

La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

# Normas de seguridad del OIEA

para la protección de las personas y el medio ambiente

## Almacenamiento del combustible nuclear gastado

Guía de Seguridad Específica

Nº SSG-15



**IAEA**

Organismo Internacional de Energía Atómica

La publicación SSG-15 (Rev. 1) 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:

<http://www-ns.iaea.org/standards/>

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](mailto: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-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

ALMACENAMIENTO DEL  
COMBUSTIBLE NUCLEAR  
GASTADO

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

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

|                        |                 |                       |
|------------------------|-----------------|-----------------------|
| AFGANISTÁN             | FIJI            | PAKISTÁN              |
| ALBANIA                | FILIPINAS       | PALAU                 |
| ALEMANIA               | FINLANDIA       | PANAMÁ                |
| ANGOLA                 | FRANCIA         | PAPUA NUEVA GUINEA    |
| ANTIGUA Y BARBUDA      | GABÓN           | PARAGUAY              |
| ARABIA SAUDITA         | GEORGIA         | PERÚ                  |
| ARGELIA                | GHANA           | POLONIA               |
| ARGENTINA              | GRANADA         | PORTUGAL              |
| ARMENIA                | GRECIA          | QATAR                 |
| AUSTRALIA              | GUATEMALA       | REINO UNIDO DE        |
| AUSTRIA                | GUYANA          | GRAN BRETAÑA E        |
| AZERBAIYÁN             | HAITÍ           | IRLANDA DEL NORTE     |
| BAHAMAS                | HONDURAS        | REPÚBLICA ÁRABE SIRIA |
| BAHREIN                | HUNGRÍA         | REPÚBLICA             |
| BANGLADESH             | INDIA           | CENTROAFRICANA        |
| BARBADOS               | INDONESIA       | REPÚBLICA CHECA       |
| BELARÚS                | IRÁN, REPÚBLICA | REPÚBLICA DE MOLDOVA  |
| BÉLGICA                | ISLÁMICA DEL    | REPÚBLICA DEMOCRÁTICA |
| BELICE                 | IRAQ            | DEL CONGO             |
| BENIN                  | IRLANDA         | REPÚBLICA DEMOCRÁTICA |
| BOLIVIA, ESTADO        | ISLANDIA        | POPULAR LAO           |
| PLURINACIONAL DE       | ISLAS MARSHALL  | REPÚBLICA DOMINICANA  |
| BOSNIA Y HERZEGOVINA   | ISRAEL          | REPÚBLICA UNIDA       |
| BOTSWANA               | ITALIA          | DE TANZANÍA           |
| BRASIL                 | JAMAICA         | RUMANIA               |
| BRUNEI DARUSSALAM      | JAPÓN           | RWANDA                |
| BULGARIA               | JORDANIA        | SAN MARINO            |
| BURKINA FASO           | KAZAJSTÁN       | SANTA SEDE            |
| BURUNDI                | KENYA           | SAN VICENTE Y         |
| CAMBOYA                | KIRGUISTÁN      | LAS GRANADINAS        |
| CAMERÚN                | KUWAIT          | SENEGAL               |
| CANADÁ                 | LESOTHO         | SERBIA                |
| COLOMBIA               | LETONIA         | SEYCHELLES            |
| CONGO                  | LÍBANO          | SIERRA LEONA          |
| COREA, REPÚBLICA DE    | LIBERIA         | SINGAPUR              |
| COSTA RICA             | LIBIA           | SRI LANKA             |
| CÔTE D'IVOIRE          | LIECHTENSTEIN   | SUDÁFRICA             |
| CROACIA                | LITUANIA        | SUDÁN                 |
| CUBA                   | LUXEMBURGO      | SUECIA                |
| CHAD                   | MADAGASCAR      | SUIZA                 |
| CHILE                  | MALASIA         | TAILANDIA             |
| CHINA                  | MALAWI          | TAYIKISTÁN            |
| CHIPRE                 | MALÍ            | TOGO                  |
| DINAMARCA              | MALTA           | TRINIDAD Y TABAGO     |
| DJIBOUTI               | MARRUECOS       | TÚNEZ                 |
| DOMINICA               | MAURICIO        | TURKMENISTÁN          |
| ECUADOR                | MAURITANIA      | TURQUÍA               |
| EGIPTO                 | MÉXICO          | UCRANIA               |
| EL SALVADOR            | MÓNACO          | UGANDA                |
| EMIRATOS ÁRABES UNIDOS | MONGOLIA        | URUGUAY               |
| ERITREA                | MONTENEGRO      | UZBEKISTÁN            |
| ESLOVAQUIA             | MOZAMBIQUE      | VANUATU               |
| ESLOVENIA              | MYANMAR         | VENEZUELA, REPÚBLICA  |
| ESPAÑA                 | NAMIBIA         | BOLIVARIANA DE        |
| ESTADOS UNIDOS         | NEPAL           | VIET NAM              |
| DE AMÉRICA             | NICARAGUA       | YEMEN                 |
| ESTONIA                | NÍGER           | ZAMBIA                |
| ESWATINI               | NIGERIA         | ZIMBABWE              |
| ETIOPÍA                | NORUEGA         |                       |
| EX REPÚBLICA YUGOSLAVA | NUEVA ZELANDIA  |                       |
| DE MACEDONIA           | OMÁN            |                       |
| FEDERACIÓN DE RUSIA    | 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-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

COLECCIÓN DE  
NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA N° SSG-15

ALMACENAMIENTO DEL  
COMBUSTIBLE NUCLEAR  
GASTADO

GUÍA DE SEGURIDAD ESPECÍFICA

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA  
VIENA, 2018

## 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, que ahora incluyen la propiedad intelectual de obras electrónicas y virtuales. Para la utilización de textos completos, o parte de ellos, que figuren en publicaciones del OIEA, impresas o en formato electrónico, deberá obtenerse la correspondiente autorización y, por lo general, dicha utilización estará sujeta a un acuerdo de pago de regalías. Se aceptan propuestas relativas a la reproducción y 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](mailto:sales.publications@iaea.org)  
<http://www.iaea.org/books>

© OIEA, 2018

Impreso por el OIEA en Austria  
Diciembre de 2018  
STI/PUB/1503

ALMACENAMIENTO DEL  
COMBUSTIBLE NUCLEAR  
GASTADO  
OIEA, VIENA, 2018  
STI/PUB/1503  
ISBN 978-92-0-302017-6  
ISSN 1020-5837

## PRÓLOGO

**de Yukiya Amano**  
**Director General**

El OIEA está autorizado por su Estatuto a “establecer o adoptar [...] 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—. A esos efectos, el OIEA consulta con los órganos competentes de las Naciones Unidas y con los organismos especializados pertinentes. Un amplio conjunto de normas de alta calidad revisadas periódicamente es un elemento clave de un régimen de seguridad mundial estable y sostenible, como también lo es la asistencia del OIEA en la aplicación de esas normas.

El OIEA inició su programa de normas de seguridad en 1958. El énfasis puesto en su calidad, idoneidad y mejora continua ha redundado en el uso generalizado de las normas del OIEA en todo el mundo. La *Colección de Normas de Seguridad* incluye ahora principios fundamentales de seguridad unificados, que representan un consenso internacional acerca de lo que debe constituir un alto grado de protección y seguridad. Con el firme apoyo de la Comisión sobre Normas de Seguridad, el OIEA se esfuerza por promover la aceptación y el uso a escala mundial de sus normas.

Las normas solo son eficaces si se aplican adecuadamente en la práctica. Los servicios de seguridad del OIEA abarcan el diseño, la selección de emplazamientos y la seguridad técnica, la seguridad operacional, la seguridad radiológica, la seguridad en el transporte de materiales radiactivos y la seguridad en la gestión de los desechos radiactivos, así como la organización a nivel gubernamental, las cuestiones relacionadas con reglamentación y la cultura de la seguridad en las organizaciones. Estos servicios de seguridad prestan asistencia a los Estados Miembros en la aplicación de las normas y posibilitan el intercambio de experiencias y conocimientos valiosos.

La reglamentación de la seguridad es una responsabilidad nacional y muchos Estados han decidido adoptar las normas del OIEA para incorporarlas en sus reglamentos nacionales. Para las partes en las diversas convenciones internacionales sobre seguridad, las normas del OIEA son un medio coherente y fiable de asegurar el cumplimiento eficaz de las obligaciones emanadas de esas convenciones. Los órganos reguladores y los explotadores de todo el mundo también aplican las normas para mejorar la seguridad en la generación de energía

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

nucleoeléctrica y en las aplicaciones de la energía nuclear en la medicina, la industria, la agricultura y la investigación.

La seguridad no es un fin en sí misma, sino un requisito indispensable para la protección de las personas de todos los Estados y del medio ambiente, ahora y en el futuro. Los riesgos relacionados con la radiación ionizante deben evaluarse y controlarse sin restringir indebidamente la contribución de la energía nuclear al desarrollo equitativo y sostenible. Los Gobiernos, los órganos reguladores y los explotadores de todo el mundo deben velar por que los materiales nucleares y las fuentes de radiación se utilicen con fines beneficiosos y de manera segura y ética. Las normas de seguridad del OIEA están concebidas para facilitar esa tarea, y aliento a todos los Estados Miembros a hacer uso de ellas.

## NOTA DE LA SECRETARÍA

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. En el proceso de elaboración, examen y establecimiento de las normas del OIEA participan la Secretaría del OIEA y todos los Estados Miembros, muchos de los cuales están representados en los cuatro comités de normas de seguridad y la Comisión sobre Normas de Seguridad del OIEA.

Las normas del OIEA, que son un elemento clave de un régimen de seguridad mundial, son revisadas periódicamente por la Secretaría, los comités de normas de seguridad y la Comisión sobre Normas de Seguridad. La Secretaría recopila información sobre la experiencia en la aplicación de las normas del OIEA y la información obtenida del seguimiento de los sucesos con objeto de asegurar que las normas sigan ajustándose a las necesidades de los usuarios. La presente publicación refleja la información y experiencia acumuladas hasta 2010 y se ha sometido al riguroso procedimiento de examen que se aplica a las normas.

Las lecciones que puedan extraerse del estudio del accidente en la central nuclear de Fukushima Daiichi en el Japón a raíz del terremoto y el tsunami del 11 de marzo de 2011, de consecuencias desastrosas, se recogerán en la versión revisada y publicada en el futuro de la presente norma de seguridad del OIEA.

La publicación SSG-15 (Rev. 1) 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 física<sup>1</sup> 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 Fig. 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.

### **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

---

<sup>1</sup> Véanse también las publicaciones de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA*.



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

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.

### 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 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

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

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 (EPreSC) (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 Fig. 2).

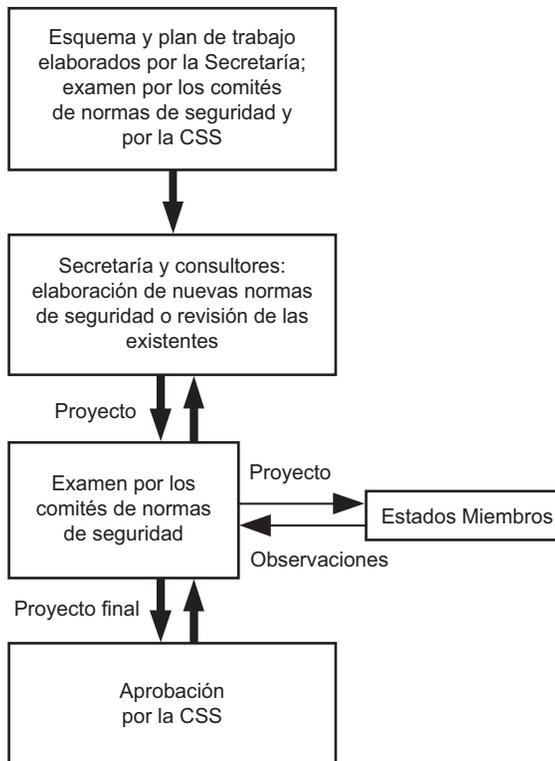


Fig. 2. Proceso de elaboración de una nueva norma de seguridad o de revisión de una norma existente.

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

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.

