecimiento físico de los ESC, que produce degradación, es decir, un deterioro gradual de sus características físicas, y
- ii) la obsolescencia de los ESC, es decir, su desfase con relación a los conocimientos, las normas y las tecnologías actuales.

La evaluación de los efectos acumulativos del envejecimiento físico y la obsolescencia en la seguridad de las centrales nucleares es un proceso continuo que se refleja en un examen periódico de la seguridad o en un programa equivalente de reevaluación sistemática de la seguridad (véase la sección 7).

CONCEPTOS BÁSICOS DE LA GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO

2.3. Para mantener la seguridad de una central es muy importante detectar los efectos del envejecimiento² de los ESC, dar solución a las reducciones conexas en los márgenes de seguridad y adoptar medidas correctivas antes de que se produzca una pérdida de integridad o de capacidad funcional.

2.4. El envejecimiento físico (denominado en esta Guía de Seguridad envejecimiento) de los ESC puede aumentar la probabilidad de fallos de causa común, es decir, la degradación simultánea de barreras físicas y componentes redundantes, que podría desembocar en el menoscabo de uno o más niveles de protección provistos por el concepto de defensa en profundidad. Por tanto, en la selección de ESC para la gestión del envejecimiento no se tiene en cuenta su redundancia o diversidad [4].

2.5. En la práctica, la gestión efectiva del envejecimiento se logra mediante la coordinación de los programas existentes, entre ellos los de mantenimiento, inspección en servicio y vigilancia, así como de las operaciones, los programas de apoyo técnico (incluido el análisis de los mecanismos de envejecimiento) y los programas externos como los de investigación y desarrollo. En la referencia [5] se proporciona orientación sobre las prácticas de mantenimiento, vigilancia e inspección.

2.6. La gestión eficaz del envejecimiento a lo largo de la vida útil de un ESC requiere el uso de un enfoque sistemático de gestión del envejecimiento que proporcione un marco para coordinar todos los programas y actividades relacionadas con la comprensión, el control, la vigilancia y la mitigación de los efectos del envejecimiento del componente o estructura de la central. Este enfoque se ilustra en la figura 1, que es una adaptación del ciclo “PLANIFICAR — ACTUAR — COMPROBAR — ADOPTAR MEDIDAS” de Deming a la gestión del envejecimiento de un ESC [6].

² Los efectos del envejecimiento son cambios netos en las características de los ESC que se producen con el tiempo o el uso y que se deben a mecanismos de envejecimiento. Los efectos del envejecimiento pueden ser positivos o negativos. Algunos ejemplos de efectos positivos son el aumento de la resistencia del hormigón debido al curado o la reducción de vibraciones debido al desgaste de la adaptación en la maquinaria rotativa. Ejemplos de efectos negativos son la reducción del diámetro de un eje giratorio debido al desgaste, la aparición de grietas, la disminución del espesor o la pérdida de resistencia de los materiales debido a la fatiga o el deterioro térmico, y la pérdida de rigidez dieléctrica o el agrietamiento del aislamiento de cables.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

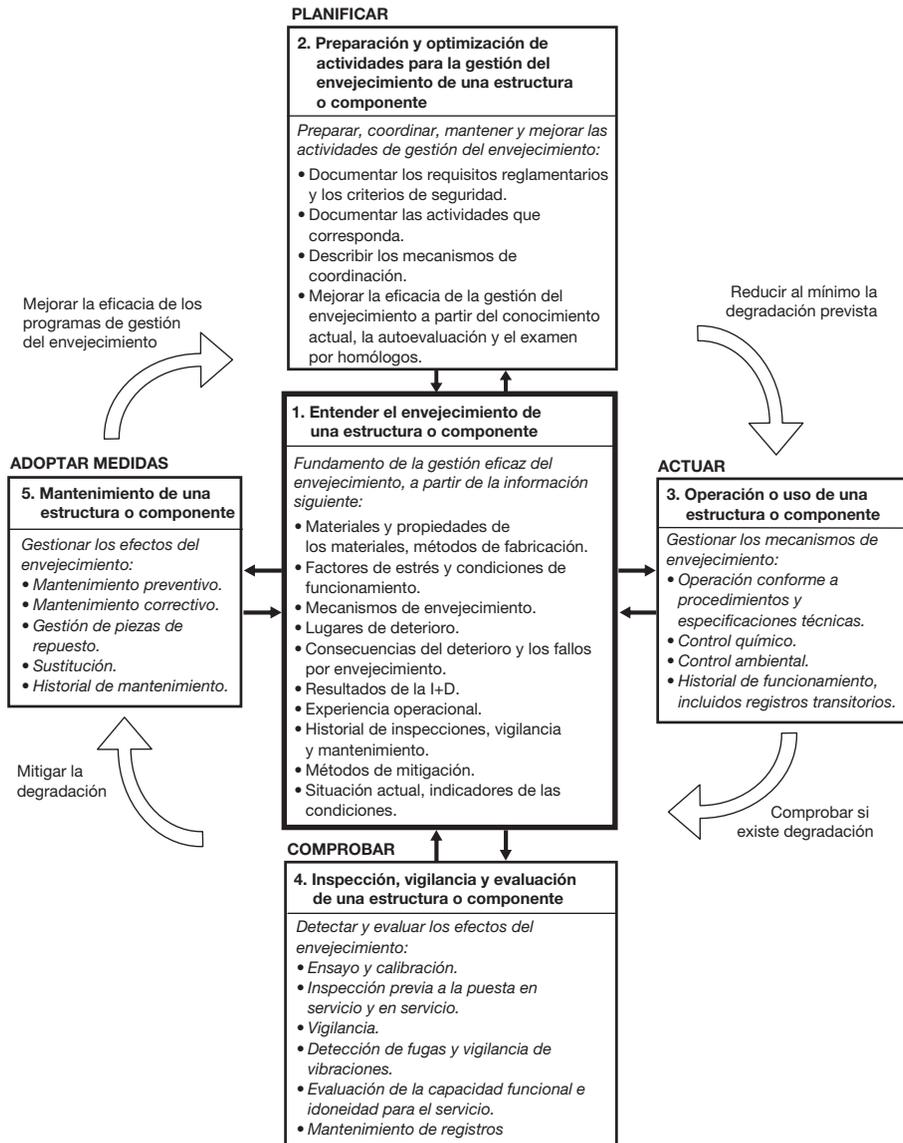


Fig. 1. Enfoque sistemático de la gestión del envejecimiento de una estructura o componente.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

2.7. Comprender el envejecimiento de una estructura o componente, como se ilustra en la figura 1, es el fundamento de la gestión efectiva del envejecimiento. Este entendimiento se deriva del conocimiento de:

- la base de diseño (incluidos los códigos y normas aplicables);
- las funciones de seguridad;
- el diseño y la fabricación (incluidos los materiales, las propiedades de los materiales, las condiciones específicas de servicio, la inspección y examen de la fabricación y el ensayo);
- la cualificación del equipo (cuando corresponda);
- el historial de funcionamiento y mantenimiento (incluidas la puesta en servicio, reparaciones, modificaciones y vigilancia);
- la experiencia operacional genérica y específica de las centrales;
- los resultados de interés de las investigaciones;
- los datos y tendencias de los datos del seguimiento de las condiciones, la inspección y el mantenimiento.

2.8. La actividad de planificación de la figura 1 supone coordinar, integrar y modificar los programas y actividades existentes relacionados con la gestión del envejecimiento de una estructura o componente y la elaboración de nuevos programas, si fuera necesario.

2.9. La actividad de actuación de la figura 1 entraña minimizar la degradación esperada de una estructura o componente a través de su operación o uso “cuidadoso”³. de acuerdo con los procedimientos operacionales y las especificaciones técnicas.

2.10. La actividad de comprobación de la figura 1 supone la detección y caracterización oportunas de una degradación significativa mediante la inspección y vigilancia de una estructura o componente, y la evaluación de la degradación observada para determinar el tipo y el momento de las medidas correctivas que requiera.

2.11. La actividad de adopción de medidas de la figura 1 supone la mitigación y corrección oportunas de la degradación de los componentes a través de un mantenimiento adecuado y la modificación del diseño, incluidas la reparación y sustitución de una estructura o componente.

³ La operación o uso cuidadoso minimiza la velocidad de degradación de ESC mientras se mantienen los niveles requeridos de producción de energía.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

2.12. El bucle cerrado de la figura 1 indica la mejora continua del programa de gestión del envejecimiento de una estructura o componente en particular, sobre la base de la retroalimentación de la experiencia operacional pertinente y los resultados de la investigación y desarrollo, y los resultados de la autoevaluación y el examen por homólogos, con el fin de contribuir a dar solución a los problemas de envejecimiento que surjan.

2.13. Como se muestra en la figura 1, la degradación por envejecimiento se estudia y gestiona a nivel de estructura o componente. Sin embargo, si lo requiere el análisis de seguridad, los programas de gestión del envejecimiento de estructuras y componentes individuales pueden integrarse en un programa de gestión del envejecimiento a nivel de sistemas.

CONCEPTOS BÁSICOS DE LA GESTIÓN DE LA OBSOLESCENCIA

2.14. La seguridad de una central nuclear puede verse afectada si la obsolescencia de los ESC no se detecta de antemano y no se adoptan medidas correctivas antes de que se produzca el deterioro conexo en la fiabilidad o disponibilidad de esos ESC.

2.15. Hay varios tipos de obsolescencia, como se muestra en el cuadro 1.

2.16. La gestión de la obsolescencia forma parte del enfoque general de mejora de la seguridad de las centrales nucleares mediante mejoras continuas tanto en el comportamiento de los ESC como en la gestión de la seguridad.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

CUADRO 1. TIPOS DE OBSOLESCENCIA

ESC desfasados con relación a los actuales:	Manifestación	Consecuencias	Gestión
Conocimientos	Conocimiento sin actualizar de las normas, reglamentaciones y tecnología actuales correspondientes a los ESC.	Se pierden oportunidades para mejorar la seguridad de la central. Se reduce la capacidad de explotación a largo plazo.	Actualización constante de los conocimientos y mejora de su aplicación.
Normas y reglamentaciones	Desviaciones de las reglamentaciones y normas actuales, tanto en equipos como en programas informáticos. Puntos débiles en el diseño (por ejemplo, en la cualificación de equipos, separación, diversidad o capacidad de gestión de accidentes graves).	Nivel de seguridad de la central por debajo de las normas y reglamentaciones actuales (por ejemplo, puntos débiles en la defensa en profundidad, o una mayor frecuencia de daños en el núcleo). Se reduce la capacidad de explotación a largo plazo.	Reevaluación sistemática de la central con respecto a las normas actuales (por ejemplo, examen periódico de la seguridad) y mejoras, adaptaciones o modernizaciones adecuadas.
Tecnología	Falta de repuestos o soporte técnico. Falta de proveedores o capacidades sectoriales.	Disminución del rendimiento y la seguridad de la central debido al aumento de las tasas de fallos y la disminución de la fiabilidad. Se reduce la capacidad de explotación a largo plazo.	Identificación sistemática de la vida útil del servicio y la obsolescencia anticipada de los ESC. Suministro de piezas de repuesto para la vida útil planificada y sustitución oportuna de las piezas. Acuerdos a largo plazo con los proveedores. Creación de estructuras o componentes equivalentes.

APLICACIÓN DE LA GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO A LA EXPLOTACIÓN A LARGO PLAZO

2.17. Por explotación a largo plazo se entiende la explotación que supera un plazo establecido, por ejemplo, debido al término de la licencia, el diseño, las normas, la licencia o la reglamentación, justificada mediante una evaluación de la seguridad, teniendo en cuenta los procesos y las características que limitan la vida útil de los ESC. Si una entidad explotadora decide emprender la explotación a largo plazo, deberá fundamentarse en los resultados de los exámenes periódicos de la seguridad, incluido el examen de la gestión del envejecimiento, y estar supervisada por el órgano regulador.

3. ESTRATEGIA PROACTIVA DE LA GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO

3.1. La gestión del envejecimiento de los ESC importantes para la seguridad debe llevarse a cabo de manera proactiva (con previsión y anticipación) durante toda la vida útil de la central, es decir, durante el diseño, la fabricación y construcción, la puesta en marcha, la explotación (incluida la explotación a largo plazo y las paradas prolongadas) y la clausura.

3.2. Deben establecerse y actualizarse los requisitos reglamentarios de la gestión del envejecimiento y elaborarse orientaciones para asegurar que la entidad explotadora de una central nuclear aplica un programa eficaz de gestión del envejecimiento.