### 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.

### 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.

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

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-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

## ÍNDICE

|    |  |    |
|----|--|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN.....  | 1  |
|    | Antecedentes (1.1–1.7) .....   | 1  |
|    | Objetivo (1.8).....  | 3  |
|    | Ámbito de aplicación (1.9–1.11).....   | 3  |
|    | Estructura (1.12–1.13).....  | 4  |
| 2. | PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO<br>AMBIENTE (2.1–2.6).....                                      | 5  |
| 3. | FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES.....   | 6  |
|    | Consideraciones generales (3.1–3.4).....   | 6  |
|    | Responsabilidades del gobierno (3.5–3.8) .....   | 8  |
|    | Responsabilidades del órgano regulador (3.9–3.15).....   | 9  |
|    | Responsabilidades de la entidad explotadora (3.16–3.28) .....  | 11 |
|    | Responsabilidades del propietario<br>del combustible gastado (3.29–3.30) .....                           | 15 |
|    | Contabilidad y control de los materiales nucleares y sistemas<br>de protección física (3.31) .....       | 16 |
| 4. | SISTEMA DE GESTIÓN .....   | 17 |
|    | Consideraciones generales (4.1–4.3).....   | 17 |
|    | Gestión del combustible gastado (4.4–4.5).....   | 18 |
|    | Gestión de los recursos (4.6–4.10) .....   | 18 |
|    | Aplicación del proceso (4.11–4.13).....  | 20 |
| 5. | JUSTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD.....  | 21 |
|    | Consideraciones generales (5.1–5.28).....  | 21 |
|    | Documentación de la justificación de la seguridad (5.29).....  | 30 |
| 6. | CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD GENERALES PARA<br>EL ALMACENAMIENTO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR<br>GASTADO..... | 31 |
|    | Consideraciones generales (6.1–6.5).....   | 31 |
|    | Diseño de las instalaciones de almacenamiento de<br>combustible gastado (6.6–6.76) .....                 | 34 |

La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

|  |     |
|--|-----|
| Puesta en servicio de las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado (6.77–6.88) . . . . .   | 55  |
| Explotación de las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado (6.89–6.146) . . . . .   | 59  |
| Clausura de las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado (6.147–6.154) . . . . .   | 76  |
| <br>   |     |
| APÉNDICE I: CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD<br>ESPECÍFICAS PARA EL ALMACENAMIENTO<br>EN HÚMEDO O EN SECO DEL COMBUSTIBLE<br>NUCLEAR GASTADO . . . . .                                 | 79  |
| <br>   |     |
| APÉNDICE II: CONDICIONES PARA TIPOS<br>ESPECÍFICOS DE COMBUSTIBLE Y<br>CONSIDERACIONES ADICIONALES . . . . .   | 95  |
| <br>   |     |
| REFERENCIAS . . . . .  | 99  |
| <br>   |     |
| ANEXO I: ALMACENAMIENTO A CORTO Y A<br>LARGO PLAZO . . . . .   | 103 |
| <br>   |     |
| ANEXO II: CONSIDERACIONES<br>OPERACIONALES Y DE SEGURIDAD<br>PARA LAS INSTALACIONES DE<br>ALMACENAMIENTO EN HÚMEDO Y<br>EN SECO DEL COMBUSTIBLE GASTADO . . . . .                  | 105 |
| <br>   |     |
| ANEXO III: EJEMPLO DE LAS SECCIONES<br>QUE SE PUEDEN INCLUIR EN LOS<br>PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES<br>DE UNA INSTALACIÓN DE<br>ALMACENAMIENTO DE<br>COMBUSTIBLE GASTADO . . . . . | 107 |
| <br>   |     |
| ANEXO IV: PUBLICACIONES CONEXAS DE<br>LA COLECCIÓN DE NORMAS DE<br>SEGURIDAD DEL OIEA. . . . .   | 108 |

La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| ANEXO V:   | CONDICIONES, PROCESOS Y<br>SUCESOS DEL EMPLAZAMIENTO<br>QUE SE HAN DE CONSIDERAR<br>EN UNA EVALUACIÓN DE LA<br>SEGURIDAD (FENÓMENOS<br>NATURALES EXTERNOS) . . . . .    | 109 |
| ANEXO VI:  | CONDICIONES, PROCESOS Y<br>SUCESOS DEL EMPLAZAMIENTO<br>QUE SE HAN DE CONSIDERAR<br>EN UNA EVALUACIÓN DE LA<br>SEGURIDAD (FENÓMENOS<br>ANTROPÓGENOS EXTERNOS) . . . . . | 111 |
| ANEXO VII: | SUCESOS INICIADORES<br>POSTULADOS QUE SE HAN DE<br>CONSIDERAR EN UNA EVALUACIÓN<br>DE LA SEGURIDAD (FENÓMENOS INTERNOS) .   | 113 |
|            | COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y LA REVISIÓN . . . . .   | 117 |
|            | ENTIDADES ENCARGADAS DE LA APROBACIÓN DE LAS<br>NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA . . . . .  | 119 |

La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

## 1. INTRODUCCIÓN

### ANTECEDENTES

1.1. La explotación de todos los tipos de reactores nucleares genera combustible nuclear gastado que debe gestionarse de manera segura una vez extraído del núcleo del reactor. El combustible gastado se considera un desecho en algunas circunstancias, y un posible recurso energético futuro en otras; por lo tanto, las opciones de gestión pueden comprender su disposición final directa (como parte de lo que se conoce comúnmente como ‘ciclo del combustible sin reprocesamiento’) o su reprocesamiento (como parte de un ‘ciclo cerrado del combustible nuclear’). Cualquiera de las dos opciones de gestión entraña una serie de etapas, que incluirán necesariamente el almacenamiento del combustible gastado por un período de tiempo. La duración del almacenamiento puede variar entre algunos meses y varios decenios, según la estrategia de gestión adoptada. La extensión de este período será un factor importante al determinar los arreglos que se hayan de adoptar para el almacenamiento. La decisión final sobre la opción de gestión puede no haberse tomado en el momento en que se diseñó la instalación de almacenamiento; ello generará una incertidumbre con respecto al período de almacenamiento necesario, que es un factor que ha de tomarse en consideración al escoger una opción para el almacenamiento y diseñar la instalación. Las opciones para el almacenamiento son el almacenamiento en húmedo, en algún tipo de piscina, y el almacenamiento en seco, en una instalación o en cofres contruidos especialmente para ello. Los cofres de almacenamiento pueden colocarse en una zona específica del emplazamiento o en un edificio destinado a ese fin. Diferentes Estados han desarrollado y utilizado distintos diseños para el almacenamiento en húmedo y en seco.

1.2. Independientemente de que el combustible gastado se considere un desecho o un recurso energético, los aspectos de seguridad del almacenamiento serán los mismos que los que se aplican a los desechos radiactivos y que se establecen en la publicación GSR Part 5 [1].

1.3. La seguridad de una instalación de almacenamiento de combustible gastado, y del combustible gastado que se almacene en ella, estará garantizada por la apropiada contención de los radionucleidos presentes, la seguridad con respecto a la criticidad, la evacuación del calor, el blindaje contra la radiación y la recuperabilidad. Estas funciones, a su vez, se consiguen con una adecuada selección del emplazamiento, un buen diseño y la correcta construcción y puesta en servicio de la instalación de almacenamiento, su gestión apropiada y su

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

explotación en condiciones de seguridad. En la etapa de diseño, debe prestarse también la debida atención a la futura clausura de la instalación.

1.4. Los reactores nucleares en funcionamiento generan combustible gastado continuamente. Este material se almacena por un período de tiempo en la piscina de combustible gastado del reactor, para que se enfríe, y luego puede trasladarse a una instalación de almacenamiento en húmedo o en seco, a la espera de su reprocesamiento o su disposición final (si se considera un desecho radiactivo). Las piscinas de combustible gastado de algunos reactores tienen suficiente capacidad para contener todo el combustible gastado que se generará durante la vida útil del reactor.

1.5. Los aspectos básicos de la seguridad del almacenamiento del combustible gastado se aplican tanto al combustible procedente de reactores de investigación como al que se genera en reactores de potencia. Al estudiar las características de la contención, la evacuación del calor, el control de la criticidad, el blindaje contra la radiación y la recuperabilidad, debería adoptarse un enfoque que tenga en cuenta las diferencias entre los distintos tipos de combustible (como la menor generación de calor, el mayor enriquecimiento y la menor resistencia a la corrosión de los materiales de la vaina).

1.6. Muchas instalaciones de almacenamiento de combustible gastado situadas dentro del emplazamiento de los reactores se construyeron con la idea de que sirvieran por un período de tiempo limitado (algunos años) para mantener el combustible gastado entre su descarga del reactor y su posterior reprocesamiento o disposición final. En vista del tiempo que está llevando la creación de instalaciones de disposición final y de los escasos programas de reprocesamiento que se han desarrollado, los períodos de almacenamiento se están alargando de años a decenios. Este cambio conceptual en la gestión del combustible gastado se ha acompañado de otras novedades, como el aumento del enriquecimiento, el aumento del quemado, la utilización de un diseño del combustible avanzado y del combustible de óxidos mixtos (MOX), la redistribución de bastidores, el uso de un crédito de quemado y, en algunos casos, la prolongación de los períodos de almacenamiento más allá de la vida de diseño inicial de la instalación. Sin embargo, el almacenamiento no puede considerarse la solución definitiva para la gestión del combustible gastado, que requiere un punto final definido, como el reprocesamiento o la disposición final, para garantizar la seguridad. La vida de diseño de las instalaciones nucleares suele ser del orden de decenios, y ya se cuenta con experiencia en el almacenamiento del combustible gastado por hasta 50 años aproximadamente. Aunque para algunas instalaciones de almacenamiento de combustible gastado se han considerado y adoptado vidas de

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

diseño de hasta 100 años, en vista del ritmo del cambio industrial e institucional, los períodos superiores a unos 50 años se consideran ‘a largo plazo’ en el contexto de la presente guía de seguridad (véase también el anexo I).

1.7. Esta guía de seguridad reemplaza a las publicaciones N° 116, 117 y 118 de la Colección Seguridad, que aparecieron en 1994 y versaban sobre el diseño, la explotación y la evaluación de la seguridad de las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado, respectivamente. Además, la presente guía comprende recomendaciones sobre los efectos de las novedades mencionadas en el párrafo 1.6. Esta guía complementa la guía de seguridad sobre el almacenamiento de los desechos radiactivos [2].

### OBJETIVO

1.8. El objetivo de la presente guía de seguridad es ofrecer orientaciones y recomendaciones actualizadas sobre el diseño, la explotación segura y la evaluación de la seguridad de los diferentes tipos de instalaciones de almacenamiento de combustible nuclear gastado (en húmedo y en seco), considerando las distintas clases de combustible gastado producidas por los reactores nucleares, incluidos los reactores de investigación, y diferentes períodos de almacenamiento, incluidos los que superan la vida de diseño inicial de la instalación. En esta guía de seguridad se presentan orientaciones y recomendaciones sobre la forma de cumplir los requisitos establecidos en las siguientes publicaciones de la categoría Requisitos de Seguridad del OIEA: *Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos* [1], *Safety of Nuclear Fuel Cycle Facilities* [3], *Evaluación de la seguridad de las instalaciones y actividades* [4] y *Sistema de gestión de instalaciones y actividades* [5].

### ÁMBITO DE APLICACIÓN

1.9. La presente guía de seguridad se aplica a las instalaciones de almacenamiento de combustible nuclear gastado ya sea que se encuentren en el mismo emplazamiento que otras instalaciones nucleares (como una central nuclear, un reactor de investigación o una planta de reprocesamiento) o que tengan sus propios emplazamientos. Sin embargo, la guía no trata específicamente del almacenamiento del combustible nuclear gastado que aún forme parte de las actividades operacionales de un reactor nuclear o que se encuentre en una instalación de reprocesamiento de ese combustible.

1.10. Esta guía de seguridad versa sobre el almacenamiento del combustible nuclear gastado procedente de reactores moderados por agua y, con la debida consideración, puede aplicarse también al almacenamiento de otros tipos de combustible nuclear, como el de los reactores refrigerados por gas y los reactores de investigación, así como al almacenamiento de los conjuntos combustibles gastados que lo componen y del combustible nuclear degradado o defectuoso<sup>1</sup> que pueda colocarse en contenedores.

1.11. La presente guía de seguridad no ofrece recomendaciones completas y detalladas sobre la protección física de los materiales y las instalaciones nucleares. Las recomendaciones y orientaciones sobre los arreglos para la protección física en las instalaciones nucleares, como la evaluación del riesgo, la definición de las amenazas, el diseño, mantenimiento y funcionamiento de los sistemas de protección física, y la evaluación de la eficacia y la inspección de esos sistemas, pueden encontrarse en las referencias [6] y [7] y en las publicaciones de la *Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA*. En la presente guía de seguridad, la protección física y la contabilidad y el control de los materiales nucleares solo se toman en consideración para destacar sus posibles repercusiones en la seguridad general.

## ESTRUCTURA

1.12. En la sección 2 de la presente guía de seguridad se examinan la aplicación del objetivo y los principios fundamentales de la seguridad y los criterios para el almacenamiento del combustible nuclear gastado. En la sección 3 se exponen las funciones y responsabilidades de las entidades que intervienen en el almacenamiento del combustible nuclear gastado. La sección 4 contiene recomendaciones sobre los sistemas de gestión necesarios para garantizar la seguridad. En la sección 5 se formulan recomendaciones sobre la evaluación de la seguridad, y la sección 6 ofrece recomendaciones sobre las consideraciones relativas a la seguridad en el diseño, la construcción, la explotación y la clausura de las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado, incluidas las consideraciones relacionadas con el almacenamiento a largo plazo. En el apéndice I se exponen los aspectos específicos del almacenamiento en húmedo y en seco del combustible nuclear gastado, y en el apéndice II, las consideraciones

---

<sup>1</sup> Los términos ‘combustible degradado’ o ‘combustible defectuoso’ abarcan una amplia gama de condiciones, desde los pequeños agujeros de menor importancia, pasando por las grietas en las vainas, hasta las fracturas de las varillas de combustible. La naturaleza y la extensión de los fallos son consideraciones importantes.

relativas al combustible gastado con características particulares. En el anexo I figuran explicaciones de los conceptos del almacenamiento a corto y a largo plazo. En el anexo II se resumen las consideraciones relativas a la seguridad de las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado en húmedo y en seco. El anexo III contiene un ejemplo de las secciones que se pueden incluir en los procedimientos operacionales de una instalación de almacenamiento de combustible gastado. El anexo IV ofrece un panorama general de las normas de seguridad conexas del OIEA. Los anexos V a VII contienen listas de los sucesos que se han de considerar en la evaluación de la seguridad de una instalación de almacenamiento de combustible gastado.

1.13. Para facilitar la consulta de esta guía de seguridad, antes de formular las recomendaciones correspondientes se reproduce el texto de cada requisito de seguridad establecido en la referencia [1] que se aplica al almacenamiento del combustible nuclear gastado.

## **2. PROTECCIÓN DE LA SALUD HUMANA Y EL MEDIO AMBIENTE**

2.1. Los requisitos nacionales para la protección radiológica deben establecerse teniendo en cuenta el objetivo y los Principios Fundamentales de la Seguridad que se enuncian en la referencia [8] y de conformidad con las Normas básicas internacionales de seguridad [9]. En particular, las dosis recibidas por las personas como consecuencia del almacenamiento de combustible gastado deben mantenerse dentro de los límites de dosis especificados, y dentro de las restricciones de dosis debe optimizarse la protección radiológica.

2.2. Si hay varias instalaciones nucleares (p. ej., centrales nucleares, instalaciones de almacenamiento de combustible gastado e instalaciones de reprocesamiento) en un mismo emplazamiento, las restricciones de dosis para la exposición de la población deberían tener en cuenta todas las fuentes de exposición que puedan relacionarse con las actividades realizadas en el emplazamiento, dejando un margen adecuado para las actividades que quepa prever en el futuro y que puedan generar también una exposición. Especialmente en esos casos, el órgano regulador debería exigir a la entidad o las entidades que exploten las instalaciones nucleares del emplazamiento que elaboren las restricciones de dosis y las sometan a la aprobación reglamentaria. Otra posibilidad es que el propio órgano regulador establezca esas restricciones. Los requisitos relativos a las restricciones

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

de dosis figuran en la referencia [9] y las recomendaciones correspondientes, en la referencia [10].

2.3. El diseño de una instalación de almacenamiento de combustible gastado y el propio almacenamiento de ese combustible deben ser tales, que los trabajadores, el público y el medio ambiente del presente y del futuro estén protegidos, con un margen suficiente, contra los efectos nocivos de la exposición a la radiación generada por todas las fuentes relacionadas con las actividades que se estén realizando con el combustible gastado dentro del emplazamiento [8, 9].

2.4. Las descargas al medio ambiente procedentes de las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado deberían controlarse atendiendo a las condiciones impuestas por el órgano regulador nacional, e incluirse en las estimaciones de las dosis recibidas por los trabajadores y el público.

2.5. La idoneidad de las medidas de control que se hayan adoptado para limitar la exposición a la radiación experimentada por los trabajadores y el público debería verificarse mediante la monitorización y la vigilancia, tanto dentro como fuera de la instalación.

2.6. Durante la generación y el almacenamiento del combustible gastado, así como en las etapas posteriores de su gestión, debería promoverse y mantenerse una cultura de la seguridad que estimule el cuestionamiento y la voluntad de aprendizaje con respecto a la protección y la seguridad y que desaliente la complacencia [3, 5, 9, 11, 12].

### 3. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES

#### CONSIDERACIONES GENERALES

##### **Requisito 1 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Marco jurídico y reglamentario**

**El gobierno adoptará las disposiciones necesarias para crear un marco jurídico y reglamentario nacional apropiado dentro del cual las actividades de gestión de desechos radiactivos puedan planificarse y realizarse en condiciones de seguridad. Ello incluirá la asignación clara e inequívoca de responsabilidades, la búsqueda de recursos financieros**

**y de otro tipo, y el establecimiento de funciones de reglamentación independientes. También se brindará protección más allá de las fronteras nacionales según proceda y sea necesario para los Estados vecinos que puedan verse afectados.**

**Requisito 6 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Interdependencia**

**Se tendrá debidamente en cuenta la interdependencia entre todas las etapas de la gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, así como el impacto de la opción de disposición final prevista.**

3.1. El almacenamiento del combustible gastado debería realizarse dentro de un marco jurídico y reglamentario nacional apropiado, que establezca una clara asignación de las responsabilidades [13], incluidas las de cumplir con las obligaciones internacionales y de verificar el cumplimiento de esas obligaciones, y que garantice el control reglamentario eficaz de las instalaciones y actividades interesadas [1, 3]. El marco jurídico nacional debería garantizar también el cumplimiento de otros instrumentos jurídicos nacionales e internacionales pertinentes, como la Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de Desechos Radiactivos [14].

3.2. La gestión del combustible gastado puede entrañar la transferencia de ese combustible de una entidad explotadora a otra, y existen diversas formas de dependencia mutua entre los distintos pasos de la gestión del combustible gastado. El marco jurídico debería incluir disposiciones que exijan una clara asignación de la responsabilidad por la seguridad a lo largo de todo el proceso, particularmente en lo que respecta al almacenamiento del combustible gastado y a su transferencia de una entidad explotadora a otra. La continuidad de la responsabilidad por la seguridad debería garantizarse mediante un sistema que exija la autorización del órgano regulador. Para las transferencias entre Estados se requiere la autorización de los respectivos órganos reguladores nacionales [14, 15].

3.3. Las responsabilidades del órgano regulador<sup>2</sup>, la entidad explotadora y, cuando sea el caso, el propietario del combustible gastado con respecto a la gestión de ese combustible deberían estar claramente especificadas, con la debida separación de las funciones.

---

<sup>2</sup> El órgano regulador puede ser una sola autoridad reguladora o varias autoridades reguladoras que tengan responsabilidades con respecto a la instalación o actividad.

3.4. Debería establecerse un mecanismo que proporcione recursos financieros suficientes para cubrir todos los costos futuros, en particular los relacionados con el almacenamiento del combustible gastado y la clausura de la instalación de almacenamiento, así como los costos de gestión de los desechos radiactivos. El mecanismo financiero debería crearse antes de la concesión de la licencia y la explotación ulterior, y actualizarse según sea necesario. También debería estudiarse la posibilidad de prever los recursos financieros necesarios para el caso de un cierre prematuro de la instalación de almacenamiento de combustible gastado.

## RESPONSABILIDADES DEL GOBIERNO

### **Requisito 2 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Política y estrategia nacionales sobre la gestión de desechos radiactivos**

**Para garantizar la gestión y el control eficaces de los desechos radiactivos, el gobierno velará por que se establezcan una política y una estrategia nacionales para la gestión de desechos radiactivos. La política y la estrategia serán apropiadas para la índole y el volumen de los desechos radiactivos presentes en el Estado, indicarán el control reglamentario requerido, y tendrán en cuenta los factores sociales de interés. La política y la estrategia serán compatibles con los Principios Fundamentales de Seguridad [8] y con los instrumentos, convenciones y códigos internacionales que haya ratificado el Estado. La política y la estrategia nacionales servirán de base para la adopción de decisiones con respecto a la gestión de desechos radiactivos.**

3.5. El gobierno tiene la responsabilidad de establecer una política nacional y las estrategias correspondientes para la gestión del combustible gastado, y de crear el marco jurídico y reglamentario necesario para la aplicación de esa política y de las estrategias. La política y las estrategias deberían abarcar todos los tipos de combustible gastado y de instalaciones de almacenamiento de esos combustibles que existan en el Estado, teniendo en cuenta las interdependencias de las diversas etapas de la gestión del combustible gastado, los períodos de tiempo correspondientes y las opciones disponibles.

3.6. El gobierno tiene la responsabilidad de establecer un órgano regulador que sea independiente de los propietarios del combustible gastado o de las entidades explotadoras que gestionen ese combustible, y de dotarlo de la autoridad, las

facultades, el personal y los recursos financieros necesarios para que desempeñe las funciones que se le hayan encomendado [13].

3.7. El gobierno debería consultar con las partes interesadas (es decir, las que participen en las actividades de gestión del combustible gastado o se vean afectadas por ellas) sobre las cuestiones relacionadas con la elaboración de las políticas y estrategias que repercutan en la gestión del combustible gastado.

3.8. En caso de que las circunstancias cambien y el almacenamiento deba prolongarse más allá del período inicialmente previsto en la estrategia nacional, debería iniciarse una reevaluación de la estrategia de almacenamiento nacional.

## RESPONSABILIDADES DEL ÓRGANO REGULADOR

### **Requisito 3 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Responsabilidades del órgano regulador**

**El órgano regulador establecerá los requisitos necesarios para el desarrollo de las instalaciones y actividades de gestión de desechos radiactivos y estipulará los procedimientos para atender a los requisitos relacionados con las diversas etapas del proceso de concesión de licencia. El órgano regulador examinará y evaluará la justificación de la seguridad, incluida la evaluación del impacto ambiental de las instalaciones y actividades de gestión de desechos radiactivos que haya elaborado el explotador tanto antes de la autorización como periódicamente durante la explotación. El órgano regulador dispondrá lo necesario para la expedición, modificación, suspensión o revocación de las licencias, con sujeción a las condiciones necesarias. El órgano regulador llevará a cabo actividades para verificar que el explotador cumple estas condiciones. El órgano regulador adoptará las medidas coercitivas que sean necesarias en caso de desviaciones o incumplimiento de los requisitos y condiciones.**

3.9. Las responsabilidades del órgano regulador pueden incluir la de contribuir a la aportación de la información técnica necesaria para el establecimiento de las políticas, los principios de seguridad y los criterios conexos, y para el establecimiento de reglamentos o condiciones que puedan servir de base para las actividades reguladoras. El órgano regulador debería también ofrecer orientación a las entidades explotadoras sobre la forma de cumplir los requisitos relacionados con el almacenamiento seguro del combustible gastado.

3.10. Dado que el combustible gastado puede permanecer almacenado por períodos largos antes de su recuperación para el reprocesamiento o la disposición final, el órgano regulador debería verificar que la entidad explotadora proporcione el personal necesario y los recursos técnicos y financieros para toda la vida de la instalación de almacenamiento de combustible gastado, en la medida en que esa confirmación forme parte de sus obligaciones estatutarias.

3.11. El examen reglamentario de los planes de clausura de la instalación de almacenamiento de combustible gastado debería efectuarse aplicando un enfoque graduado y teniendo en cuenta, en particular, las diferentes fases de la vida de la instalación. El plan de clausura inicial debería ser conceptual, y el examen del órgano regulador debería centrarse en verificar que sea en general completo, más que en analizar las disposiciones específicas para la clausura; sin embargo, ese plan debería indicar expresamente cómo se obtendrán los recursos financieros y humanos y cómo se garantizará que la información necesaria sobre las fases de diseño, construcción y explotación esté disponible cuando llegue el momento de la clausura. El titular de la licencia debería actualizar periódicamente el plan de clausura, y someter esas actualizaciones a la consideración del órgano regulador. Si una instalación se cierra y se deja de utilizar para el fin previsto, debería prepararse un plan final de clausura y presentarse al órgano regulador para su examen y aprobación.