3.3. La entidad explotadora debe encargarse de demostrar que las cuestiones pertinentes relativas al envejecimiento específicas de la central están claramente identificadas y documentadas en el informe de análisis de seguridad a lo largo de la vida útil de la central. La entidad explotadora debe considerar las cuestiones relativas al envejecimiento que surjan de otras centrales a la hora de evaluar las medidas de gestión del envejecimiento propuestas por los proveedores.⁴

⁴ En esta Guía de Seguridad, el concepto de “proveedor” engloba proveedores, fabricantes y diseñadores, según corresponda.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

3.4. Las actividades de gestión del envejecimiento de los proveedores y la entidad explotadora deben ser supervisadas por el órgano regulador durante toda la vida útil de la central.

DISEÑO

3.5. La entidad explotadora debe responsabilizarse de demostrar al órgano regulador que las cuestiones relativas al envejecimiento de la central en cuestión se han previsto adecuadamente en el diseño de la central para toda su vida útil. La entidad explotadora debe preparar una descripción de las medidas mediante las que aplicará un programa de gestión del envejecimiento eficaz en todas las etapas de la vida útil de la central.

3.6. En la documentación relativa al diseño y adquisición de nuevas instalaciones o ESC, la entidad explotadora debe especificar los requisitos para facilitar la gestión del envejecimiento, incluida la información que deberá figurar en la documentación recibida de los proveedores y otros contratistas.

3.7. Se deben adoptar medidas adecuadas o introducir características de diseño en la fase de diseño para facilitar la gestión eficaz del envejecimiento durante toda la vida útil de la central. Esas medidas también deben aplicarse al diseño de modificaciones o sustituciones de equipos o componentes. En la referencia [1] se establecen los siguientes requisitos de diseño relacionados con la gestión del envejecimiento de los ESC importantes para la seguridad:

“Deberán establecerse en el diseño márgenes adecuados para todas las estructuras, sistemas y componentes de importancia para la seguridad, de forma que se tengan en cuenta los mecanismos pertinentes de envejecimiento y desgaste, y el posible deterioro relacionado con el envejecimiento, con objeto de asegurar la capacidad de la estructura, sistema o componente para realizar la función de seguridad necesaria durante toda su vida útil. Asimismo se tendrán en cuenta los efectos del envejecimiento y el desgaste en todas las situaciones de funcionamiento normales, ensayos, mantenimiento, interrupciones ocasionadas por el mantenimiento, estados de la central en caso de un suceso iniciador postulado y posteriores a los sucesos iniciadores postulados. También se adoptarán medidas para la vigilancia, ensayo, recogida de muestras e inspección, con el fin de evaluar los mecanismos de envejecimiento previstos en el diseño e identificar comportamientos o deterioros imprevistos que pudieran ocurrir en servicio” (referencia [1], párrafo 5.47).

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

3.8. En el diseño:

- Deberán tenerse en cuenta en los programas de cualificación de equipos las condiciones de base de diseño, incluidas las condiciones transitorias y las condiciones de los sucesos iniciadores postulados.
- Deberán determinarse, evaluarse y tenerse en cuenta todos los posibles mecanismos de envejecimiento de los ESC pasivos y activos. Entre los posibles mecanismos de envejecimiento que podrían afectar a las funciones de seguridad de los ESC durante su vida de diseño figuran la fragilidad térmica y por irradiación, la fatiga, la corrosión, el agrietamiento favorecido por el medio ambiente, la deformación y el desgaste.
- Deberán examinarse y tenerse en cuenta la experiencia correspondiente (incluida la experiencia adquirida durante la construcción, puesta en servicio, explotación y clausura de las centrales nucleares) y los resultados de la investigación.
- Deberá considerarse la posibilidad de utilizar materiales avanzados con mayores propiedades de resistencia al envejecimiento.
- Deberá considerarse la necesidad de establecer programas de ensayo de materiales para supervisar la degradación por envejecimiento.
- Deberá considerarse la necesidad de incorporar la supervisión en línea, particularmente cuando esta tecnología puede proporcionar una advertencia de degradación que llevará al fallo de los ESC y cuando las consecuencias del fallo podrían ser importantes para la seguridad.
- Deberá considerarse la disposición de la central y el diseño de los ESC de manera que faciliten la inspección, el mantenimiento y la facilidad de acceso para la inspección, ensayo, vigilancia, mantenimiento, reparación y reemplazo, y también minimicen la exposición ocupacional durante esas actividades.

3.9. El tema de la gestión del envejecimiento deberá incluirse en los criterios generales de diseño y considerarse en el informe de análisis de la seguridad. La gestión del envejecimiento deberá englobar las cuestiones siguientes [7]:

- La estrategia de gestión del envejecimiento y las condiciones necesarias para su aplicación.
- Todos los ESC importantes para la seguridad de la central que podrían verse afectados por el envejecimiento.
- Propuestas de programas adecuados de vigilancia y muestreo de materiales en los casos en que se descubra que puede producirse envejecimiento u otras formas de degradación que puedan afectar a la capacidad de los

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

componentes, equipos y sistemas para realizar su función de seguridad durante toda la vida útil de la central.

- Considerar debidamente el análisis de la retroalimentación de la experiencia operacional con respecto al envejecimiento.
- La gestión del envejecimiento de diferentes tipos de ESC importantes para la seguridad (estructuras de hormigón, componentes y equipos mecánicos, equipos eléctricos y de instrumentación y control, cables, etc.) y medidas para vigilar su degradación.
- El diseño de fuentes de entrada de información para la cualificación del equipo (véase la sección 7) con relación a los ESC importantes para la seguridad, incluido el equipo y sus funciones necesarias para ser cualificado para las condiciones normales de servicio y las condiciones relacionadas con sucesos iniciadores postulados.
- Principios generales donde se establezca cómo debe mantenerse el entorno de un ESC en el marco de las condiciones de servicio especificadas (ubicación de la ventilación, aislamiento de ESC calientes, protección contra la radiación, amortiguación de vibraciones, evitación de condiciones de inmersión, selección de recorridos de los cables, necesidad de centros de voltaje estabilizados, etc.).

FABRICACIÓN Y CONSTRUCCIÓN

3.10. La entidad explotadora debe asegurarse de que los proveedores se ocupan adecuadamente de los factores que afectan a la gestión del envejecimiento y que se proporciona información y datos suficientes a la entidad explotadora.

3.11. La entidad explotadora deberá cerciorarse de que:

- Se facilita la información pertinente sobre los factores que afectan a la gestión del envejecimiento a los fabricantes de ESC y se tiene debidamente en cuenta en la fabricación y construcción de esos ESC.
- Se tienen en cuenta los conocimientos actuales sobre los mecanismos y efectos pertinentes del envejecimiento y la degradación y las posibles medidas de mitigación en la fabricación y construcción de los ESC.
- Se recopilan y documentan datos de referencia (línea de base).
- Se dispone e instalan muestras de seguimiento para programas específicos de vigilancia del envejecimiento de conformidad con las especificaciones de diseño.

PUESTA EN SERVICIO

3.12. La entidad explotadora debe establecer un programa sistemático para medir y registrar datos de referencia de interés para la gestión del envejecimiento de ESC importantes para la seguridad. Esto incluye la cartografía de las condiciones ambientales reales en cada punto crítico de la central para garantizar su conformidad con el diseño.

3.13. Debe prestarse especial atención a la identificación de puntos calientes en cuanto a temperatura y tasa de dosis, y a la medición de los niveles de vibración. Todos los parámetros que pueden influir en la degradación por envejecimiento deben determinarse lo antes posible, controlarse en la puesta en servicio, si es posible, y vigilarse durante toda la vida útil de la central.

3.14. El organismo regulador, como parte de su programa de examen e inspección, debe asegurarse de que la entidad explotadora recopila los datos de referencia requeridos y confirmar que las condiciones de servicio críticas (como se utilizan en la cualificación del equipo) están en conformidad con los análisis de diseño.

EXPLOTACIÓN

3.15. Deberá aplicarse un enfoque sistemático de gestión del envejecimiento (véase el párrafo 2.6) durante la explotación de la central. La aplicación de un enfoque sistemático de gestión del envejecimiento ayudará a la entidad explotadora a establecer un programa adecuado para la gestión del envejecimiento de cada estructura o componente específico.

3.16. Deberán tenerse en cuenta los siguientes factores y enseñanzas extraídas de programas de gestión del envejecimiento que han dado buenos resultados:

- El apoyo y respaldo de un programa de gestión sistemática del envejecimiento por parte de la dirección de la entidad explotadora.
- La implantación desde los primeros momentos de un programa de gestión del envejecimiento.
- La adopción de un enfoque proactivo basado en un conocimiento adecuado y la previsibilidad de envejecimiento de una estructura o componente, en lugar de mantener un enfoque reactivo que responda a los fallos en los ESC.
- El uso cuidadoso de los ESC para reducir la velocidad de degradación debida al envejecimiento.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

- La cualificación y capacitación adecuada de los usuarios.
- El conocimiento y comprensión de los conceptos básicos de la gestión del envejecimiento por parte de todo el personal de operaciones, mantenimiento e ingeniería.
- La motivación, formación e implicación del personal.
- La disponibilidad y uso de procedimientos, herramientas y materiales correctos, y de personal calificado y suficiente para un trabajo determinado.
- El almacenamiento adecuado de piezas de repuesto y consumibles susceptibles de envejecer, a fin de minimizar la degradación durante el almacenamiento y controlar adecuadamente su vida útil.
- El uso de equipos multidisciplinarios para tratar problemas complejos de gestión del envejecimiento.
- La eficacia de la comunicación interna (tanto “vertical” como “horizontal”) y la comunicación externa.
- El intercambio de información de la experiencia operacional (tanto la experiencia operacional específica de la central como la genérica, incluida la experiencia operacional de plantas industriales no nucleares) para extraer enseñanzas de sucesos de interés relacionados con el envejecimiento.
- El uso de bases de datos de historiales de mantenimiento y fiabilidad de los ESC.
- El uso de métodos adecuados y cualificados de ensayo no destructivo y vigilancia del envejecimiento para la detección temprana de fallos que puedan derivarse del uso intensivo del equipo.

3.17. La entidad explotadora debe determinar las siguientes vulnerabilidades comunes de la gestión del envejecimiento que pueden ser importantes y adoptar medidas al respecto:

- La falta de conocimiento y previsibilidad del envejecimiento en el momento del diseño y la construcción de la central, que ha sido la razón que ha dado origen a una importante degradación por envejecimiento de las estructuras o componentes de muchas centrales nucleares.
- El envejecimiento prematuro de estructuras o componentes de centrales nucleares (es decir, la degradación por envejecimiento que se produce antes de lo previsto) debido a condiciones previas al servicio y durante el servicio que son más extremas o diferentes de las que se han supuesto en el diseño, o que se debe a errores u omisiones en el diseño, fabricación, instalación, puesta en servicio, explotación y mantenimiento, falta de coordinación entre esas funciones, o fenómenos de envejecimiento imprevistos.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

- El uso inadecuado de la gestión reactiva del envejecimiento (es decir, reparación y sustitución de componentes degradados) como medio principal para gestionar el envejecimiento de estructuras o componentes.
- La falta de conocimiento de la experiencia operacional pertinente del sector y los resultados de la investigación.
- La carga inesperada de estrés en estructuras o componentes en centrales nucleares por sucesos externos (por ejemplo, terremotos).

3.18. En el caso de aumento de potencia del reactor, modificaciones importantes o sustitución del equipo, la entidad explotadora debe determinar y justificar posibles cambios asociados en las condiciones del proceso (por ejemplo, régimen de flujo, velocidad, vibración) que podrían causar el envejecimiento acelerado o prematuro y el fallo de algunos componentes.⁵

3.19. Si se descubre un nuevo mecanismo de envejecimiento (por ejemplo, a partir del intercambio de información sobre la experiencia operacional o la investigación), la entidad explotadora deberá realizar un examen adecuado de la gestión del envejecimiento.

3.20. En lo tocante a los principales ESC esenciales para la explotación segura de la central, la entidad explotadora debe considerar la preparación de planes de contingencia o planes de mantenimiento excepcionales para hacer frente a su posible degradación o fallo debido a posibles mecanismos y efectos del envejecimiento.

3.21. Deberá vigilarse y controlarse continuamente la disponibilidad de recambios o piezas de repuesto y la vida útil de las piezas de repuesto o los consumibles.

3.22. Cuando las piezas de repuesto o los consumibles puedan ser vulnerables a la degradación por envejecimiento debido al entorno de almacenamiento (por ejemplo, altas o bajas temperaturas, humedad, ataques químicos⁶, acumulación de polvo), habrán de adoptarse medidas para garantizar su almacenaje en un ambiente controlado adecuadamente.