3.12. Las recomendaciones generales sobre las medidas reglamentarias de inspección y aplicación coercitiva relacionadas con las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado figuran en la referencia [16]. El órgano regulador debería verificar periódicamente que los principales aspectos del funcionamiento de la instalación de almacenamiento cumplan con los requisitos establecidos en el ordenamiento jurídico nacional y en las condiciones de la licencia de la instalación, como los referentes al mantenimiento de registros sobre los inventarios y las transferencias de materiales, el cumplimiento de los criterios de aceptación para el almacenamiento, el mantenimiento, la inspección, el ensayo y la vigilancia, los límites y condiciones operacionales, la protección física de los materiales nucleares y los arreglos relativos a la preparación y respuesta para casos de emergencia. Esta verificación podría realizarse, por ejemplo, en las inspecciones ordinarias de la instalación de almacenamiento de combustible gastado y las auditorías de la entidad explotadora. El órgano regulador debería comprobar que se preparen los registros necesarios y que se mantengan por un período de tiempo apropiado. En la referencia [17] se propone una lista de esos registros.

3.13. El órgano regulador debería establecer los medios adecuados para informar a las partes interesadas, como las personas que vivan en las cercanías, la población en general, los medios de comunicación y otros, sobre los aspectos (incluidos los referentes a la salud y el medio ambiente) de la seguridad de la instalación de almacenamiento de combustible gastado y los procesos reglamentarios correspondientes, y, cuando proceda, debería consultar con esas partes de forma abierta e incluyente. La necesidad de confidencialidad (p. ej., por motivos de seguridad física) debería ser respetada.

3.14. El órgano regulador debería examinar la estrategia de concesión de licencias que deba adoptarse, que podría consistir, por ejemplo, en:

- a) la expedición de una licencia para toda la vida útil del sistema y/o la instalación de almacenamiento, que abarque todo el período de explotación previsto e incluya el examen periódico de las evaluaciones de la seguridad, como se describe la sección 5; o
- b) la expedición de una licencia por un período de tiempo especificado, con la posibilidad de renovarla cuando expire.

3.15. Si el órgano regulador está compuesto por más de una autoridad, deberían adoptarse disposiciones eficaces para que las responsabilidades y funciones reguladoras estén claramente definidas y coordinadas, a fin de evitar omisiones o duplicaciones innecesarias y la imposición de requisitos contradictorios a la entidad explotadora. Las principales funciones reguladoras, es decir, el examen y la evaluación, y la inspección y la aplicación coercitiva, deberían organizarse de modo que se mantenga la coherencia y se facilite la retroalimentación y el intercambio de información necesarios.

## RESPONSABILIDADES DE LA ENTIDAD EXPLOTADORA<sup>3</sup>

### **Requisito 4 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Responsabilidades del explotador**

#### **Los explotadores se encargarán de la seguridad de las instalaciones y actividades de gestión previa a la disposición final de desechos**

---

<sup>3</sup> Se supone que la entidad explotadora es el titular de la licencia. Si la instalación se explota por contrato, debería definirse claramente, acordarse y documentarse la relación entre las responsabilidades del titular de la licencia y las de la entidad que se encargue por contrato de la gestión operacional.

**radiactivos<sup>4</sup>. El explotador efectuará evaluaciones de la seguridad y elaborará una justificación de la seguridad, y velará por que se realicen las actividades necesarias para el emplazamiento, diseño, construcción, puesta en servicio, explotación, parada y clausura en cumplimiento de los requisitos jurídicos y reglamentarios.**

3.16. La entidad explotadora es responsable de la seguridad de todas las actividades relacionadas con el almacenamiento del combustible gastado (incluidas las que corran a cargo de contratistas) y de la especificación y ejecución de los programas y procedimientos necesarios para garantizar la seguridad. La entidad explotadora debería mantener un alto nivel de cultura de la seguridad y demostrar la seguridad. En algunos casos, la entidad explotadora podría ser el propietario del combustible gastado, mientras que en otros el propietario será una entidad diferente. En este segundo caso, deberían estudiarse las interdependencias que puedan existir, incluyendo toda actividad que se haya realizado antes de recibir el combustible gastado en la instalación de almacenamiento, como su caracterización o su embalaje, y el transporte ulterior del combustible gastado desde la instalación a otro lugar, para velar por que se cumplan las condiciones de seguridad.

3.17. Las responsabilidades de la entidad explotadora de una instalación de almacenamiento de combustible gastado comprenden normalmente lo siguiente:

- a) la solicitud, al órgano regulador, del permiso para seleccionar el emplazamiento y diseñar, construir, poner en servicio, explotar, modificar o clausurar la instalación de almacenamiento;
- b) la realización de las evaluaciones ambientales y de la seguridad apropiadas para respaldar la solicitud de una licencia;
- c) la explotación de la instalación de almacenamiento de conformidad con los requisitos establecidos en la justificación de la seguridad, las condiciones de la licencia y la reglamentación aplicable;
- d) la elaboración y aplicación de los criterios de aceptación para el almacenamiento de combustible gastado, con la aprobación del órgano regulador;
- e) la presentación de los informes periódicos que exija el órgano regulador (p. ej., información sobre el inventario efectivo de combustible gastado, el combustible gastado que entre o salga de la instalación, o los sucesos que ocurran en la instalación y que deban notificarse al órgano regulador) y la comunicación con las partes interesadas y con la población en general.

---

<sup>4</sup> Como se indica en el párrafo 1.1, en lo que respecta a la seguridad no se hace distinción alguna entre el combustible gastado que se considera un desecho y el que se considera un recurso.

3.18. Antes de la autorización de una instalación de almacenamiento de combustible gastado, la entidad explotadora debería presentar al órgano regulador una justificación de la seguridad<sup>5</sup> que demuestre la seguridad de las actividades propuestas y que demuestre también que esas actividades cumplirán con los requisitos y criterios de seguridad establecidos en las leyes y reglamentos nacionales. La entidad explotadora debería utilizar la evaluación de la seguridad para establecer los límites y condiciones operacionales de la instalación. También podría establecer, si lo estima oportuno, una meta operacional por debajo de esos límites, para ayudar a evitar que se incumplan los límites y condiciones aprobados (véase el párr. 6.106).

3.19. En una fase temprana de la vida de una instalación de almacenamiento de combustible gastado, la entidad explotadora debería preparar planes preliminares para cuando llegue el momento de la clausura. En el caso de las instalaciones nuevas, las características que facilitarán la clausura deberían tomarse en consideración ya en la fase de diseño. Esas características deberían incorporarse en el plan de clausura, junto con información sobre los arreglos previstos para garantizar la disponibilidad de la información y los recursos humanos y financieros necesarios, para su inclusión en la justificación de la seguridad.

3.20. En el caso de las instalaciones ya existentes que no tengan un plan de clausura, ese plan debería prepararse lo antes posible. Los requisitos para la clausura figuran en la referencia [18] y las recomendaciones correspondientes, en la referencia [19].

3.21. La entidad explotadora debería establecer los requisitos relativos a la formación y cualificación de su personal y de los contratistas, e incluir en ellos la participación inicial y periódica en cursos de actualización de los conocimientos. La entidad explotadora debería velar por que todos los miembros del personal interesados comprendan la naturaleza del combustible gastado, los riesgos que puede plantear y los procedimientos operacionales y de seguridad que se deben aplicar. El personal de supervisión ha de ser competente en las actividades que deba realizar, y para ello debería ser seleccionado, formado, cualificado y autorizado como corresponda. Debería designarse un oficial de protección radiológica para que supervise la aplicación de los requisitos referentes a ese tipo de protección.

---

<sup>5</sup> La justificación de la seguridad es un conjunto de argumentos y pruebas en apoyo de la seguridad de una instalación o actividad. Este conjunto de argumentos y pruebas se conoce con diferentes nombres (como informe de seguridad, expediente de seguridad o archivo de seguridad) en diferentes Estados y puede presentarse en un único documento o en varios (véase la sección 5).

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

3.22. La entidad explotadora debería realizar pruebas preoperacionales y ensayos de la clausura para demostrar que la instalación y las actividades de almacenamiento cumplen tanto con los requisitos de la evaluación de la seguridad como con los requisitos de seguridad establecidos por el órgano regulador.

3.23. La entidad explotadora debería velar por que las descargas de material radiactivo y otros materiales posiblemente peligrosos al medio ambiente se efectúen respetando las condiciones de la licencia. Las descargas deberían documentarse.

3.24. La entidad explotadora debería preparar planes y ejecutar programas de monitorización del personal, de la zona y del medio ambiente, y programas de preparación y respuesta para casos de emergencia (véase el párr. 6.44).

3.25. La entidad explotadora debería establecer un proceso para autorizar y efectuar modificaciones en la instalación de almacenamiento de combustible gastado, las condiciones de almacenamiento o el combustible gastado que se va a almacenar, que guarde proporción con la importancia de las modificaciones de que se trate. Como parte del proceso, deberían evaluarse las posibles consecuencias de esas modificaciones, incluidas las que afecten a la seguridad de otras instalaciones y también a la recuperación, el reprocesamiento o la disposición final del combustible gastado.

3.26. La entidad explotadora debe establecer mecanismos adecuados que garanticen la disponibilidad de suficientes recursos financieros para llevar a cabo todas las tareas necesarias a lo largo de toda la vida de la instalación, incluida su clausura [13].

3.27. La entidad explotadora debería desarrollar y llevar un sistema de registros de los datos del combustible gastado y el sistema de almacenamiento, que incluya el inventario radiactivo, la ubicación y las características del combustible gastado, información sobre la propiedad y el origen, e información sobre su caracterización. Debería establecerse un sistema de identificación inequívoca, con marcas que perduren durante todo el período de almacenamiento. Estos registros deberían preservarse y actualizarse, para hacer posible la aplicación de la estrategia de gestión del combustible gastado, ya sea su disposición final o su reprocesamiento.

3.28. La entidad explotadora debería elaborar planes de emergencia que se basen en las posibles repercusiones radiológicas de los accidentes [20], y estar preparada para responder a un accidente en todo momento, como se indique en esos planes (véanse los párrs. 6.73 y 6.74).

## RESPONSABILIDADES DEL PROPIETARIO DEL COMBUSTIBLE GASTADO

### **Requisito 6 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Interdependencia**

**Se tendrá debidamente en cuenta la interdependencia entre todas las etapas de la gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, así como el impacto de la opción de disposición final prevista.**

3.29. La propiedad del combustible gastado almacenado en la instalación debería estar establecida de forma clara e inequívoca. Cuando la entidad explotadora no sea la propietaria del combustible gastado, la relación entre sus responsabilidades y las del propietario debería estar claramente definida, acordada y documentada. El propietario del combustible gastado, es decir, el órgano que tenga la titularidad legal de ese combustible, incluidas las responsabilidades financieras (habitualmente, el productor del combustible gastado), debería ser el responsable de la estrategia global para su gestión. Al determinar la estrategia global, el propietario debería tener en cuenta las interdependencias de todas las etapas de la gestión del combustible gastado, las opciones disponibles y la estrategia nacional general para la gestión del combustible gastado. El propietario debería analizar las opciones disponibles, justificar el enfoque que adopte y proporcionar al órgano regulador los planes para la gestión del combustible gastado después del período de almacenamiento previsto (que deberían ser acordes con la política nacional aprobada), junto con la justificación de esos planes. Los planes deberían actualizarse en forma periódica, según sea necesario, y específicamente antes del final del período de almacenamiento.

3.30. El órgano regulador debería recibir información sobre cualquier cambio que se produzca en la propiedad del combustible gastado, o en la relación entre el propietario y la entidad explotadora de una instalación de almacenamiento de combustible gastado.

CONTABILIDAD Y CONTROL DE LOS MATERIALES NUCLEARES Y SISTEMAS DE PROTECCIÓN FÍSICA

**Requisito 21 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Sistema de contabilidad y control de materiales nucleares**

**En el diseño y explotación de las instalaciones de gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, en el caso de las instalaciones que son objeto de acuerdos sobre la contabilidad de materiales nucleares, se aplicará el sistema de contabilidad y control de materiales nucleares de modo que no se ponga en peligro la seguridad de la instalación.**

**Requisito 5 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Requisitos relativos a las medidas de seguridad física**

**Se aplicarán medidas que garanticen un enfoque integrado de seguridad tecnológica y física en la gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos.**

3.31. La entidad explotadora deberá establecer, mantener y aplicar un sistema de contabilidad y control de los materiales nucleares, como parte integrante del sistema nacional de contabilidad y control (SNCC)<sup>6</sup> de esos materiales. Además, durante la construcción y explotación de la instalación de almacenamiento de combustible gastado, se diseñarán e instalarán sistemas de protección física para desalentar y detectar la intrusión de personas no autorizadas y proteger la instalación contra el sabotaje desde dentro y fuera de ella. Las repercusiones de estos sistemas y arreglos en la seguridad de la instalación se deberían evaluar, y se deberían comprobar que no comprometan ninguna función de seguridad ni reduzcan significativamente el nivel de seguridad de la instalación.

---

<sup>6</sup> Los acuerdos de salvaguardias entre el OIEA y los Estados no poseedores de armas nucleares que son partes en el Tratado sobre la No Proliferación de las Armas Nucleares (TNP) contienen la obligación del Estado de establecer y mantener un sistema nacional de contabilidad y control de los materiales nucleares. En el documento del OIEA en que se describen la estructura y el contenido de esos acuerdos de salvaguardias requeridos en relación con el TNP, el INFCIRC/153, se establecen los requisitos básicos de un sistema nacional de contabilidad y control de los materiales nucleares.

## 4. SISTEMA DE GESTIÓN

### CONSIDERACIONES GENERALES

#### **Requisito 7 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Sistemas de gestión**

#### **Se aplicarán sistemas de gestión para todas las etapas y elementos de la gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos.**

4.1. Los requisitos para los sistemas de gestión en todas las etapas de la vida de una instalación de almacenamiento de combustible gastado se establecen en la referencia [5]. En la referencia [21] se formulan recomendaciones sobre los sistemas de gestión que se relacionan con el almacenamiento del combustible gastado.

4.2. La entidad explotadora debe establecer un sistema de gestión y aplicarlo, evaluarlo y mejorarlo continuamente [5]. El sistema debería aplicarse en todas las etapas del almacenamiento del combustible gastado que influyan en la seguridad, y estar coordinado con los objetivos de la entidad explotadora y contribuir a su consecución. El sistema de gestión debería abarcar la selección del emplazamiento, el diseño, la puesta en servicio, la explotación, el mantenimiento y la clausura de la instalación de almacenamiento de combustible gastado. Debería diseñarse de modo que garantice el mantenimiento de la seguridad del combustible gastado y de la instalación de almacenamiento, y la preservación de la calidad de los registros y de la información complementaria sobre los inventarios de combustible gastado, teniendo en cuenta la duración del período de almacenamiento y las fases consecutivas a la gestión, como el reprocesamiento o la disposición final. El sistema de gestión debería incluir también disposiciones que permitan demostrar el cumplimiento de sus objetivos.

4.3. Debido a los largos períodos de tiempo que entrañan las operaciones de gestión del combustible, debería prestarse particular atención a establecer y mantener la confianza en que el funcionamiento de las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado y las actividades conexas cumplirán los requisitos de seguridad durante toda la vida de la instalación, hasta el final de su clausura (p. ej., estableciendo los arreglos de financiación que serán necesarios para gestionar el combustible gastado a largo plazo).

## GESTIÓN DEL COMBUSTIBLE GASTADO

4.4. Las políticas y los principios nacionales e internacionales para la gestión del combustible gastado que en un momento dado constituyen un arreglo de gestión aceptado pueden evolucionar a lo largo de la vida de la instalación. Las decisiones de política (relativas, por ejemplo, al reprocesamiento del combustible gastado) y las innovaciones y los adelantos tecnológicos (p. ej., en la partición-transmutación) pueden dar lugar a cambios fundamentales en la estrategia global de gestión del combustible gastado. Sin embargo, la entidad explotadora seguirá siendo responsable de todas las actividades en todo momento, y el mantenimiento de su compromiso es un requisito esencial para garantizar la seguridad y la protección de la salud humana y del medio ambiente.

4.5. En lo que respecta a los planes, metas y objetivos que definan la estrategia para lograr un enfoque integrado de la seguridad, deberían tomarse en consideración las interacciones con todas las partes interesadas, junto con aspectos a largo plazo tales como:

- a) la provisión de recursos adecuados (la idoneidad de los recursos para el mantenimiento de las instalaciones y el equipo puede tener que examinarse periódicamente a lo largo de períodos operacionales que pueden extenderse por decenios);
- b) la preservación de la tecnología y los conocimientos, y la transferencia de esos conocimientos a las personas que se sumen al programa o a la entidad en el futuro;
- c) la retención o la transferencia de la propiedad del combustible gastado y de las instalaciones para su gestión;
- d) la planificación de la sucesión de los recursos humanos técnicos y administrativos del programa o la entidad;
- e) la continuación de los arreglos para la interacción con las partes interesadas.

## GESTIÓN DE LOS RECURSOS

4.6. Las actividades de gestión del combustible gastado requerirán recursos financieros y humanos, así como la existencia de la infraestructura necesaria en el emplazamiento en que se encuentre la instalación de almacenamiento de ese combustible. El personal directivo superior debería tener la responsabilidad de establecer arreglos que garanticen la disponibilidad de recursos adecuados para las actividades de gestión del combustible gastado, a fin de satisfacer las exigencias relacionadas con los aspectos sanitarios, ambientales, económicos,

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

de seguridad tecnológica y física y de calidad de todo el abanico de actividades que forman parte de la gestión del combustible gastado, y con la duración posiblemente larga de esas actividades.

4.7. A su debido tiempo se deberían especificar los arreglos para la financiación de las actividades futuras de gestión del combustible gastado y establecer las responsabilidades, los mecanismos y los calendarios para el suministro de los fondos. La entidad que genere el combustible gastado debería crear un mecanismo de financiación apropiado.

4.8. Los sistemas de gestión de las actividades relativas al combustible gastado deberían prever la posibilidad de tener que hacer frente a diversos problemas de financiación:

- a) Por diferentes razones (como una quiebra o el cese de actividades), puede no ser posible obtener los fondos necesarios de la entidad generadora del combustible gastado, especialmente si no se reservaron fondos para ello en el momento en que se percibieron los beneficios de la actividad, o si la propiedad del combustible gastado se ha transferido a terceros.
- b) Si los fondos deben proceder de fuentes públicas, habrá una competencia con otras necesidades de financiación pública y podría ser difícil obtener acceso a suficientes fondos con la prontitud requerida.
- c) Puede ser difícil hacer estimaciones realistas de los costos de las actividades de gestión del combustible gastado que aún estén en la fase de planificación y respecto de las cuales no se tenga experiencia.
- d) Puede ser difícil estimar los costos previstos de actividades que solo comenzarán a largo plazo, porque esos costos dependerán en sumo grado de las hipótesis que se adopten con respecto a las tasas de inflación, los tipos de interés y los adelantos tecnológicos en el futuro.
- e) Puede ser difícil determinar los factores de riesgo y contingencia que sea apropiado incluir en las estimaciones de los costos futuros, debido a las incertidumbres relacionadas con los cambios futuros en las exigencias de la sociedad, los imperativos políticos, la opinión pública y la naturaleza de los sucesos no planificados para los que se puedan requerir recursos.
- f) Si son varias las entidades que participan en las actividades de gestión del combustible gastado, los arreglos financieros necesarios pueden ser complejos y variar a lo largo de la vida de la instalación. Puede ser problemático establecer un grado adecuado de confianza en todos los arreglos que garantice la continuidad necesaria de la financiación a lo largo de toda la serie de actividades.

4.9. La experiencia acumulada, incluidas las lecciones aprendidas de los incidentes y sucesos, debería examinarse periódicamente y utilizarse al revisar los programas de capacitación y al adoptar decisiones en el futuro.

4.10. Al diseñar las instalaciones para la gestión a largo plazo del combustible gastado, se debería prestar atención a incorporar medidas que faciliten la explotación, el mantenimiento del equipo y finalmente la clausura de la instalación. En el caso de las actividades de gestión a largo plazo del combustible gastado, deberían especificarse las necesidades futuras de infraestructura y elaborarse planes que permitan hacerles frente. Esa planificación debería tomar en consideración que se seguirán necesitando servicios de apoyo, piezas de repuesto para el equipo, que a la larga podrían dejarse de fabricar, y la modernización del equipo para cumplir con los nuevos reglamentos y efectuar mejoras operacionales, y tener en cuenta asimismo la evolución y la inevitable obsolescencia de los programas informáticos. También debería prestarse atención a la necesidad de desarrollar programas de monitorización y técnicas de inspección que puedan utilizarse durante los largos períodos de almacenamiento.

#### APLICACIÓN DEL PROCESO

4.11. Debería examinarse la posibilidad de tener que trasladar los cofres de combustible gastado a otro lugar, si surgen problemas después de su almacenamiento (p. ej., amenazas a la integridad de los cofres o problemas relacionados con la criticidad o el calor de decaimiento), y evaluarse la disponibilidad de cualquier equipo especializado que pueda ser necesario durante el largo período de tiempo en que esté almacenado el combustible gastado, o que pueda requerirse en el futuro.

4.12. Los registros relativos al combustible gastado y su almacenamiento que deban retenerse por un período prolongado deberían conservarse de manera tal que se reduzcan al mínimo la probabilidad y las consecuencias de su pérdida, daño o deterioro debido a sucesos imprevisibles como un incendio, una inundación u otros sucesos de origen natural o humano. Los arreglos para la conservación de los registros deberían cumplir con los requisitos prescritos por las autoridades nacionales o el órgano regulador, y el estado de los registros debería evaluarse periódicamente. En caso de destrucción accidental de los registros, se debería examinar el estado de los que hayan sobrevivido y reevaluar la importancia de su conservación y los períodos de retención necesarios.

4.13. Los sistemas de gestión deberían reevaluarse cada vez que cambie la relación entre el propietario del combustible gastado y la entidad explotadora de la instalación (p. ej., cuando se privaticen entidades públicas, se creen nuevas entidades, se fusionen o reestructuren entidades ya existentes, se transfieran responsabilidades de una entidad a otra, se reorganice la estructura administrativa de las entidades explotadoras o se reasignen los recursos).

## **5. JUSTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD**

### **CONSIDERACIONES GENERALES**

**Requisito 13 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Preparación de la justificación de la seguridad y evaluación de seguridad complementaria**

**El explotador preparará una justificación de la seguridad y una evaluación de seguridad complementaria. En el caso de un desarrollo gradual, o de una modificación de la instalación o actividad, la justificación de la seguridad y su evaluación de seguridad complementaria serán examinadas y actualizadas según sea necesario.**

**Requisito 14 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Alcance de la justificación de la seguridad y evaluación de seguridad complementaria**

**La justificación de la seguridad para una instalación de gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos incluirá una descripción de cómo todos los aspectos de seguridad del emplazamiento, el diseño, la puesta en servicio, la explotación, la parada y la clausura de la instalación y los controles administrativos satisfacen los requisitos reglamentarios. La justificación de la seguridad y sus evaluaciones complementarias demostrarán el grado de protección provisto y garantizarán al órgano regulador que se cumplirán los requisitos de seguridad.**

**Requisito 22 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Instalaciones existentes**

**Se examinará la seguridad en las instalaciones existentes para verificar el cumplimiento de los requisitos. El explotador efectuará mejoras relacionadas con la seguridad a tono con las políticas nacionales y conforme a lo estipulado por el órgano regulador.**

5.1. Para demostrar la seguridad de una instalación de almacenamiento de combustible gastado y de las actividades conexas, debería elaborarse una justificación de la seguridad a medida que avance el desarrollo de la instalación, realizando también la evaluación de la seguridad complementaria de manera estructurada y sistemática. Deberían examinarse las instalaciones y los procesos, las operaciones, las actividades y los otros elementos propuestos, para determinar si pueden llevarse a la práctica de manera segura y si cumplen todos los requisitos relativos a la seguridad. Si se van a utilizar cofres de almacenamiento, pueden prepararse una o varias justificaciones y/o evaluaciones de la seguridad separadas para esos cofres, el edificio o la instalación de almacenamiento y los arreglos de transporte posteriores, cuando esté previsto utilizar los cofres también para el transporte y no sólo para el almacenamiento. Esto dependerá del criterio regulador del país de que se trate. Sin embargo, independientemente del criterio que se adopte, deberían tomarse en consideración las interdependencias existentes, para enfocar la seguridad de manera integrada y optimizarla. La justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad complementaria deberían ser los elementos principales de la documentación que se presente al solicitar la licencia para demostrar el cumplimiento de los requisitos reglamentarios [4].