⁵ Algunos ejemplos de efectos importantes del envejecimiento debido al aumento de potencia son la fragilización por irradiación de la vasija a presión del reactor, la corrosión acelerada por caudal y la vibración de las tuberías del sistema primario.

⁶ El ataque químico es el deterioro de estructuras o componentes a consecuencia del contacto con gases o soluciones de productos químicos.

CLAUSURA

3.23. Deberán adoptarse las disposiciones necesarias para que el equipo requerido y los ESC (por ejemplo, el sistema de contención, el equipo de refrigeración, el equipo de elevación y el equipo de vigilancia de la condición) permanezcan disponibles y funcionales para facilitar las actividades de clausura.

4. GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO DURANTE LA EXPLOTACIÓN

4.1. En esta sección se presentan orientaciones y recomendaciones acerca de un enfoque sistemático para gestionar el envejecimiento durante la explotación de las centrales nucleares. Este enfoque consta de los siguientes elementos:

- Disposiciones institucionales.
- Recopilación de datos y mantenimiento de registros.
- Selección de ESC a efectos de gestión del envejecimiento.
- Examen de la gestión del envejecimiento.
- Evaluación de la condición.
- Elaboración de programas de gestión del envejecimiento.
- Ejecución de los programas de gestión del envejecimiento.
- Mejora de los programas de gestión del envejecimiento.

En las secciones que siguen a continuación se describen cada uno de estos elementos. También podrían resultar aceptables otros enfoques alternativos a los que se describen en esta Guía de Seguridad si se puede demostrar su eficacia en la gestión del envejecimiento.

DISPOSICIONES INSTITUCIONALES

4.2. El carácter integral de la gestión del envejecimiento requiere la participación y el apoyo de la entidad explotadora y de organizaciones externas (por ejemplo, organizaciones de apoyo técnico, grupos de propietarios y organizaciones de investigación, diseño y fabricación). Antes de que pueda implantarse un programa de gestión del envejecimiento, la dirección superior de la entidad explotadora debe establecer la política y los objetivos del programa de gestión

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

del envejecimiento y asignar los recursos necesarios (recursos humanos, recursos financieros, herramientas y equipos, y recursos externos).

4.3. En la figura 2 se muestra una ilustración de las disposiciones institucionales, donde figuran las organizaciones participantes y sus funciones y relaciones.

4.4. La dirección superior debe designar un coordinador para el programa de gestión del envejecimiento con las responsabilidades que se especifican en la figura 2. El coordinador debe formar parte de la entidad explotadora, por ejemplo,

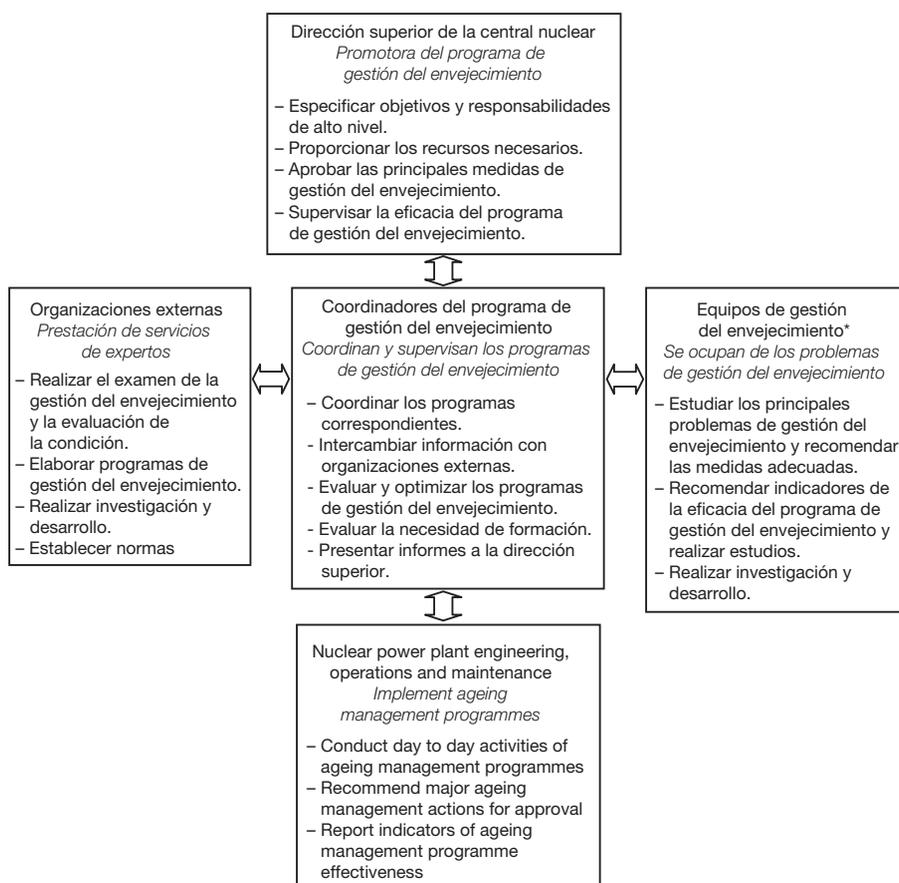


Fig. 2. Ilustración de las disposiciones institucionales para la gestión del envejecimiento.
* Incluye representantes de las unidades de la central nuclear y de organizaciones externas de apoyo técnico.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

de la unidad de operaciones, de mantenimiento, de ingeniería o de gestión de la calidad; de un grupo de trabajo formado por miembros de diferentes unidades de la entidad explotadora y expertos externos, en caso necesario; o de una unidad dedicada al programa de gestión del envejecimiento.

4.5. Entre las responsabilidades del coordinador figuran las siguientes:

- Coordinar los programas correspondientes.
- Supervisar de manera sistemática la experiencia operacional pertinente y los resultados de la investigación y desarrollo, y la evaluación de su aplicabilidad a la central nuclear en cuestión.
- Dirigir los equipos interdisciplinarios de gestión del envejecimiento (equipos de gestión del envejecimiento permanentes o *ad hoc*) para gestionar problemas de envejecimiento complejos.
- Evaluar y optimizar los programas de gestión del envejecimiento.
- Tratar con organizaciones externas de apoyo técnico.
- Evaluar las necesidades de formación complementaria.
- Realizar las autoevaluaciones periódicas.
- Mejorar las actividades relacionadas con los programas de gestión del envejecimiento.

4.6. La consideración de cuestiones complejas relativas al envejecimiento puede que requiera la adopción de un enfoque interdisciplinario. Los equipos de gestión del envejecimiento (véase la figura 2) deben estar integrados por expertos en operaciones, mantenimiento, ingeniería, cualificación del equipo, diseño e investigación y desarrollo, dependiendo de la evaluación que deba llevarse a cabo. Además de los equipos de gestión del envejecimiento, pueden solicitarse los servicios especializados de organizaciones externas en temas específicos, como por ejemplo la evaluación de la condición, la investigación y la elaboración de normas.

4.7. Las diferentes unidades de la entidad explotadora de la central nuclear (por ejemplo, operaciones, mantenimiento e ingeniería) deberán encargarse de la ejecución de programas de gestión del envejecimiento de estructuras o componentes específicos y de informar sobre el comportamiento de las estructuras y componentes. Esos programas de gestión del envejecimiento específicos para cada estructura y componente forman parte del programa general de gestión del envejecimiento de la central y están integrados en este y entre sí.

4.8. La entidad explotadora debe proporcionar formación en materia de envejecimiento de ESC para el personal dedicado a operaciones, mantenimiento

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

e ingeniería, con el fin de que puedan contribuir de manera informada y positiva a la gestión del envejecimiento.

4.9. La entidad explotadora debe recabar y evaluar la experiencia sectorial y de la central pertinente y utilizarla para mejorar el programa de gestión del envejecimiento.

RECOPIACIÓN DE DATOS Y MANTENIMIENTO DE REGISTROS

4.10. La entidad explotadora debe establecer un sistema de recopilación de datos y mantenimiento de registros que esté definido por el programa de gestión del envejecimiento y que le sirva de apoyo [8].

4.11. Este sistema de recopilación de datos y mantenimiento de registros deberá establecerse al inicio de la vida útil de la central (idealmente, los datos deberían recopilarse desde la fase de construcción en adelante) con el fin de obtener información para las siguientes actividades:

- Detección y evaluación de la degradación, fallos y mal funcionamiento de los componentes debido a los efectos del envejecimiento.
- Decisiones sobre el tipo y el momento de las operaciones de mantenimiento, como calibración, reparación, reacondicionamiento y sustitución.
- Optimización de las condiciones y prácticas operacionales que reducen la degradación por envejecimiento.
- Detección de nuevos efectos del envejecimiento antes de que pongan en peligro la seguridad, la fiabilidad de la producción y la vida útil de la central.

4.12. Para facilitar la obtención de la calidad y la cantidad deseadas de datos relacionados con el envejecimiento derivado de las operaciones, mantenimiento e ingeniería de la central, deberán participar en el diseño del sistema de mantenimiento de registros representantes de las unidades de operaciones, mantenimiento e ingeniería.

4.13. En el anexo II se muestran ejemplos de datos que deben incluirse en el sistema de recopilación de datos y mantenimiento de registros.

SELECCIÓN DE SISTEMAS, ESTRUCTURAS Y COMPONENTES

4.14. Una central nuclear tiene una gran cantidad y variedad de ESC. La medida en que esos ESC son susceptibles a la degradación por envejecimiento también difiere considerablemente. No resulta práctico ni necesario evaluar y cuantificar el grado de degradación por envejecimiento de cada ESC individual. Por tanto, debe aplicarse un enfoque sistemático para concentrar los recursos en los ESC que pueden incidir negativamente en la explotación segura de la central y que son susceptibles a la degradación por envejecimiento [4, 6]. Esto debe incluir los ESC que no tienen funciones de seguridad pero cuyo fallo podría impedir a otros ESC realizar sus funciones de seguridad previstas.

4.15. Debe aplicarse un enfoque basado en la seguridad, como el que se describe a continuación, a la selección de ESC para el examen de la gestión del envejecimiento:

- A partir de una lista de todos los sistemas y estructuras⁷, deben identificarse los que son importantes para la seguridad, en función de si un fallo o mal funcionamiento de un componente podría llevar (directa o indirectamente) a la pérdida o deterioro de una función de seguridad.
- Para cada uno de los sistemas y estructuras importantes para la seguridad, deben identificarse los elementos estructurales⁸ y los componentes que son importantes para la seguridad, es decir, aquellos cuyo fallo podría llevar (directa o indirectamente) a la pérdida o deterioro de una función de seguridad.
- De la lista de elementos estructurales y componentes importantes para la seguridad, deben determinarse qué componentes pueden fallar debido a la degradación por envejecimiento.
- Para garantizar la eficacia en el uso de recursos en la evaluación de la gestión del envejecimiento, la lista de elementos estructurales y componentes identificados importantes para la seguridad susceptibles de degradarse por el envejecimiento debe organizarse en grupos genéricos.

⁷ Las estructuras engloban tanto estructuras simples como estructuras complejas formadas por elementos estructurales.

⁸ Los elementos estructurales engloban tanto estructuras simples como elementos de estructuras complejas. La expresión “elemento estructural” se emplea solamente en este proceso de selección en aras de una mejor comprensión; en los párrafos subsiguientes, los elementos estructurales se denominan de nuevo “estructuras”.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

En la figura 3 se muestra un esquema de este proceso de selección. La metodología de selección específica que se utilice deberá documentarse y justificarse.

4.16. Debe considerarse la posibilidad de utilizar métodos fundamentados en el riesgo (análisis probabilísticos de seguridad y enfoques deterministas) para establecer prioridades en la evaluación de la gestión del envejecimiento de los

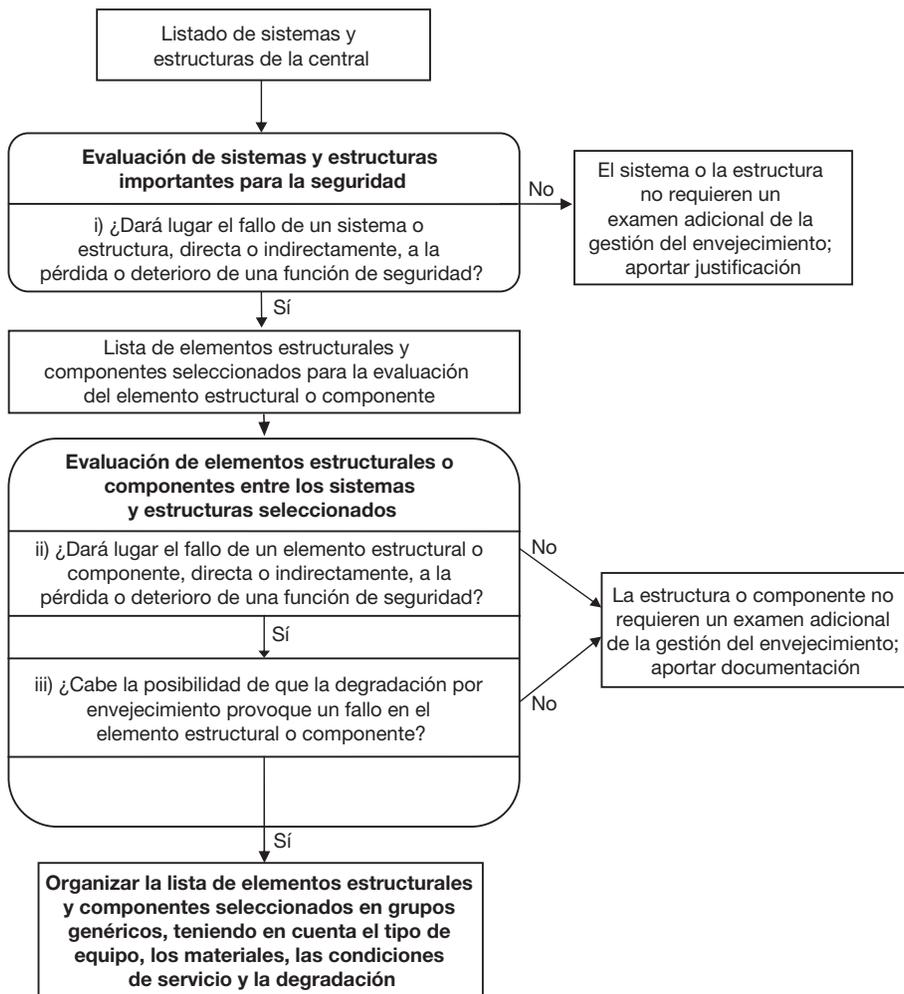


Fig. 3. Esquema del proceso de selección de ESC para la gestión del envejecimiento. Consúltense las notas 7 y 8 para ver la definición de elementos estructurales.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

componentes seleccionados sobre la base de su importancia para la seguridad. Por ejemplo, deberá darse una alta prioridad a la evaluación de estructuras y componentes cuyo fallo tendría un gran efecto en la frecuencia de daños al núcleo. Al realizar la evaluación de seguridad probabilística, debe considerarse la posibilidad de que se produzcan fallos debidos a una causa común cuando haya estructuras o componentes redundantes que sufran la misma degradación por envejecimiento.

EXAMEN DE LA GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO

4.17. Debe realizarse un examen de la gestión del envejecimiento de cada estructura, componente o grupo de estructuras y componentes que se haya determinado en el proceso de selección con el fin de obtener información y conocimiento sobre los tres elementos esenciales siguientes:

- i) Comprensión del envejecimiento.
- ii) Vigilancia del envejecimiento.
- iii) Mitigación de los efectos del envejecimiento.

4.18. Deben utilizarse exámenes adecuados de la gestión del envejecimiento (por ejemplo, preparados por el grupo de titulares, proveedores u organizaciones de apoyo), a fin de minimizar la duplicación de esfuerzos, si se dispone de ellos. Deberán hacerse las referencias adecuadas y aportarse una explicación del uso de esas referencias.

4.19. En el diagrama de flujo que se muestra en la figura 4, que se describe con más detalle en los párrafos 4.20 a 4.27 y en la referencia [4] se ilustra una metodología recomendada, que consiste en el examen y evaluación de la información de interés y la documentación de las observaciones. Puede que no sea necesario realizar el examen de la gestión del envejecimiento de algunas estructuras o componentes si se conocen bien los mecanismos y efectos del envejecimiento que los afectan y existe un programa eficaz de gestión del envejecimiento (es decir, tiene los atributos de un programa de gestión del envejecimiento eficaz como se presenta en el cuadro 2).

Comprender el envejecimiento

4.20. Comprender el envejecimiento es la base de la eficacia de la vigilancia y la mitigación de los efectos del envejecimiento. Para comprender la degradación por envejecimiento de una estructura o componente, se deben determinar y

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

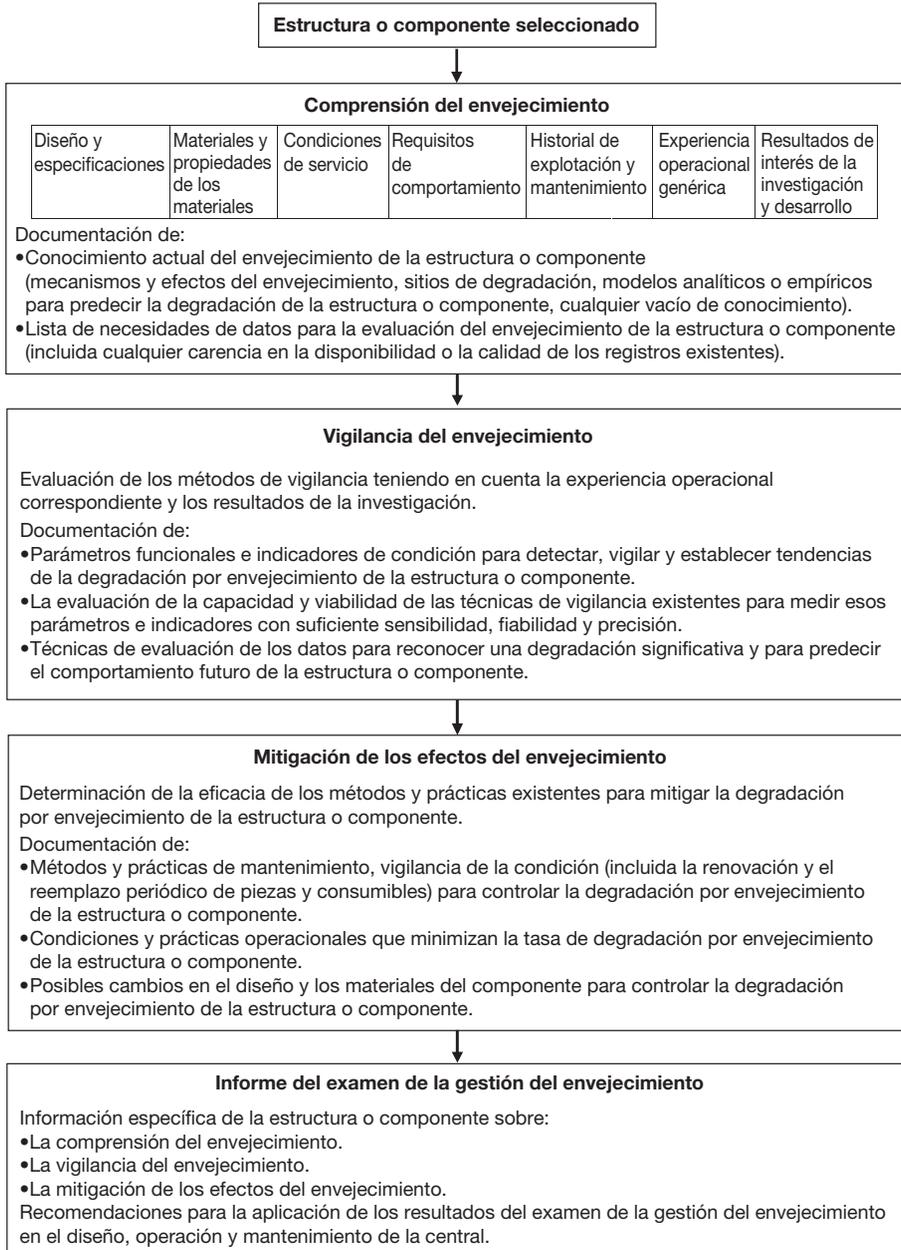


Fig. 4. Ilustración del examen de la gestión del envejecimiento.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

comprender sus mecanismos de envejecimiento y los efectos de este; el examen posterior al servicio y las pruebas de estructuras o componentes (incluidas las pruebas destructivas) pueden mejorar sustancialmente este conocimiento. En el anexo III se ofrecen ejemplos de mecanismos de degradación importante por envejecimiento y materiales y componentes susceptibles de degradación.

4.21. En el examen relativo al conocimiento del envejecimiento de las estructuras y componentes deberán considerarse los materiales, los factores de estrés⁹ y el medio ambiente, los mecanismos de envejecimiento y los sitios de degradación, y los modelos analíticos (es decir, basados en la teoría) o modelos empíricos (es decir, basados en la observación o experimento) disponibles para predecir la degradación futura. Deberán documentarse los resultados del examen relativo al conocimiento del envejecimiento.

Vigilancia del envejecimiento

4.22. Deben evaluarse los métodos de vigilancia existentes, teniendo en cuenta la experiencia operacional correspondiente y los resultados de la investigación, a fin de determinar si son efectivos para la detección oportuna de la degradación por envejecimiento antes de que se produzca el fallo de la estructura o componente. Habrán de realizarse comprobaciones de muestreo del equipo para detectar precursores de la degradación por envejecimiento cuando corresponda.

4.23. En la evaluación de los métodos de vigilancia existentes para determinar métodos y tecnologías de vigilancia eficaces y prácticos, deberá considerarse lo siguiente:

- Parámetros funcionales e indicadores de condición para detectar, supervisar y determinar la degradación por envejecimiento de la estructura o componente.
- Una evaluación de la capacidad y viabilidad de las técnicas de vigilancia existentes para medir esos parámetros e indicadores con suficiente sensibilidad, fiabilidad y precisión.
- Técnicas de evaluación de datos para reconocer casos de degradación significativa, tasas de fallo y sus tendencias, con el fin de prever la integridad futura y la capacidad funcional de la estructura o componente.

⁹ Un factor de estrés es un agente o estímulo derivado de las condiciones previas al servicio y en servicio que pueden producir una degradación inmediata o gradual por envejecimiento de un ESC. Algunos ejemplos son el calor, el vapor, los productos químicos y los ciclos eléctricos.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

Deberán documentarse los resultados del examen relativos a la vigilancia del envejecimiento.

Mitigación de los efectos del envejecimiento

4.24. Deberá determinarse la eficacia de los métodos y prácticas existentes para mitigar la degradación por envejecimiento de una estructura o componente, teniendo en cuenta la experiencia operacional correspondiente y los resultados de la investigación.

4.25. La información obtenida sobre este aspecto del examen dirigido a determinar métodos y tecnologías de mitigación eficaces y prácticos debe incluir lo siguiente:

- Métodos y prácticas de mantenimiento (incluida la renovación y el reemplazo periódico de piezas y consumibles) para controlar la degradación por envejecimiento de la estructura o componente.
- Condiciones y prácticas operacionales que minimizan la tasa de degradación por envejecimiento de la estructura o componente.
- Posibles cambios en el diseño y los materiales del componente para controlar la degradación por envejecimiento de la estructura o componente.

Deberán documentarse los resultados del examen relativos a la mitigación de los efectos del envejecimiento.

Informe sobre el examen de la gestión del envejecimiento

4.26. Los resultados del examen de la gestión del envejecimiento deben documentarse en un informe adecuado. El informe deberá incluir el conocimiento relativo al envejecimiento, la vigilancia del envejecimiento y la mitigación de los efectos del envejecimiento. Además, deben proponerse recomendaciones para la aplicación de los resultados del examen de la gestión del envejecimiento en la operación, el mantenimiento y el diseño de la central.

4.27. Deberá documentarse y justificarse la metodología empleada para llevar a cabo el examen de la gestión del envejecimiento.

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN

4.28. A la hora de elaborar un plan para la gestión eficaz del envejecimiento, debe determinarse la condición real de la estructura, componente o grupo de estructuras y componentes designados en el proceso de selección, a partir de la información obtenida del examen de la gestión del envejecimiento.

4.29. La evaluación de la condición de la estructura o componente debe realizarse sobre la base de:

- El informe correspondiente del examen de la gestión del envejecimiento.
- Los datos de funcionamiento y mantenimiento e ingeniería, incluidos los criterios de aceptación específicos de la estructura o componente.
- Los resultados de inspecciones y evaluaciones de condición, incluidos los resultados de inspecciones y evaluaciones actualizadas, si están disponibles y son necesarios.

4.30. Los resultados de la evaluación de la condición deben documentarse en un informe adecuado y proporcionar información sobre:

- El rendimiento actual y la condición de la estructura o componente, incluida la evaluación de cualquier fallo relacionado con el envejecimiento o indicaciones de degradación importante del material.
- Estimación, cuando sea posible, del rendimiento futuro, la degradación por envejecimiento y la vida útil de la estructura o componente.