5.2. En la justificación de la seguridad deberían tomarse en consideración las diversas etapas de la vida de la instalación de almacenamiento de combustible gastado (a saber, la selección del emplazamiento, el diseño, la construcción, la puesta en servicio, la explotación y la clausura). La justificación de la seguridad debería examinarse periódicamente teniendo en cuenta los requisitos reglamentarios, y revisarse cuando sea necesario.

5.3. La responsabilidad principal de la seguridad a lo largo de toda la vida de la instalación recae en la entidad explotadora [8]. Esto incluye la responsabilidad de garantizar y demostrar la seguridad de la instalación en la justificación de la seguridad.

5.4. El almacenamiento a largo plazo (véanse el párr. 1.6 y el anexo I) puede durar un período que supere la vida de diseño normal de las estructuras civiles, incluidas las instalaciones de almacenamiento a corto plazo, y esto repercutirá en la selección de los materiales de construcción, los métodos de explotación, y los requisitos de garantía y control de la calidad, entre otras cosas. Algunas de las cuestiones específicas a las que debería prestarse particular atención en la justificación de la seguridad de una instalación de almacenamiento de combustible gastado a largo plazo son el tiempo de vida previsto de la instalación, la importancia de las características de seguridad pasiva, la recuperabilidad y los sistemas de gestión. También debería examinarse la prestación de los

servicios de apoyo cuando la instalación de almacenamiento de combustible gastado permanezca en servicio después de que otras instalaciones del emplazamiento hayan cerrado, especialmente cuando se trate de una instalación de almacenamiento situada en el emplazamiento de un reactor.

5.5. Los motivos en que se base la selección del marco temporal de la evaluación deberían explicarse y justificarse. Según cuál sea el propósito de la evaluación (estudios de diseño, la obtención de la licencia, etc.), la modelización o presentación puede verse facilitada si el período total al que se aplica la evaluación de la seguridad se divide en intervalos de tiempo más breves, con distintos puntos finales.

5.6. Al determinar el marco temporal de la evaluación, deberían tenerse en cuenta las características de la instalación o actividad de almacenamiento de que se trate, del emplazamiento y del combustible gastado que se vaya a almacenar. Otros factores que deberían examinarse son los siguientes:

- a) En el caso de la mayoría de los sistemas de almacenamiento a largo plazo (incluidos los cofres de almacenamiento, las construcciones de ingeniería y el medio ambiente circundante), los efectos posibles en la salud y el medio ambiente pueden aumentar durante un tiempo después de la puesta en servicio de la instalación. A la larga, sin embargo, según cuál sea la naturaleza de la instalación, los efectos posibles pueden disminuir, especialmente debido al decaimiento del inventario de radionucleidos del combustible gastado. En los cálculos de la evaluación de la seguridad deberían considerarse la dosis o el riesgo máximos relacionados con la instalación o actividad.
- b) Otra consideración que puede influir en las decisiones sobre los marcos temporales de las evaluaciones es el período de recurrencia de los peligros externos naturales, como los fenómenos meteorológicos extremos o los terremotos.
- c) Varios factores que pueden repercutir significativamente en los resultados de las evaluaciones de la seguridad podrían cambiar con el tiempo, por ejemplo los peligros externos derivados de actividades humanas como la construcción de otras instalaciones en las cercanías, los sucesos naturales como las variaciones de los niveles del agua, y los cambios en la disponibilidad de las instalaciones e infraestructuras de apoyo debido a la parada o la clausura de otras instalaciones situadas en el mismo emplazamiento. Los cambios de este tipo que puedan ocurrir deberían tenerse en cuenta en la evaluación de la seguridad. Como un medio de evaluar la posible evolución del almacenamiento a largo plazo, la

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

evaluación de la seguridad podría tomar en consideración uno o varios escenarios postulados que reflejen diferentes trayectorias de evolución. Cuando proceda, podrán definirse intervalos de tiempo dentro del período total de la evaluación, para reflejar los posibles cambios en la instalación de almacenamiento.

- d) La localización, los hábitos y las características de la persona de referencia utilizada en la evaluación del impacto radiológico pueden modificarse con el tiempo. Por consiguiente, la persona de referencia debe considerarse hipotética, pero los individuos y las poblaciones del futuro deberían recibir por lo menos el mismo nivel de protección que el que se exige en el presente. Los hábitos y las características atribuidos a la persona de referencia deberían escogerse sobre la base de hipótesis razonablemente conservadoras y plausibles, teniendo en cuenta los estilos de vida actuales y las condiciones existentes en el emplazamiento o en el entorno regional.

5.7. La entidad explotadora debería demostrar tan pronto como pueda que, en la medida de lo posible, se aplican características de seguridad pasiva. En la evaluación de la seguridad a largo plazo, debería tenerse en cuenta la degradación de las barreras pasivas con el tiempo.

5.8. Debería evaluarse el funcionamiento complementario de los diferentes elementos que cumplen funciones de seguridad. Cada elemento debería, en lo posible, ser independiente de los demás, para que se complementen y no puedan fallar al mismo tiempo en un modo de fallo único. En la justificación de la seguridad se deberían explicar y justificar las funciones de los distintos elementos y señalar los períodos durante los cuales se espera que cumplan sus diversas funciones de seguridad, y también las funciones de seguridad alternativas o adicionales que se activarán cuando una barrera no funcione correctamente.

5.9. Como en el caso de la disposición final de desechos radiactivos, el medio ambiente puede ofrecer otras funciones de protección (p. ej., por la presencia de estratos de arcilla subyacentes, que aportan una capacidad de sorción de los contaminantes en caso de fugas desde la instalación). Estos aspectos deberían tenerse en cuenta durante la selección del emplazamiento de la instalación y considerarse en la justificación de la seguridad.

5.10. El almacenamiento es, por definición, una medida provisional, pero puede durar varios decenios. La intención, al almacenar el combustible gastado, es que se pueda recuperar para su reprocesamiento o para su procesamiento y/o disposición final en un momento posterior. En la justificación de la seguridad, debería considerarse un plan para la manipulación segura del combustible gastado

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

después del período de almacenamiento, y se deberían evaluar los efectos que pueda tener la degradación del combustible gastado y/o de cualquier elemento de la contención en la capacidad de recuperar y manipular ese combustible (véase también la sección 6).

5.11. La posibilidad de una intrusión humana inadvertida no se considerará normalmente pertinente al evaluar la seguridad de una instalación de almacenamiento, porque la instalación deberá tener una vigilancia y un mantenimiento continuos no solo durante la fase del emplazamiento del combustible gastado, sino también después. Para prevenir una intrusión humana intencional se requieren arreglos de seguridad adecuados, que deberían describirse en la justificación de la seguridad.

5.12. Puesto que el almacenamiento es una medida provisional, la justificación de la seguridad debería describir las disposiciones que se adoptarán para la monitorización, la inspección y el mantenimiento periódicos de la instalación de almacenamiento, a fin de que preserve su integridad durante el tiempo de vida previsto.

5.13. Debido a que los marcos temporales pueden ser largos, la justificación de la seguridad debería incluir un plan para un adecuado mantenimiento de registros durante todo el período de almacenamiento previsto.

5.14. La justificación de la seguridad debería examinarse periódicamente para determinar si la capacidad de almacenamiento sigue siendo adecuada, teniendo en cuenta el combustible gastado que esté previsto recibir, la vida útil prevista de la instalación de almacenamiento y la disponibilidad de opciones para el reprocesamiento o la disposición final.

5.15. Los efectos previstos de la clausura pueden tener que reevaluarse una vez que se haya adquirido experiencia operacional.

5.16. La necesidad de realizar una evaluación de la seguridad dimana de los requisitos de los programas nacionales, y la realización de esa evaluación puede contribuir directamente a la seguridad, ya que a través de ella se determinan las medidas apropiadas que pueden adoptarse para proteger a los trabajadores, el público y el medio ambiente. La evaluación de la seguridad se realiza junto con la planificación y el diseño de la instalación o actividad propuesta, no como una actividad separada. Los resultados de la evaluación de la seguridad pueden utilizarse para determinar los cambios necesarios en los planes o el diseño a

fin de lograr el cumplimiento de todos los requisitos. Los resultados se utilizan asimismo para establecer los controles y limitaciones aplicables al diseño, la construcción y la explotación de la instalación.

5.17. La evaluación de la seguridad es típicamente un proceso iterativo que se aplica para cerciorarse de que una instalación de almacenamiento de combustible gastado puede funcionar en condiciones de seguridad, y debería iniciarse en una fase temprana del proceso de diseño. En general, el control de los riesgos radiológicos debería basarse principalmente en las características de diseño y no en los procedimientos operacionales.

5.18. Deberían definirse los sucesos iniciadores postulados que puedan influir en el diseño de la instalación de almacenamiento de combustible gastado y en la integridad y seguridad del combustible. Las principales causas de los sucesos iniciadores postulados pueden ser los fallos previsibles del equipo y los errores previsibles de los operadores, así como algunos sucesos naturales o antropógenos (dentro o fuera de la instalación). Al determinar los sucesos iniciadores postulados pertinentes, deberían consultarse las listas genéricas (véanse los anexos III, IV y V). Sin embargo, la determinación no debería basarse sólo en esas listas, porque las condiciones ambientales y los fenómenos específicos del emplazamiento, así como el diseño y la explotación de la instalación, también influirán en los sucesos iniciadores postulados que se deban incluir en la evaluación de la seguridad.

5.19. La evaluación de la seguridad debería abarcar la instalación de almacenamiento y el tipo de combustible gastado que se almacenará, así como los arreglos para el almacenamiento. A este respecto, los elementos básicos que deben incluirse en la evaluación de la seguridad de las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado son los tipos, las cantidades, el enriquecimiento inicial, el quemado, la integridad, la producción de calor, el modo de almacenamiento (en húmedo o en seco) y las características físicas y químicas del combustible gastado.

5.20. La evaluación de la seguridad de una instalación de almacenamiento de combustible gastado debería comprender todo el período de funcionamiento previsto de la instalación. Cuando este período sea largo, deberán incluirse en la evaluación sucesos que, por ser menos probables, no se tendrían en cuenta si el período fuera corto. Del mismo modo, ciertos procesos que no revisten interés cuando el almacenamiento es por un período breve pueden volverse importantes cuando la duración del almacenamiento es más larga (p. ej., la generación de gas, la corrosión general, la corrosión bajo tensión, la fragilización por irradiación o

hidruración del material de las vainas, procesos naturales como la infestación por plagas y la posible variación de la reactividad nuclear en un período de tiempo prolongado).

5.21. La justificación de la seguridad específica de una instalación y la evaluación complementaria deberían incluir generalmente aspectos como los siguientes:

- a) Una descripción del emplazamiento y de la instalación de almacenamiento de combustible gastado (que comprenda el inventario máximo previsto de combustible gastado y los correspondientes criterios de aceptación, la instalación y sus características, estructuras, sistemas y componentes, incluidas las características de los elementos que sean importantes para la seguridad de la instalación, de conformidad con los requisitos establecidos en la licencia) y la especificación de los reglamentos y orientaciones aplicables.
- b) Una descripción de las actividades de manipulación y almacenamiento del combustible gastado y de cualquier otra operación que se vaya a realizar en la instalación.
- c) La indicación sistemática de los riesgos y escenarios relacionados con los estados operacionales, con las condiciones de accidente y con sucesos externos como un incendio, un accidente en la manipulación o un sismo.
- d) Una evaluación de los riesgos y los escenarios, incluido un examen de sus combinaciones que puedan dar lugar a una emisión de material radiactivo, para eliminar aquellos que tengan una baja probabilidad de ocurrir o pocas consecuencias posibles.
- e) Una evaluación de las probabilidades y las posibles consecuencias de la emisión o las emisiones de material radiactivo señaladas en la evaluación de los riesgos mediante un análisis cuantitativo, y la comparación de los resultados con las limitaciones reglamentarias.
- f) El establecimiento de los controles administrativos y los límites y condiciones operacionales sobre la base de la evaluación de la seguridad. Si es necesario, debería modificarse el diseño de la instalación de almacenamiento de combustible gastado y actualizarse la evaluación de la seguridad. Esos controles deberían incluir los criterios de aceptación para los cofres de combustible gastado, incluidos los contenedores con combustible defectuoso.
- g) La documentación de los análisis de la seguridad y la evaluación de la seguridad, que se incluirá en la documentación de apoyo para la concesión de la licencia a la instalación.
- h) El programa para la puesta en servicio.
- i) Los controles organizativos de las operaciones.

**La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.**

- j) Los procedimientos y los manuales operativos para las actividades que tengan implicaciones importantes para la seguridad.
- k) Un programa para el mantenimiento, la inspección y el ensayo periódicos.
- l) Los valores previstos para la subcriticidad, la capacidad de evacuación del calor y las dosis de radiación calculadas dentro y en los límites de la instalación de almacenamiento de combustible gastado.
- m) Programas de monitorización, que incluyan un programa de verificación del blindaje, un programa de vigilancia del estado del combustible gastado almacenado y un programa de vigilancia de los conjuntos combustibles gastados almacenados, si procede.
- n) Un programa para la retroinformación sobre la experiencia operacional.
- o) El programa de capacitación del personal.
- p) Las implicaciones para la seguridad de los aspectos de la contabilidad y el control de los materiales nucleares.
- q) Los arreglos para la protección física de la instalación.
- r) El plan de preparación y respuesta para casos de emergencia.
- s) El sistema de gestión.
- t) Las disposiciones para la protección radiológica ocupacional.
- u) Las disposiciones para la gestión de los desechos radiactivos y para la clausura.

5.22. En la evaluación de la seguridad deberían señalarse los riesgos más importantes, para poder determinar las funciones y los sistemas de seguridad requeridos y establecer un nivel de confianza en los parámetros básicos de la evaluación de la seguridad que sea proporcionado a su importancia respectiva (p. ej., mediante un análisis de la sensibilidad).

5.23. La evaluación de la seguridad debería incluir una evaluación de los riesgos en los estados operacionales y en condiciones de accidente. Además, debería proporcionar una evaluación de las dosis en los límites del emplazamiento, y de la posibilidad de exposición en zonas en que el acceso no esté restringido. En el funcionamiento normal de una instalación de almacenamiento de combustible gastado, nada debería poder causar un aumento rápido de la reactividad en el combustible almacenado, por lo que habrá relativamente pocos mecanismos previsibles que puedan provocar una excursión repentina de este tipo seguida de una emisión de material radiactivo.

5.24. Cuando sea el caso, deberían establecerse limitaciones a las descargas autorizadas de la instalación de almacenamiento de combustible gastado, de conformidad con las recomendaciones formuladas en la referencia [22].

5.25. Si la evaluación inicial de la seguridad da resultados que se acercan a los objetivos límite fijados para la explotación o los superan, podría ser necesario realizar una evaluación más rigurosa de la idoneidad de las fuentes de datos genéricos que se hayan utilizado, y/o reducir el inventario o añadir nuevos sistemas y controles de seguridad.

**Requisito 16 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Exámenes periódicos de la seguridad**

**El explotador efectuará exámenes periódicos de seguridad y pondrá en práctica las mejoras de seguridad que exija el órgano regulador después de este examen. Los resultados del examen periódico de la seguridad quedarán consignados en la versión actualizada de la justificación de la seguridad de la instalación.**

5.26. La justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad complementaria, incluidos los sistemas de gestión utilizados para su aplicación, deberían examinarse periódicamente de conformidad con los requisitos reglamentarios. El examen de los sistemas de gestión debería incluir los aspectos de la cultura de la seguridad. Además, la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad complementaria deberían examinarse y actualizarse en los siguientes casos:

- a) Cuando haya algún cambio importante en la instalación o en su inventario de radionucleidos que pueda afectar a la seguridad.
- b) Cuando se produzcan cambios en las características del emplazamiento que puedan repercutir en la instalación de almacenamiento, como el desarrollo industrial de la zona o cambios en la población circundante.
- c) Cuando se produzcan cambios importantes en los conocimientos y en la comprensión (como resultado, por ejemplo, de los datos de investigaciones o de la retroinformación dimanante de la experiencia operativa).
- d) Cuando se plantee una nueva cuestión de seguridad debida a un problema con la reglamentación o a un incidente.
- e) Periódicamente, a intervalos predefinidos, según lo especifique el órgano regulador. Algunos Estados han dispuesto que se realice un examen de la seguridad con una frecuencia de por lo menos uno cada 10 años.

5.27. La seguridad debería reevaluarse cuando se produzcan desviaciones importantes e inesperadas en las condiciones de almacenamiento, por ejemplo, cuando las propiedades del combustible gastado que revistan interés para la

seguridad comiencen a apartarse de las que sirvieron de base en la evaluación de la seguridad.

5.28. Para el almacenamiento más allá de la vida de diseño originaria, debería efectuarse una reevaluación del diseño inicial (y del diseño de ese momento, si es significativamente diferente), las operaciones, el mantenimiento, la gestión del envejecimiento, la evaluación de la seguridad y cualquier otro aspecto de la instalación de almacenamiento de combustible gastado que se relacione con la seguridad. Si durante la vida de diseño se prevé prolongar el período de almacenamiento, se debería aplicar un enfoque precautorio y, en particular, realizar una validación de la idoneidad de las hipótesis de diseño para ese período más largo.

## DOCUMENTACIÓN DE LA JUSTIFICACIÓN DE LA SEGURIDAD

### **Requisito 15 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Documentación de la justificación de la seguridad y la evaluación de la seguridad complementaria**

**La justificación de la seguridad y su evaluación de seguridad complementaria serán documentadas con un grado de detalle y una calidad suficientes para demostrar la seguridad, apoyar la decisión adoptada en cada etapa y posibilitar el examen independiente y la aprobación de la justificación y la evaluación de seguridad. La documentación se redactará con claridad e incluirá argumentos que justifiquen los enfoques adoptados en la justificación de la seguridad sobre la base de información rastreada.**

5.29. Al documentar la justificación de la seguridad, debería prestarse particular atención a que el grado de detalle y la evaluación complementaria sean proporcionados a la complejidad de cada sistema o componente particular y a su importancia para la seguridad, y a que un examinador independiente pueda sacar una conclusión sobre la idoneidad de la evaluación y los argumentos empleados, en lo relativo tanto a su alcance como a su profundidad. Las hipótesis que se utilicen en la justificación de la seguridad deberán justificarse en la documentación, al igual que el uso de información genérica.

## **6. CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD GENERALES PARA EL ALMACENAMIENTO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR GASTADO**

### CONSIDERACIONES GENERALES

**Requisito 11 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Almacenamiento de desechos radiactivos**

Los desechos se almacenarán de modo que puedan ser inspeccionados, supervisados, recuperados y conservados en condiciones adecuadas para su gestión ulterior. Se tendrá debidamente en cuenta el período de almacenamiento previsto, y en la medida posible se aplicarán elementos de seguridad pasiva. En el caso de un almacenamiento a largo plazo<sup>7</sup>, en particular, se adoptarán medidas para prevenir la degradación de la contención de los desechos.

**Requisito 5 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Requisitos relativos a las medidas de seguridad física**

Se aplicarán medidas que garanticen un enfoque integrado de seguridad tecnológica y física en la gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos.

**Requisito 21 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Sistema de contabilidad y control de materiales nucleares**

En el diseño y explotación de las instalaciones de gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, en el caso de las instalaciones que son objeto de acuerdos sobre la contabilidad de materiales nucleares, se aplicará el sistema de contabilidad y control de materiales nucleares de modo que no se ponga en peligro la seguridad de la instalación.

6.1. Las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado deberían permitir el almacenamiento estable y física y tecnológicamente seguro del combustible gastado antes de su reprocesamiento o disposición final. Las características de diseño y la explotación de la instalación deberían proporcionar la

---

<sup>7</sup> Véase el párr. 1.6.

necesaria contención del material radiactivo para que la protección radiológica de los trabajadores, los miembros de la población y el medio ambiente sea la óptima, dentro de las restricciones de dosis acordes con los requisitos establecidos en la referencia [9], para mantener la subcriticidad y garantizar la evacuación del calor de decaimiento y la recuperabilidad del combustible gastado. Estas funciones de seguridad deberían mantenerse durante todos los estados operacionales y en las condiciones de accidente.

6.2. Actualmente hay diversos tipos de instalaciones de almacenamiento de combustible gastado en húmedo y en seco operativas o en estudio en distintos Estados. Los modos de almacenamiento del combustible gastado son básicamente tres:

- i) *Almacenamiento en húmedo en piscinas, dentro del emplazamiento de un reactor o en otro lugar.* El combustible gastado se almacena ya sea en bastidores estándar o en bastidores compactos que permiten reducir el espaciamiento entre los conjuntos combustibles o los elementos combustibles para aumentar la capacidad de almacenamiento.
- ii) *Almacenamiento en seco en cofres, ya sea de almacenamiento solamente o de doble uso (es decir, de almacenamiento y transporte), dentro del emplazamiento de un reactor o en otro lugar.* Los cofres son modulares, y son sistemas sellados diseñados para impedir la emisión de material radiactivo durante el almacenamiento. Aseguran el blindaje y la contención del combustible gastado mediante barreras físicas, que pueden incluir un armazón de metal u hormigón con un revestimiento metálico o un contenedor con tapa, ambos de metal. Por lo general tienen forma cilíndrica, con sección transversal circular y el eje largo dispuesto ya sea vertical u horizontalmente. La posición del combustible se mantiene mediante una cesta de almacenamiento que puede o no ser parte integrante del cofre. El calor del combustible gastado se evacúa al ambiente circundante por conducción, radiación y convección natural o forzada. Los cofres pueden estar encerrados en edificios o almacenados al aire libre.
- iii) *Almacenamiento en seco en instalaciones de tipo cámara.* Una cámara es una instalación muy grande, blindada contra la radiación, en que se almacena combustible gastado. Puede estar en la superficie o bajo el nivel del suelo, y ser una estructura de hormigón armado, con una serie de cavidades para el almacenamiento. El combustible gastado está debidamente confinado para impedir la emisión inaceptable de materiales radiactivos. El blindaje está dado por la estructura que rodea el material almacenado. El sistema primario de evacuación

del calor se basa en la convección natural o forzada del aire en el exterior de las cavidades de almacenamiento. Este calor se libera a la atmósfera ya sea directamente o a través de filtros apropiados, según el diseño del sistema. Algunos sistemas tienen también un circuito de refrigeración secundario. Sin embargo, si se va a utilizar la convección natural, debería reducirse al mínimo la necesidad de componentes activos, como bombas y ventiladores, mediante una mayor fiabilidad operacional del sistema, con la correspondiente reducción de los costos.

6.3. Aunque las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado pueden tener diferentes diseños, en general deberían consistir en sistemas relativamente sencillos, de preferencia pasivos e inherentemente seguros, destinados a ofrecer una seguridad adecuada durante toda la vida de diseño de la instalación, que puede ser de varios decenios. La vida útil de la instalación de almacenamiento de combustible gastado debería ser la adecuada para el período de almacenamiento previsto. El diseño debería contener también características que permitan realizar las operaciones conexas de manipulación y almacenamiento con relativa facilidad.

6.4. En general, la instalación de almacenamiento debería diseñarse de modo que se cumplan las principales funciones de seguridad, es decir, el mantenimiento de la subcriticidad, la evacuación del calor, la contención del material radiactivo y el blindaje contra la radiación, y, además, se asegure la recuperabilidad del combustible. Si es posible, las características de diseño deberían incluir como mínimo lo siguiente:

- a) Los sistemas para extraer el calor del combustible gastado deberían funcionar, cuando sea posible, con energía generada por el propio combustible (p. ej., por convección natural).
- b) La contención debería basarse en un enfoque de barreras múltiples, que tenga en cuenta todos los elementos, a saber, la matriz de combustible, las vainas del combustible, los cofres y cámaras de almacenamiento y todas las estructuras del edificio cuya fiabilidad y competencia se puedan demostrar.
- c) Los sistemas de seguridad deberían diseñarse de modo que realicen las funciones de seguridad con una necesidad mínima de vigilancia.
- d) Los sistemas de seguridad deberían diseñarse de modo que funcionen con una intervención humana mínima.
- e) El edificio de almacenamiento, o el cofre en el caso del almacenamiento en seco, deberían ser resistentes a los riesgos que se hayan tomado en consideración en la evaluación de la seguridad.