ELABORACIÓN DE PROGRAMAS DE GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO

4.31. Debe elaborarse y documentarse un programa específico para la gestión del envejecimiento de cada estructura, componente o grupo de estructuras y componentes designados mediante el proceso de selección. En el programa de gestión del envejecimiento deben definirse: a) medidas y prácticas efectivas y adecuadas para gestionar el envejecimiento que permitan detectar y mitigar oportunamente los efectos del envejecimiento en la estructura o el componente; y b) indicadores de la eficacia del programa. Por tanto, debe confirmarse la eficacia de las prácticas actuales teniendo en cuenta las evaluaciones de envejecimiento y de condición aplicables, y deben recomendarse mejoras para las prácticas vigentes, según corresponda.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

4.32. Para evaluar la eficacia de los programas de gestión del envejecimiento, la entidad explotadora deberá elaborar y utilizar indicadores. A continuación figuran algunos ejemplos de indicadores:

- Condición del material con respecto a los criterios de aceptación.
- Tendencias de los datos relativos a los fallos y la degradación.
- Comparación de las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo (por ejemplo, en términos de persona-años o costo).
- Número de fallos recurrentes y casos de degradación.
- Estado de cumplimiento de los programas de inspección. Cualquier programa que exista en la central nuclear que se considere útil para la gestión del envejecimiento también debe evaluarse con relación a los atributos enumerados en el cuadro 2. Los programas que no cuenten con esos atributos deberán modificarse, según corresponda.

CUADRO 2. ATRIBUTOS GENÉRICOS DE UN PROGRAMA EFICAZ DE GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO

Atributo	Descripción
1. Ámbito de aplicación del programa de gestión del envejecimiento basado en lo que se conoce del envejecimiento	<ul style="list-style-type: none">• Estructuras (incluidos los elementos estructurales) y componentes sujetos a una gestión del envejecimiento.• Comprensión de los fenómenos del envejecimiento (mecanismos principales de envejecimiento, sitios vulnerables):<ul style="list-style-type: none">– materiales de la estructura o componentes, condiciones de servicio, factores de estrés, lugares de degradación, mecanismos y efectos del envejecimiento;– indicadores de la condición de la estructura o componente y criterios de aceptación;– modelos predictivos cuantitativos o cualitativos de fenómenos de envejecimiento de importancia.
2. Medidas preventivas para minimizar y controlar la degradación por envejecimiento	<ul style="list-style-type: none">• Determinación de las medidas preventivas.• Determinación de los parámetros que vayan a vigilarse o inspeccionarse.• Condiciones de servicio (es decir, condiciones ambientales y condiciones operacionales) que vayan a mantenerse y prácticas operacionales dirigidas a reducir la posible degradación de la estructura o componente.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

CUADRO 2. ATRIBUTOS GENÉRICOS DE UN PROGRAMA EFICAZ DE GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO (cont.)

Atributo	Descripción
3. Detección de los efectos del envejecimiento	<ul style="list-style-type: none">• Tecnología efectiva (métodos de inspección, ensayo y vigilancia) para detectar los efectos del envejecimiento antes del fallo de la estructura o componente.
4. Vigilancia y tendencias de los efectos del envejecimiento	<ul style="list-style-type: none">• Indicadores de condición y parámetros supervisados.• Datos que deberán recopilarse para facilitar la evaluación del envejecimiento de la estructura o componente.• Métodos de evaluación (incluidos el análisis de datos y las tendencias).
5. Mitigación de los efectos del envejecimiento	<ul style="list-style-type: none">• Medidas operacionales, de mantenimiento, reparación y reemplazo para mitigar los efectos del envejecimiento o la degradación detectados de la estructura o componente.
6. Criterios de aceptación	<ul style="list-style-type: none">• Criterios de aceptación con respecto a los que se evalúa la necesidad de aplicar una medida correctora.
7. Medidas correctoras	<ul style="list-style-type: none">• Medidas correctoras si un componente no cumple los criterios de aceptación.
8. Retroalimentación de la experiencia operacional y de los resultados de investigación y desarrollo	<ul style="list-style-type: none">• Mecanismo que garantiza la retroalimentación oportuna de la experiencia operacional y los resultados de investigación y desarrollo (si corresponde), y proporciona información objetiva de que se tienen en cuenta en el programa de gestión del envejecimiento.
9. Gestión de la calidad	<ul style="list-style-type: none">• Controles administrativos que documentan la aplicación del programa de gestión del envejecimiento y las medidas adoptadas.• Indicadores para facilitar la evaluación y mejora del programa de gestión del envejecimiento.• Proceso de confirmación (verificación) para garantizar que las acciones preventivas sean adecuadas y apropiadas y que todas las medidas correctoras se hayan aplicado y sean eficaces.• Prácticas de mantenimiento de registros que deberán seguirse.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

4.33. Puede recurrirse a una evaluación tecnológica para elaborar cada programa de gestión del envejecimiento. En la evaluación tecnológica habrá que tener en cuenta la base de diseño aplicable y los requisitos reglamentarios; información sobre los materiales, condiciones de servicio, factores de estrés, lugares de degradación y mecanismos y efectos del envejecimiento de la estructura o componente; e indicadores adecuados y modelos cuantitativos o cualitativos de fenómenos de envejecimiento pertinentes. Cada programa de gestión del envejecimiento debe contar con los atributos genéricos presentados en el cuadro 2.

4.34. Se puede elaborar una hoja resumen para cada programa de gestión del envejecimiento. La hoja resumen debe contener un resumen del programa de gestión del envejecimiento donde se destaque la información útil para comprender y gestionar el envejecimiento, incluidos los materiales, los lugares de degradación, los factores de estrés y los mecanismos y efectos del envejecimiento, los requisitos y métodos de inspección y vigilancia, los métodos de mitigación, los requisitos reglamentarios y los criterios de aceptación.

EJECUCIÓN DE LOS PROGRAMAS DE GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO

4.35. La entidad explotadora se encargará de aplicar los programas de gestión del envejecimiento.

4.36. La aplicación de las medidas principales relacionadas con la gestión del envejecimiento debe estar sujeta a la aprobación de la dirección superior de la entidad explotadora, que también debe resolver los posibles problemas.

4.37. La ejecución de los programas de gestión del envejecimiento debe incluir informes periódicos sobre el comportamiento de las estructuras y componentes, así como sobre los indicadores para evaluar la eficacia del programa de gestión del envejecimiento.

4.38. Como parte de la aplicación de los programas de gestión del envejecimiento, deben recopilarse y registrarse datos adecuados que sirvan de base a las decisiones sobre el tipo de medidas de gestión del envejecimiento y el momento de su aplicación.

4.39. La vida certificada del equipo debe reevaluarse durante su vida útil, teniendo en cuenta el progreso en el conocimiento de los mecanismos de envejecimiento.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

Si va a aumentarse la vida certificada, la entidad explotadora debe demostrar exhaustivamente la seguridad.

MEJORA DE LOS PROGRAMAS DE GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO

4.40. La dirección de la entidad explotadora debe prever el examen y mejora de los programas de gestión del envejecimiento, como se ilustra en el bucle cerrado del enfoque sistemático de la gestión del envejecimiento (véase la figura 1 y el párrafo 2.12).

4.41. Debe evaluarse periódicamente la eficacia de los programas de gestión del envejecimiento, teniendo en cuenta los conocimientos actuales y deberá actualizarse y ajustarse cuando corresponda. El conocimiento actual contendrá información sobre el funcionamiento de la estructura o componente, los historiales de vigilancia y mantenimiento, información de los resultados de la investigación y desarrollo y experiencia operacional genérica.

4.42. Periódicamente deben realizarse exámenes, inspecciones y evaluaciones para determinar la eficacia de los programas de gestión del envejecimiento. La entidad explotadora deberá evaluar y mejorar tanto su política de gestión del envejecimiento como sus programas de gestión del envejecimiento.

4.43. El resultado de los exámenes, inspecciones, evaluaciones y mejoras descritas en el párrafo 4.42 deberá presentarse al órgano regulador para su examen y aprobación.

4.44. Se debe considerar la posibilidad de organizar exámenes por homólogos de los programas de gestión del envejecimiento, a fin de obtener una evaluación independiente, para determinar si los programas de gestión del envejecimiento son coherentes con las prácticas generalmente aceptadas e identificar ámbitos de mejora [9, 10].

4.45. Deberán instaurarse programas de investigación y desarrollo con una financiación adecuada para dar respuesta a cualquier problema nuevo de envejecimiento y para aportar una mejora continua del conocimiento y la previsibilidad de los mecanismos de envejecimiento y las causas del envejecimiento, y los métodos o prácticas de vigilancia y mitigación conexos. Se debe adoptar un enfoque estratégico para promover programas pertinentes de investigación y desarrollo a largo plazo.

5. GESTIÓN DE LA OBSOLESCENCIA

5.1. La obsolescencia de los ESC importantes para la seguridad debe gestionarse de manera proactiva (es decir, con previsión y anticipación) a lo largo de su vida útil.

5.2. Las actividades de gestión de la obsolescencia de la entidad explotadora deben ser supervisadas por el órgano regulador durante toda la vida útil de la central.

5.3. La entidad explotadora debe establecer un programa de gestión de la obsolescencia. Esto incluye la formulación de la política, los objetivos y las disposiciones institucionales, la asignación de recursos adecuados (humanos y financieros) y la supervisión del programa para velar por el cumplimiento de sus objetivos.

5.4. Se recomiendan las disposiciones institucionales siguientes para la implantación del programa de gestión de obsolescencia:

- La responsabilidad de la aplicación del programa debe estar claramente asignada a la entidad explotadora de la central nuclear.
- El programa debe estar dirigido por un profesional dedicado con experiencia significativa en ingeniería, operaciones y mantenimiento.
- Las actividades del programa deben llevarse a cabo a través de una organización multifuncional con la participación a tiempo parcial de personas de las unidades pertinentes de la central nuclear, como ingeniería, apoyo técnico, mantenimiento y adquisiciones.

5.5. El programa de gestión de la obsolescencia debe centrarse en la gestión de la obsolescencia tecnológica. Además, el programa debe proporcionar orientación sobre la gestión de la obsolescencia de las normas y reglamentaciones y ejercer la supervisión de esta (por ejemplo, a través de una revisión periódica de la seguridad).

5.6. Deben establecerse procedimientos en el marco del programa de gestión de la obsolescencia con el fin de:

- Realizar una evaluación sistemática de la obsolescencia.
- Ocuparse de cualquier cuestión relativa a la obsolescencia que se detecte.
- Mejorar constantemente el programa.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

5.7. Deben establecerse procedimientos para la gestión de la obsolescencia tecnológica a fin de poner a disposición:

- Documentación completa y precisa para apoyar el mantenimiento y sustitución de ESC.
- Apoyo técnico necesario.
- Piezas de repuesto suficientes.

6. EXAMEN DE LA GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO PARA LA EXPLOTACIÓN A LARGO PLAZO

6.1. Para facilitar el funcionamiento a largo plazo de una central nuclear, la entidad explotadora deberá demostrar, y el órgano regulador supervisar, que la seguridad de la central nuclear es aceptable cuando se compara con las normas vigentes de seguridad¹⁰. En esta sección se presentan las recomendaciones para la realización de un examen en profundidad de la gestión del envejecimiento en relación con la explotación a largo plazo de una central nuclear.

6.2. El examen en profundidad de la gestión del envejecimiento debe garantizar el examen de los programas y las prácticas de la central que se utilizarán para respaldar la gestión de los efectos del envejecimiento durante la explotación a largo plazo y su coherencia con los atributos genéricos de un programa eficaz de gestión del envejecimiento, como el que figura en el cuadro 2.

6.3. El proceso de examen debe contener los elementos principales siguientes:

- Un método de selección adecuado para asegurar la evaluación de las estructuras y componentes importantes para la seguridad de cara a su explotación a largo plazo.
- Demostración de que los efectos del envejecimiento continuarán detectándose y gestionándose para cada estructura o componente durante el período planificado de explotación a largo plazo.

¹⁰ Esto no significa necesariamente que deben cumplirse todas las normas de seguridad vigentes, siempre que pueda demostrarse por otros medios la garantía de seguridad.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

- Revalidación de los análisis de seguridad que se hayan elaborado bajo supuestos temporales limitados¹¹, para demostrar que mantienen su validez o que los efectos del envejecimiento se gestionarán de manera eficaz, es decir, para demostrar que la función prevista de una estructura o componente permanecerá dentro de los márgenes de seguridad de diseño a lo largo del período de explotación a largo plazo previsto.

6.4. Deberán determinarse las necesidades de modificación de los programas vigentes de la central y de elaboración de cualquier programa nuevo y llevarse a la práctica.

6.5. Deberán documentarse los resultados del examen de la gestión del envejecimiento de las estructuras y componentes para su explotación a largo plazo.

6.6. En la referencia [11] se brinda información más detallada sobre la aplicación del proceso descrito en el párrafo 6.3.

7. RELACIONES CON OTRAS ESFERAS TÉCNICAS

7.1. En esta sección se destacan dos esferas técnicas que se consideran especialmente importantes o están estrechamente relacionadas con la gestión del envejecimiento: la cualificación del equipo y el examen periódico de la seguridad. Los programas y actividades de la central que forman parte integral del programa de gestión del envejecimiento (por ejemplo, mantenimiento, inspección, supervisión, vigilancia, química y retroalimentación de la experiencia operacional) se han tratado en las secciones anteriores.

¹¹ La revalidación de los análisis de seguridad elaborados bajo supuestos temporales limitados consiste en la evaluación de un efecto del envejecimiento identificado (degradación dependiente del tiempo debido a las condiciones de servicio normales) y ciertos análisis de seguridad específicos de la central elaborados sobre la base de un período de vida útil especificado explícitamente. Los análisis de seguridad bajo supuestos temporales limitados comprenderán cálculos de fatiga, análisis de choque térmico a presión y cualificación del equipo de cables eléctricos y de instrumentación y control.

CUALIFICACIÓN DEL EQUIPO

7.2. El programa de cualificación del equipo de una central nuclear es un ejemplo de medio eficaz para gestionar el envejecimiento de los componentes de la central importantes para la seguridad cubiertos por este programa. El ámbito de aplicación del programa de cualificación del equipo generalmente comprende equipos que realizan funciones de seguridad o contribuyen al desempeño de las funciones de seguridad, si bien pueden variar de un Estado a otro [4].

7.3. La demostración de la funcionalidad de cualquier elemento de equipo relacionado con la seguridad que realice funciones de seguridad en condiciones ambientales adversas es importante para el programa de cualificación del equipo. Las condiciones de servicio después de un suceso iniciador postulado son significativamente diferentes de las condiciones operacionales normales, y no se puede confiar demasiado en la continuidad de la funcionalidad de un elemento del equipo a partir del comportamiento durante el funcionamiento normal, las pruebas preoperacionales y las pruebas de vigilancia periódicas.

7.4. El envejecimiento de los elementos individuales del equipo se gestiona utilizando un concepto de “vida certificada” o de “condición certificada”¹² establecido mediante la cualificación del equipo.

7.5. Es importante demostrar que se han tenido en cuenta correctamente las cuestiones relativas al envejecimiento durante toda la vida útil planificada de la central, cerciorándose de que:

- Las pruebas de cualificación tienen en cuenta los posibles efectos del envejecimiento, considerando los conocimientos y prácticas internacionales.
- Se vigilan las condiciones ambientales en el sitio para detectar cualquier cambio en los valores asumidos.
- Se prevén procedimientos para modificar la vida útil certificada, especialmente en el caso de cambios en los valores supuestos o de un aumento en la frecuencia de fallos de algún elemento del equipo.
- Se prevén procedimientos para adaptar las pruebas de envejecimiento y la duración de su validez.

7.6. La vida certificada establecida mediante la cualificación del equipo es el período de tiempo de operación normal durante el que la degradación por envejecimiento no impediría el funcionamiento satisfactorio del equipo si se

¹² Véase el párrafo 7.7.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

produjera un suceso iniciador postulado. Antes de que finalice la vida certificada del equipo, se lleva a cabo el reemplazo del equipo, se renuevan los componentes limitadores de la vida útil o se renueva o establece una nueva vida certificada más larga.

7.7. La condición de equipo cualificado establecida por la cualificación del equipo se expresa en términos de uno o más indicadores mensurables de las condiciones para las que se ha demostrado que el equipo cumplirá con sus requisitos de funcionamiento.

7.8. En otras publicaciones del OIEA [12, 13] se proporciona información adicional sobre la aplicación y el examen de la cualificación del equipo.

EXAMEN PERIÓDICO DE LA SEGURIDAD

7.9. En muchos Estados se revisa periódicamente la seguridad. Se trata de un instrumento para examinar la seguridad de la explotación de la central a lo largo de su vida útil y considerar las solicitudes de autorización de la entidad explotadora para continuar la explotación de la central más allá de un período de licencia establecido o de un período establecido mediante la evaluación de la seguridad. De acuerdo con la referencia [12], el proceso de examen periódico de la seguridad es válido para las centrales nucleares a lo largo de su vida útil y garantiza la continuidad de la validez de la licencia, teniendo en cuenta los efectos acumulativos del envejecimiento de la central (tanto envejecimiento físico como obsolescencia), las modificaciones realizadas en la central y los cambios en las normas internacionales de seguridad.

7.10. En el marco del examen periódico de la seguridad [12], la entidad explotadora evalúa los efectos del envejecimiento en la seguridad de la central nuclear, así como la eficacia del programa de gestión del envejecimiento y la necesidad de mejorar dicho programa.

7.11. El objetivo del examen de la gestión del envejecimiento en el examen periódico de la seguridad es “determinar si se está gestionando eficazmente el envejecimiento en la central nuclear, de manera que se mantengan las funciones de seguridad requeridas, y si existe un programa eficaz de gestión del envejecimiento para la explotación futura de la central” (referencia [12], párrafo 4.21). Por tanto, el objetivo del examen de la gestión del envejecimiento en el marco del examen periódico de la seguridad es establecer:

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

- Si se han determinado, con relación a cada ESC importante para la seguridad, todos los mecanismos importantes de envejecimiento.
- Si existe un conocimiento exhaustivo de los mecanismos de envejecimiento pertinentes y sus efectos.
- Si el envejecimiento de los ESC durante el período de explotación hasta la fecha es congruente con las previsiones.
- Si existen márgenes adecuados con respecto al envejecimiento para garantizar un funcionamiento seguro al menos durante el período que transcurra hasta el siguiente examen periódico de la seguridad.
- Si existe un programa eficaz de gestión del envejecimiento (que englobe operaciones, química, mantenimiento, vigilancia e inspección) para la explotación futura de la central.

Los resultados que pueden derivarse del examen de la gestión del envejecimiento en el marco del examen periódico de la seguridad son la mejora en el alcance, los procedimientos o la frecuencia del mantenimiento, la vigilancia y la inspección, y la modificación de las condiciones de operación o diseño (incluidos los posibles cambios en la base de diseño de las estructuras y componentes).

REFERENCIAS

- [1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Seguridad de las centrales nucleares: Diseño, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° NS-R-1, OIEA, Viena (2004).
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Seguridad de las centrales nucleares: Explotación, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° NS-R-2, OIEA, Viena (2004).
- [3] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA, *Infraestructura legal y estatal para la seguridad nuclear, radiológica, de los desechos radiactivos y del transporte, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° GS-R-1, OIEA, Viena (2000).
- [4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Methodology for the Management of Ageing of Nuclear Power Plant Components Important to Safety*, Technical Reports Series No. 338, IAEA, Vienna (1992).
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Maintenance, Surveillance and In-service Inspection in Nuclear Power Plants*, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-2.6, IAEA, Vienna (2002).
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Implementation and Review of a Nuclear Power Plant Ageing Management Programme*, Safety Reports Series No. 15, IAEA, Vienna (1999).

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Design of the Reactor Core for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-4.1, IAEA, Vienna (2004).
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Data Collection and Record Keeping for the Management of Nuclear Power Plant Ageing, Safety Series No. 50-P-3, IAEA, Vienna (1991).
- [9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, AMAT Guidelines: Reference Document for the IAEA Ageing Management Assessment Teams (AMATs), IAEA Services Series No. 4, IAEA, Vienna (1999).
- [10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, SALTO Guidelines: Guidelines for Peer Review of Long Term Operation and Ageing Management of Nuclear Power Plants, IAEA Services Series No. 17, IAEA, Vienna (2008).
- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safe Long Term Operation of Nuclear Power Plants, Safety Reports Series No. 57, IAEA, Vienna (2008).
- [12] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Periodic Safety Review of Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-2.10, IAEA, Vienna (2003).
- [13] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Equipment Qualification in Operational Nuclear Power Plants: Upgrading, Preserving and Reviewing, Safety Reports Series No. 3, IAEA, Vienna (1998).

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

Anexo I

PUBLICACIONES EXISTENTES SOBRE LA GESTIÓN DEL ENVEJECIMIENTO

I-1. Las publicaciones del OIEA proporcionan orientación e información sobre los programas de gestión del envejecimiento, orientación específica sobre componentes y orientación sobre el examen de la gestión del envejecimiento.

I-2. Los informes relacionados con los programas de gestión del envejecimiento que figuran a continuación se han elaborado a partir de la experiencia de los Estados Miembros:

- En *Data Collection and Record Keeping for the Management of Nuclear Power Plant Ageing* [I-1] se ofrece información sobre la base de referencia necesaria, los datos de operación y mantenimiento y un sistema para la recopilación de datos y el mantenimiento de registros.
- En *Methodology for the Management of Ageing of Nuclear Power Plant Components Important to Safety* [I-2] se proporciona orientación sobre la selección de estructuras, sistemas y componentes para hacer un uso eficaz de recursos limitados, así como sobre la realización de estudios de gestión del envejecimiento para determinar o elaborar medidas eficaces de gestión del envejecimiento para los componentes seleccionados.
- En *Implementation and Review of Nuclear Power Plant Ageing Management Programmes* [I-3] se brinda información sobre el enfoque sistemático de la gestión del envejecimiento y un modelo institucional para su aplicación.
- En *Equipment Qualification in Operational Nuclear Power Plants: Upgrading, Preserving and Reviewing* [I-4] se documentan los métodos y prácticas actuales relacionados con la renovación y conservación de la cualificación del equipo en centrales nucleares en explotación y el examen de la eficacia del programa de cualificación del equipo de la central.
- En *Proactive Management of Ageing for Nuclear Power Plants* [I-5] se proporciona información sobre cómo reconocer las deficiencias comunes en la gestión del envejecimiento de las centrales nucleares, la aplicación del enfoque sistemático de la gestión del envejecimiento y el fortalecimiento del papel de la gestión proactiva del envejecimiento.

I-3. La orientación específica sobre componentes relativa a los principales componentes de las centrales nucleares importantes para la seguridad incluye información sobre la descripción de los componentes y la base de diseño,

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

los posibles mecanismos de envejecimiento y su importancia, directrices operacionales para controlar la degradación relacionada con el envejecimiento, los requisitos y tecnologías de inspección y vigilancia, y los métodos de evaluación y mantenimiento. Se han publicado orientaciones sobre la evaluación y la gestión del envejecimiento de los principales componentes de las centrales nucleares para los siguientes componentes: generadores de vapor, edificios de contención de hormigón, tubos de presión CANDU, vasijas a presión de reactores de agua a presión, componentes internos de vasijas de reactores de agua a presión, componentes metálicos de contención del reactor de agua en ebullición, instrumentación y cables de control en el interior de la contención, conjuntos de reactores CANDU, tuberías primarias de reactores de agua a presión, vasijas a presión de reactores de agua en ebullición, componentes internos de vasijas a presión de reactores de agua en ebullición, examen de vasijas a presión de reactores de agua a presión y examen de partes internas de vasijas de reactores de agua a presión, por ejemplo, referencia [I-6].

I-4. La referencia [I-7] proporciona orientación para los equipos de evaluación de la gestión del envejecimiento y para la autoevaluación del servicio, cuyo objetivo es prestar asesoramiento y asistencia a las empresas de generación de energía eléctrica o centrales nucleares individuales para fortalecer y mejorar la eficacia de sus programas de gestión del envejecimiento.

I-5. El OIEA también ofrece orientación técnica sobre tipos específicos de degradación por envejecimiento, como la fragilización por irradiación de las vasijas a presión del reactor, y sobre la gestión de la vida de las centrales nucleares, por ejemplo, la referencia [I-8].

I-6. Además de las publicaciones anteriores del OIEA sobre gestión del envejecimiento, desde mediados de los años 80 del siglo XX los Estados Miembros y otras organizaciones internacionales, como la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE y la Comisión Europea, han elaborado información importante sobre la gestión del envejecimiento de las centrales nucleares, por ejemplo, las referencias [I-9 a I-11].

I-7. El uso de una terminología común sobre el envejecimiento [I-12, I-13] facilita la comunicación y el entendimiento mutuo entre los profesionales nucleares al tratar las cuestiones relativas a la gestión del envejecimiento.

REFERENCIAS DEL ANEXO I

- [I-1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Data Collection and Record Keeping for the Management of Nuclear Power Plant Ageing, Safety Series No. 50-P-3, IAEA, Vienna (1991).
- [I-2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Methodology for the Management of Ageing of Nuclear Power Plant Components Important to Safety, Technical Reports Series No. 338, IAEA, Vienna (1992).
- [I-3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Implementation and Review of a Nuclear Power Plant Ageing Management Programme, Safety Reports Series No. 15, IAEA, Vienna (1999).
- [I-4] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Equipment Qualification in Operational Nuclear Power Plants: Upgrading, Preserving and Reviewing, Safety Reports Series No. 3, IAEA, Vienna (1998).
- [I-5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Proactive Management of Ageing for Nuclear Power Plants, Safety Reports Series No. 62, IAEA, Vienna (2009).
- [I-6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Assessment and Management of Ageing of Major Nuclear Power Plant Components Important to Safety: PWR Pressure Vessels, IAEA-TECDOC-1556, IAEA, Vienna (2007).
- [I-7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, AMAT Guidelines: Reference Document for the IAEA Ageing Management Assessment Teams (AMATs), IAEA Services Series No. 4, IAEA, Vienna (1999).
- [I-8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Nuclear Power Plant Life Management Processes: Guidelines and Practices for Heavy Water Reactors, IAEA-TECDOC-1503, IAEA, Vienna (2006).
- [I-9] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Generic Aging Lessons Learned Report, Rep. NUREG-1801 Rev. 1, NRC, Washington, DC (2005).
- [I-10] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Technical Aspects of Ageing for Long-Term Operation, Rep. NEA/CSNI/R(2002)26, OECD, Paris (2002).
- [I-11] EUROPEAN COMMISSION, Safe Management of NPP Ageing in the European Union, Rep. EUR 19843, EC, Brussels (2001).
- [I-12] ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, Common Aging Terminology, EPRI, Palo Alto, CA (1993).
- [I-13] OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, Glossary of Nuclear Power Plant Ageing, OECD, Paris (1999).

Anexo II

EJEMPLOS DE CONTENIDOS DE LOS SISTEMAS DE RECOPIACIÓN DE DATOS Y MANTENIMIENTO DE REGISTROS

II-1. Los datos necesarios para el programa de gestión del envejecimiento de una central nuclear se dividen generalmente en las tres categorías siguientes:

- i) Información de referencia, formada por datos sobre el diseño de la central o de los ESC y las condiciones al comienzo de la vida útil de un componente o estructura.
- ii) Datos sobre el historial operacional de la central, que engloban las condiciones del servicio a nivel de ESC (incluidos los datos transitorios), y datos sobre las pruebas de disponibilidad y fallo de componentes y estructuras.
- iii) Datos sobre el historial de mantenimiento, incluidos datos sobre la vigilancia de la condición y el mantenimiento de los componentes y estructuras.

II-2. A continuación figuran algunos ejemplos de datos pertinentes:

- Registros de pruebas de cualificación ambiental, incluidas las especificaciones y los resultados de las pruebas.
- Registros de fabricación y construcción, incluidas las especificaciones de fabricación e inspección, los resultados de las inspecciones y las desviaciones.
- Los resultados de las inspecciones previas al servicio, incluidas las especificaciones y los resultados de las inspecciones, así como las observaciones que superen los niveles de notificación.
- Los resultados de las pruebas de puesta en servicio, incluidas las especificaciones y los resultados de las pruebas, así como la cartografía de las condiciones ambientales durante la puesta en servicio.
- Los resultados de las investigaciones de la química del agua y cualquier variación en ella.
- Los resultados de las inspecciones en servicio, incluidas las especificaciones y los resultados de inspección, así como las observaciones que superen los niveles de notificación.
- Los resultados de las pruebas funcionales periódicas y las observaciones conexas.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

- Las observaciones de la vigilancia desde sala de control y los recorridos de la central.
- Las observaciones del mantenimiento preventivo.
- Las observaciones del mantenimiento correctivo.
- Los datos sobre fallos o degradación importante de los ESC relacionados con el envejecimiento, incluidos los resultados de los análisis de la causa raíz.

II-3. Los datos de un programa eficaz de gestión del envejecimiento contribuyen a la gestión eficaz de la configuración de la central, y viceversa. Idealmente, la base de datos que contenga los datos relacionados con los ESC que se enumeran en el párrafo II-2 formará parte de una base de datos integrada que brinda una fuente de datos coherente para las funciones de operación, gestión de la configuración, mantenimiento e ingeniería.

Anexo III

EJEMPLOS DE MECANISMOS DE ENVEJECIMIENTO IMPORTANTES Y MATERIALES Y COMPONENTES VULNERABLES

III-1. En el cuadro III-1 figuran algunos ejemplos de mecanismos de envejecimiento de componentes mecánicos, componentes y equipos eléctricos y estructuras civiles. La degradación por envejecimiento de una estructura o componente específico se determina a partir de sus condiciones materiales y ambientales y de otro tipo mediante el proceso de examen de la gestión del envejecimiento que se describe en la sección 4.

CUADRO III-1: MECANISMOS DE ENVEJECIMIENTO
IMPORTANTES Y MATERIALES Y COMPONENTES VULNERABLES

Mecanismo de envejecimiento	Zonas, materiales y componentes vulnerables
<i>Componentes mecánicos</i>	
Fragilización por irradiación	Zona irradiada de la vasija de presión del reactor, componentes internos de la vasija de presión del reactor
Corrosión general, picaduras y desgaste (bajas y altas temperaturas)	Zonas con resquicios e intersticios, componentes de bajo flujo o sin flujo, sistemas de inyección de seguridad, sistemas de agua de servicios
Fisuración por tensocorrosión en superficies interiores (bajas y altas temperaturas)	Cercanías de soldaduras en componentes (condiciones químicas anormales)
Fisuración por tensocorrosión en superficies exteriores (relacionada con cloruros, bajas y altas temperaturas)	Componentes situados cerca de válvulas con fugas y en centrales costeras (por ejemplo, aislamiento)
Corrosión en grietas (bajas y altas temperaturas)	Zonas estancadas, proximidad a soldaduras, zonas con manguitos, soldaduras con anillos de refuerzo

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

CUADRO III-1: MECANISMOS DE ENVEJECIMIENTO IMPORTANTES Y MATERIALES Y COMPONENTES VULNERABLES (cont.)

Mecanismo de envejecimiento	Zonas, materiales y componentes vulnerables
Corrosión de influencia microbiana (bajas temperaturas)	Agua de servicio, intercambiadores de calor, equipos donde se realizan pruebas de presión, equipos que están fuera de servicio, pernos de anclaje, generadores diésel
Fatiga por corrosión (bajas y altas temperaturas)	Zonas de mezcla térmica, especialmente aceros al carbono y aleados
Fatiga (bajas y altas temperaturas)	Soportes de equipos rotativos y tuberías unidas a componentes de gran tamaño
Agrietamiento relacionado con soldaduras (falta de fusión, ductilidad en caliente, agotamiento de ferrita, formación de grietas, altas o bajas temperaturas)	Soldaduras metálicas similares, materiales forjados a fundición, juntas de relleno de baja ferrita, soldaduras de costura
Agrietamiento de la zona de dilución (altas o bajas temperaturas)	Soldaduras metálicas desiguales, superficies de contacto del revestimiento interior de la vasija, uniones entre tobera y manguitos de transición, uniones entre válvulas o bombas y tuberías (acero al carbono a acero inoxidable)
Sensibilización a baja temperatura (altas temperaturas)	Componentes de acero inoxidable, componentes de fundición
Desgaste mecánico, frotamiento (bajas y altas temperaturas)	Equipos rotativos
Obstrucción y desgaste	Componentes internos de bombas y válvulas
<i>Componentes eléctricos y de instrumentación y control</i>	
Fragilización y degradación del aislamiento	Cables, bobinados de motor, transformadores
Descargas parciales	Transformadores, inductores, equipos de media y alta tensión

CUADRO III-1: MECANISMOS DE ENVEJECIMIENTO
IMPORTANTES Y MATERIALES Y COMPONENTES VULNERABLES
(cont.)

Mecanismo de envejecimiento	Zonas, materiales y componentes vulnerables
Oxidación	Contactos de relé e interruptores, lubricantes, materiales de aislamiento asociados a componentes eléctricos
Aparición de monocristales	Barbas, dendritas
Difusión metálica	Aleaciones y soldaduras en dispositivos electrónicos
<i>Estructuras civiles</i>	
Envejecimiento del hormigón debido a ataques químicos agresivos y corrosión de la armadura de acero	Elementos de hormigón: paredes, cúpula, placa base, viga anular, contrafuertes, contención (según corresponda)
Grietas y distorsión debidas al aumento de los niveles de estrés de los asentamientos	Todos los elementos de hormigón
Pérdida de pretensado debido a la relajación, la contracción, la deformación y la elevación de temperatura	Tendones de contención pretensados
Pérdida de material (descamación, agrietamiento y desprendimiento) debido a los procesos de congelación y descongelación	Elementos de hormigón: paredes, cúpula, placa base, viga anular, contrafuertes, contención (según corresponda)

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y LA REVISIÓN

Banks, P.	British Energy, Reino Unido
Deschildre, O.	Dirección General de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica, Francia
Duhac, A.	Centro Común de Investigación de la Comisión Europea
Faidy, C.	EDF, Francia
Gettings, A.	British Energy, Reino Unido
Inagaki, T.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Kang, Ki-Sig	Organismo Internacional de Energía Atómica
Katona, T.	Central nuclear de Paks, Hungría
Kearney, M.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Koutaniemi, P.	STUK, Finlandia
Kupca, L.	Organismo Internacional de Energía Atómica
Pachner, J.	Pachner Associates, Canadá
Taylor, T.	Laboratorio Nacional del Pacífico Noroeste, Estados Unidos de América
Thoma, K.	Central nuclear de Beznau, Suiza

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

ENTIDADES ENCARGADAS DE LA APROBACIÓN DE LAS NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

El asterisco indica que se trata de un miembro corresponsal. Estos miembros reciben borradores para formular comentarios, así como otra documentación pero, generalmente, no participan en las reuniones. Dos asteriscos indican que se trata de un suplente.

Comisión sobre Normas de Seguridad

Alemania: Majer, D.; Argentina: González, A.J.; Australia: Loy, J.; Bélgica: Samain, J.-P.; Brasil: Vinhas, L.A.; Canadá: Jammal, R.; Corea, República de: Choul-Ho Yun; China: Liu Hua; Egipto: Barakat, M.; España: Barceló Vernet, J.; Estados Unidos de América: Virgilio, M.; Federación de Rusia: Adamchik, S.; Finlandia: Laaksonen, J.; Francia: Lacoste, A.-C. (Presidencia); India: Sharma, S.K.; Israel: Levanon, I.; Japón: Fukushima, A.; Lituania: Maksimovas, G.; Pakistán: Rahman, M.S.; Reino Unido: Weightman, M.; Sudáfrica: Magugumela, M.T.; Suecia: Larsson, C.M.; Ucrania: Mykolaichuk, O.; Viet Nam: Le-chi Dung; OIEA: Delattre, D. (Coordinación); Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE: Yoshimura, U.; Comisión Europea: Faross, P.; Comisión Internacional de Protección Radiológica: Holm, L.-E.; Grupo Asesor sobre Seguridad Física Nuclear: Hashmi, J.A.; Grupo Internacional de Seguridad Nuclear: Meserve, R.; Presidentes de los comités sobre normas de seguridad: Brach, E.W. (TRANSSC); Magnusson, S. (RASSC); Pather, T. (WASSC); Vaughan, G.J. (NUSSC).

Comité sobre Normas de Seguridad Nuclear

*Alemania: Wassilew, C.; Argelia: Merrouche, D.; Argentina: Waldman, R.; Australia: Le Cann, G.; Austria: Sholly, S.; Bélgica: De Boeck, B.; Brasil: Gromann, A.; *Bulgaria: Gledachev, Y.; Canadá: Rzentkowski, G.; China: Jingxi Li; *Chipre: Demetriades, P.; Corea, República de: HyunKoon Kim; Croacia: Valči, I.; Egipto: Ibrahim, M.; Eslovaquia: Uhrík, P.; Eslovenia: Vojnovič, D.; España: Zarzuela, J.; Estados Unidos de América: Mayfield, M.; Federación de Rusia: Baranaev, Y.; Finlandia: Järvinen, M.-L.; Francia: Feron, F.; Ghana: Emi-Reynolds, G.; *Grecia: Camarinopoulos, L.; Hungría: Adorján, F.; India: Vaze, K.; Indonesia: Antariksawan, A.; Irán, República Islámica del: Asgharizadeh, F.; Israel: Hirshfeld, H.; Italia: Bava, G.; Jamahiriyá Árabe Libia: Abuzid, O.; Japón: Kanda, T.; Lituania: Demčenko, M.; Malasia: Azlina Mohammed Jais; Marruecos: Soufi, I.; México: Carrera, A.; Países Bajos: van der Wiel, L.; Pakistán: Habib, M.A.; Polonia: Jurkowski, M.; Reino*

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

Unido: Vaughan, G.J. (Presidencia); *República Checa*: Šváb, M.; *Rumania*: Biro, L.; *Sudáfrica*: Leotwane, W.; *Suecia*: Hallman, A.; *Suiza*: Flury, P.; *Túnez*: Baccouche, S.; *Turquía*: Bezdegumeli, U.; *Ucrania*: Shumkova, N.; *Uruguay*: Nader, A.; *Asociación Nuclear Mundial*: Borysova, I; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE*: Reig, J.; *Comisión Electrotécnica Internacional*: Bouard, J.-P.; *Comisión Europea*: Vigne, S.; *FORATOM*: Fourest, B.; *OIEA*: Feige, G. (Coordinación); *Organización Internacional de Normalización*: Sevestre, B.

Comité sobre Normas de Seguridad Radiológica

Alemania: Helming, M.; **Argelia*: Chelbani, S.; *Argentina*: Massera, G.; *Australia*: Melbourne, A.; **Austria*: Karg, V.; *Bélgica*: van Bladel, L.; *Brasil*: Rodriguez Rochedo, E.R.; **Bulgaria*: Katzarska, L.; *Canadá*: Clement, C.; *China*: Huating Yang; **Chipre*: Demetriades, P.; *Corea, República de*: Byung-Soo Lee; *Croacia*: Kralik, I.; **Cuba*: Betancourt Hernandez, L.; *Dinamarca*: Øhlenschläger, M.; *Egipto*: Hassib, G.M.; *Eslovaquia*: Jurina, V.; *Eslovenia*: Sutej, T.; *España*: Amor Calvo, I.; *Estados Unidos de América*: Lewis, R.; *Estonia*: Lust, M.; *Federación de Rusia*: Savkin, M.; *Filipinas*: Valdezco, E.; *Finlandia*: Markkanen, M.; *Francia*: Godet, J.-L.; *Ghana*: Amoako, J.; **Grecia*: Kamenopoulou, V.; *Hungría*: Koblinger, L.; *India*: Sharma, D.N.; *Indonesia*: Widodo, S.; *Irán, República Islámica del*: Kardan, M.R.; *Irlanda*: Colgan, T.; *Islandia*: Magnusson, S. (Presidencia); *Israel*: Koch, J.; *Italia*: Bologna, L.; *Jamahiriyá Árabe Libia*: Busitta, M.; *Japón*: Kiryu, Y.; **Letonia*: Salmins, A.; *Lituania*: Mastauskas, A.; *Malasia*: Hamrah, M.A.; *Marruecos*: Tazi, S.; *México*: Delgado Guardado, J.; *Noruega*: Saxebol, G.; *Países Bajos*: Zuur, C.; *Pakistán*: Ali, M.; *Paraguay*: Romero de González, V.; *Polonia*: Merta, A.; *Portugal*: Dias de Oliveira, A.M.; *Reino Unido*: Robinson, I.; *República Checa*: Petrova, K.; *Rumania*: Rodna, A.; *Sudáfrica*: Olivier, J.H.I.; *Suecia*: Almen, A.; *Suiza*: Piller, G.; **Tailandia*: Suntarapai, P.; *Túnez*: Chékir, Z.; *Turquía*: Okyar, H.B.; *Ucrania*: Pavlenko, T.; **Uruguay*: Nader, A.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE*: Lazo, T.E.; *Asociación Internacional de Suministradores y Productores de Fuentes*: Fasten, W.; *Asociación Nuclear Mundial*: Saint-Pierre, S.; *Comisión Electrotécnica Internacional*: Thompson, I.; *Comisión Europea*: Janssens, A.; *Comisión Internacional de Protección Radiológica*: Valentin, J.; *Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas*: Crick, M.; *Oficina Internacional del Trabajo*: Niu, S.; *OIEA*: Boal, T. (Coordinación); *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*: Byron, D.; *Organización Internacional de Normalización*: Rannou, A.; *Organización Mundial de la Salud*: Carr, Z.; *Organización Panamericana de la Salud*: Jiménez, P.

Comité sobre Normas de Seguridad en el Transporte

Alemania: Rein, H.; *Nitsche, F.; **Alter, U.; *Argentina*: López Vietri, J.; **Capadona, N.M.; *Australia*: Sarkar, S.; *Austria*: Kirchnawy, F.; *Bélgica*: Cottens, E.; *Brasil*: Xavier, A.M.; *Bulgaria*: Bakalova, A.; *Canadá*: Régimbald, A.; *China*: Xiaoqing Li; **Chipre*: Demetriades, P.; *Corea, República de*: Dae-Hyung Cho; *Croacia*: Belamari, N.; **Cuba*: Quevedo Garcia, J.R.; *Dinamarca*: Breddam, K.; *Egipto*: El-Shinawy, R.M.K.; *España*: Zamora Martin, F.; *Estados Unidos de América*: Boyle, R.W.; Brach, E.W. (Presidencia); *Federación de Rusia*: Buchelnikov, A.E.; *Finlandia*: Lahkola, A.; *Francia*: Landier, D.; *Ghana*: Emi-Reynolds, G.; **Grecia*: Vogiatzi, S.; *Hungría*: Sáfár, J.; *India*: Agarwal, S.P.; *Indonesia*: Wisnubroto, D.; *Irán, República Islámica del*: Eshraghi, A.; **Emamjomeh*, A.; *Irlanda*: Duffy, J.; *Israel*: Koch, J.; *Italia*: Trivelloni, S.; ***Orsini*, A.; *Jamahiriyá Árabe Libia*: Kekli, A.T.; *Japón*: Hanaki, I.; *Lituania*: Statkus, V.; *Malasia*: Sobari, M.P.M.; ***Husain*, Z.A.; **Marruecos*: Allach, A.; *México*: Bautista Arteaga, D.M.; ***Delgado Guardado*, J.L.; *Noruega*: Hornkjøl, S.; **Nueva Zelandia*: Ardouin, C.; *Países Bajos*: Ter Morshuizen, M.; *Pakistán*: Rashid, M.; **Paraguay*: More Torres, L.E.; *Polonia*: Dziubiak, T.; *Portugal*: Buxo da Trindade, R.; *Reino Unido*: Sallit, G.; *República Checa*: Ducháček, V.; *Sudáfrica*: Hinrichsen, P.; *Suecia*: Häggblom, E.; ***Svahn*, B.; *Suiza*: Krietsch, T.; *Tailandia*: Jerachanchai, S.; *Turquía*: Ertürk, K.; *Ucrania*: Lopatin, S.; *Uruguay*: Nader, A.; **Cabral*, W.; *Asociación de Transporte Aéreo Internacional*: Brennan, D.; *Asociación Internacional de Suministradores y Productores de Fuentes*: Miller, J.J.; ***Roughan*, K.; *Asociación Nuclear Mundial*: Gorlin, S.; *Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa*: Kervella, O.; *Comisión Europea*: Binet, J.; *Federación Internacional de Asociaciones de Pilotos de Líneas Aéreas*: Tisdall, A.; ***Gessl*, M.; *Instituto Mundial de Transporte Nuclear*: Green, L.; OIEA: Stewart, J.T. (Coordinación); *Organización de Aviación Civil Internacional*: Brennan, D.; *Organización Internacional de Normalización*: Malesys, P.; *Organización Marítima Internacional*: Rahim, I.; *Unión Postal Universal*: Bowers, D.G.

Comité sobre Normas de Seguridad de los Desechos

Alemania: Götz, C.; *Argelia*: Abdenacer, G.; *Argentina*: Biaggio, A.; *Australia*: Williams, G.; **Austria*: Fischer, H.; *Bélgica*: Blommaert, W.; *Brasil*: Tostes, M.; **Bulgaria*: Simeonov, G.; *Canadá*: Howard, D.; *China*: Zhimin Qu; *Chipre*: Demetriades, P.; *Corea, República de*: Won-Jae Park; *Croacia*: Trifunovic, D.; *Cuba*: Fernández, A.; *Dinamarca*: Nielsen, C.; *Egipto*: Mohamed, Y.; *Eslovaquia*: Homola, J.; *Eslovenia*: Mele, I.; *España*: Sanz Aludan, M.; *Estados Unidos de América*: Camper, L.; *Estonia*: Lust, M.; *Finlandia*: Hutri, K.; *Francia*:

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

Rieu, J.; *Ghana*: Faanu, A.; *Grecia*: Tzika, F.; *Hungría*: Czoch, I.; *India*: Rana, D.; *Indonesia*: Wisnubroto, D.; *Irán, República Islámica del*: Assadi, M.; *Zarghami, R.; *Iraq*: Abbas, H.; *Israel*: Dody, A.; *Italia*: Dionisi, M.; *Jamahiriyá Árabe Libia*: Elfawares, A.; *Japón*: Matsuo, H.; **Letonia*: Salmins, A.; *Lituania*: Paulikas, V.; *Malasia*: Sudin, M.; **Marruecos*: Barkouch, R.; *México*: Aguirre Gómez, J.; *Países Bajos*: van der Shaaf, M.; *Pakistán*: Mannan, A.; **Paraguay*: Idoyaga Navarro, M.; *Polonia*: Wlodarski, J.; *Portugal*: Flausing de Paiva, M.; *Reino Unido*: Chandler, S.; *República Checa*: Lietava, P.; *Sudáfrica*: Pather, T. (Presidencia); *Suecia*: Frise, L.; *Suiza*: Wanner, H.; **Tailandia*: Supaokit, P.; *Túnez*: Bousselmi, M.; *Turquía*: Özdemir, T.; *Ucrania*: Makarovska, O.; **Uruguay*: Nader, A.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE*: Riotte, H.; *Asociación Internacional de Suministradores y Productores de Fuentes*: Fasten, W.; *Asociación Nuclear Mundial*: Saint-Pierre, S.; *Comisión Europea*: Necheva, C.; *Normativa Europea de Seguridad de las Instalaciones Nucleares*: Lorenz, B.; **Normativa Europea de Seguridad de las Instalaciones Nucleares*: Zaiss, W.; *OIEA*: Siraky, G. (Coordinación); *Organización Internacional de Normalización*: Hutson, G.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.



IAEA

Organismo Internacional de Energía Atómica

Nº 26

PEDIDOS DE PUBLICACIONES

Las publicaciones de pago del OIEA pueden adquirirse a través de los proveedores que se indican a continuación o en las principales librerías locales.

Los pedidos de publicaciones gratuitas deben hacerse directamente al OIEA. Al final de la lista de proveedores se proporcionan los datos de contacto.

AMÉRICA DEL NORTE

Bernan / Rowman & Littlefield

15250 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214, EE. UU.

Teléfono: +1 800 462 6420 • Fax: +1 800 338 4550

Correo electrónico: orders@rowman.com • Sitio web: www.rowman.com/bernan

RESTO DEL MUNDO

Póngase en contacto con su proveedor local de preferencia o con nuestro distribuidor principal:

Eurospan Group

Gray's Inn House

127 Clerkenwell Road

Londres EC1R 5DB

Reino Unido

Pedidos comerciales y consultas:

Teléfono: +44 (0)176 760 4972 • Fax: +44 (0)176 760 1640

Correo electrónico: eurospan@turpin-distribution.com

Pedidos individuales:

www.eurospanbookstore.com/iaea

Para más información:

Teléfono: +44 (0)207 240 0856 • Fax: +44 (0)207 379 0609

Correo electrónico: info@eurospangroup.com • Sitio web: www.eurospangroup.com

Los pedidos de publicaciones, tanto de pago como gratuitas, pueden enviarse directamente a:

Dependencia de Mercadotecnia y Venta

Organismo Internacional de Energía Atómica

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria

Teléfono: +43 1 2600 22529 o 22530 • Fax: +43 1 26007 22529

Correo electrónico: sales.publications@iaea.org • Sitio web: www.iaea.org/publications

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

La publicación SSG-48 sustituye a la presente publicación.

Seguridad mediante las normas internacionales

**ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA
VIENA**