- f) Debería preverse el acceso para la respuesta a los incidentes.
- g) La instalación de almacenamiento de combustible gastado debería permitir la recuperación del combustible o del embalaje de combustible, para su inspección o reacondicionamiento.
- h) El combustible gastado y el sistema de almacenamiento deberían ser suficientemente resistentes a la degradación.
- i) El entorno del lugar de almacenamiento no debería verse afectado negativamente por las propiedades del combustible gastado, del embalaje de combustible gastado o el sistema de almacenamiento.
- j) El sistema de almacenamiento de combustible gastado debería poder ser inspeccionado.
- k) El sistema de almacenamiento de combustible gastado debería estar diseñado de modo que se evite o reduzca al mínimo la generación de corrientes de desechos secundarios.

6.5. Las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado deben tener controles de seguridad y del acceso para impedir la entrada no autorizada de personas o la retirada no autorizada de material radiactivo, y esos controles deberían ser compatibles con las medidas de seguridad que se apliquen en la instalación.

## DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE GASTADO

### **Proceso de diseño**

6.6. En el proceso de diseño deberían utilizarse métodos, procedimientos y herramientas apropiados, junto con datos de entrada debidamente seleccionados e hipótesis que abarquen todos los estados operacionales y todas las condiciones de accidente previsible, teniendo cuenta los fenómenos naturales. Para predecir la seguridad de los estados operacionales o las consecuencias de los accidentes deberían emplearse solo métodos verificados y validados. Los datos de entrada que se seleccionen deberían ser conservadores, pero realistas. Si es posible, debería cuantificarse el grado de conservadurismo. Cuando las incertidumbres en los datos de entrada, los análisis o las predicciones sean inevitables, ello debería tenerse en cuenta y compensarse. Además, debería estudiarse la sensibilidad de los resultados de la evaluación a esas incertidumbres.

6.7. Como parte del proceso global que conduce a un diseño aceptable, la evolución del diseño y su fundamento deberían documentarse de manera clara y adecuada, y mantenerse al alcance para la consulta futura. La documentación de apoyo debería presentarse como una justificación de la seguridad [4].

6.8. La justificación de la seguridad debería demostrar que en el diseño se han analizado debidamente y tratado de manera adecuada todos los riesgos y escenarios previsibles. La justificación de la seguridad debería describir los modelos y las metodologías de evaluación del funcionamiento utilizados y las conclusiones extraídas. Así pues, para cada diseño que se proponga, la justificación de la seguridad debería demostrar que, dentro de los límites de las tecnologías existentes, es posible construir, poner en servicio, explotar y clausurar la instalación de almacenamiento de combustible gastado de manera segura, de conformidad con las especificaciones del diseño y con los requisitos establecidos por el órgano regulador.

6.9. Deberían definirse asimismo los procedimientos relacionados con el control de las modificaciones del diseño en las fases ulteriores de la vida de la instalación. Esas modificaciones podrían ser necesarias para tener en cuenta las conclusiones de la justificación de la seguridad. Los elementos importantes para la seguridad, como las estructuras, los sistemas y los componentes, deberían especificarse y clasificarse con arreglo a su importancia relativa.

6.10. Para el almacenamiento más allá de la vida de diseño inicial de la instalación, puede ser necesario realizar ensayos, un examen y/o una evaluación a fin de determinar la integridad del combustible gastado o del cofre de almacenamiento. Debería estudiarse cuidadosamente el enfoque que se adoptará para evitar la exposición ocupacional innecesaria y prevenir la emisión accidental de material radiactivo. Los problemas que puedan surgir con la integridad del combustible gastado o de los cofres de almacenamiento deberían examinarse antes de que sea necesaria una intervención física, como la colocación del combustible gastado en nuevos cofres. En algunos casos, en lugar de colocar el combustible en un nuevo cofre, puede ser preciso trasladar los cofres a otra instalación de almacenamiento en que el edificio, o las estructuras en su interior, proporcionen la contención y el aislamiento requeridos. Si se está examinando la posibilidad de prolongar el período de uso de los cofres de almacenamiento en seco, una evaluación de la integridad de los cofres y del combustible gastado, incluido un examen de la estanqueidad de los cofres, puede ser suficiente para demostrar que el período de almacenamiento se puede prolongar. En tales casos, tal vez no sea necesaria una inspección inmediata del contenido de los cofres. Al examinar la posibilidad de prolongar el período de almacenamiento más allá de la vida

de diseño, deberían tomarse en consideración todos los factores, en particular la dosis de radiación y los accidentes que podrían producirse al abrir los cofres y extraer su contenido o al inspeccionarlos *in situ*. Si se llega a la conclusión de que el período de almacenamiento no puede prorrogarse sin una inspección del combustible, este trabajo debería planificarse y realizarse adoptando todas las precauciones necesarias.

6.11. Para el almacenamiento más allá de la vida de diseño prevista inicialmente, debería prestarse atención a mitigar las consecuencias de los posibles cambios en la instalación de almacenamiento y en el combustible gastado almacenado. Los cambios en la instalación de almacenamiento pueden deberse a la radiación, a la generación de calor y a reacciones químicas o galvánicas. Los cambios en el combustible gastado almacenado y en los cofres de almacenamiento pueden comprender:

- a) la generación de gases que supongan un riesgo por efectos químicos y radiolíticos (p. ej., la generación de gas hidrógeno por radiólisis) y por la acumulación de una sobrepresión;
- b) la generación de sustancias combustibles o corrosivas;
- c) la corrosión de los metales;
- d) la degradación del sistema de contención del combustible gastado.

Estas consideraciones son especialmente importantes para el almacenamiento más allá de la vida de diseño inicial, ya que los efectos pequeños pueden acumularse cuando los períodos de tiempo son largos.

#### **Requisito 10 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Procesamiento de desechos radiactivos**

**El procesamiento de desechos radiactivos se basará en el examen apropiado de las características de los desechos y de las exigencias que imponen las diferentes etapas de su gestión (tratamiento previo, tratamiento, acondicionamiento, transporte, almacenamiento y disposición final). Los bultos de desechos se diseñarán y producirán de modo que los materiales radiactivos queden debidamente contenidos durante el funcionamiento normal y en las condiciones de accidente que pudieran ocurrir en la manipulación, el almacenamiento, el transporte y la disposición final de los desechos.**

**Requisito 17 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Ubicación y diseño de las instalaciones**

**Las instalaciones de gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos se ubicarán y diseñarán de manera que garanticen la seguridad durante la vida operacional prevista en condiciones normales y de posibles accidentes, y durante su clausura.**

**Párrafo 2.4 de la publicación NS-R-5 (ref. [3]): Defensa en profundidad**

**El concepto de la defensa en profundidad se aplicará en la instalación para prevenir y mitigar accidentes (principio 8 de la referencia [8]).**

**Selección del emplazamiento**

6.12. En la publicación de la categoría Requisitos de Seguridad titulada *Evaluación del emplazamiento de instalaciones nucleares* [23] y en las guías de seguridad correspondientes [24 a 29] se exponen los criterios y métodos que podrían utilizarse en un enfoque graduado de la selección del emplazamiento de las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado.

**Defensa en profundidad**

6.13. El concepto de la defensa en profundidad debería aplicarse en todas las actividades de seguridad, ya sea que se relacionen con la organización, el comportamiento o el diseño, para asegurarse de que, si se produce un fallo, este se detecte y se compense o corrija con medidas apropiadas [30]. La defensa en profundidad debería aplicarse al seleccionar el emplazamiento de una instalación de almacenamiento de combustible gastado y durante su diseño, así como cuando se examinen las cuestiones de la subcriticidad, la evacuación del calor, la contención y la protección radiológica.

6.14. La aplicación del concepto de defensa en profundidad en el diseño del almacenamiento de combustible gastado debería entrañar la creación de una serie de niveles de defensa (características inherentes, equipo y procedimientos) que prevengan los accidentes y que brinden una protección adecuada si la prevención no funciona [30].

6.15. La instalación debería tener una capacidad de almacenamiento de reserva, incluida en el diseño o disponible de otro modo, por ejemplo para poder reorganizar los cofres de combustible gastado o los elementos combustibles

gastados no embalados para su inspección, recuperación o mantenimiento. La capacidad de reserva debería ser tal, que permita la descarga del tipo más grande de cofre de almacenamiento o, en el caso de una instalación de almacenamiento modular, la descarga de por lo menos un módulo.

### **Integridad estructural**

6.16. Para que los sistemas de seguridad y los elementos relacionados con la seguridad funcionen debidamente, los componentes de la instalación de almacenamiento de combustible gastado deberían mantener su integridad estructural en todos los estados operacionales y todas las condiciones de accidentes. Por consiguiente, la integridad de los componentes y de los sistemas conexos debería demostrarse mediante una evaluación estructural, que tenga en cuenta las condiciones de carga pertinentes (las tensiones, la temperatura, la corrosividad del ambiente, los niveles de radiación, etc.) y examine la fluencia, la fatiga, las tensiones térmicas, la corrosión y los cambios en las propiedades de los materiales con el tiempo (p. ej., la contracción del hormigón).

6.17. Para prevenir las desviaciones del funcionamiento normal y los fallos de los sistemas, debería prestarse cuidadosa atención a seleccionar los materiales y códigos de diseño adecuados, y a controlar la fabricación de los componentes y la construcción de la instalación de almacenamiento de combustible gastado. Para detectar y corregir las situaciones que se aparten de los estados operacionales normales, deberían establecerse los sistemas específicos que se hayan indicado en la justificación de la seguridad.

6.18. La integridad del combustible gastado y las geometrías necesarias para mantener la subcriticidad y la evacuación del calor, y las barreras de contención correspondientes, deberían mantenerse durante toda la vida útil de la instalación y verificarse utilizando métodos apropiados, que incluyan tanto el análisis prospectivo como la vigilancia permanente.

6.19. Los esfuerzos permisibles para las condiciones de carga dadas deberían cumplir con los códigos y normas aplicables. Si no existen normas aplicables, deberían justificarse los niveles de esfuerzo permisibles seleccionados.

6.20. Los materiales estructurales y los métodos de soldadura se deberían seleccionar sobre la base de los códigos y normas aceptados. Debería prestarse atención a los posibles efectos acumulativos de la radiación en los materiales que tengan probabilidades de estar sometidos a campos de radiación importantes.

Además, deberían considerarse los posibles efectos térmicos en la degradación de los materiales.

6.21. Los materiales de los elementos importantes para la seguridad, como las estructuras y los componentes que estén en contacto directo con el combustible gastado, deberían ser compatibles con ese combustible y reducir al mínimo las reacciones químicas y galvánicas, que pueden degradar la integridad del combustible gastado durante el almacenamiento, y no deberían contaminar el combustible gastado con sustancias que puedan reducir significativamente su integridad durante el almacenamiento.

6.22. Deberían estudiarse detenidamente los efectos del entorno de almacenamiento en el combustible gastado y en los elementos importantes para la seguridad, es decir, las estructuras, los sistemas y los componentes. En particular, debería examinarse la posibilidad de que el  $UO_2$  expuesto se convierta en  $U_3O_8$  por oxidación, con el consiguiente aumento del volumen y de la formación de partículas. Además, deberían evaluarse todos los efectos de los cambios que puedan producirse en el entorno de almacenamiento (p. ej., del almacenamiento en seco al almacenamiento en húmedo, o viceversa).

6.23. Según se haya determinado en la etapa de diseño, el logro de la fiabilidad adecuada podrá requerir el uso de materiales de construcción duraderos, la redundancia de los componentes más importantes, un nivel específico de fiabilidad de los servicios de apoyo (como el suministro de energía eléctrica), planes de monitorización eficaces y programas de mantenimiento eficientes (es decir, programas que sean compatibles con las operaciones normales de la instalación).

6.24. Los materiales de construcción deberían permitir una fácil descontaminación de las superficies. Debería examinarse la compatibilidad de los materiales de descontaminación con el entorno de trabajo en todos los estados operacionales y todas las condiciones de accidente. También es importante la integridad de los sistemas que están conectados con los sistemas de almacenamiento del combustible gastado, como el de evacuación del calor. Deberían prevenirse los fallos de las tuberías y las fugas en el sistema de almacenamiento del combustible gastado, que podrían dar lugar a la entrada de especies químicas perjudiciales para la integridad del combustible o de la contención, como los iones cloruro, a una piscina de almacenamiento de combustible gastado.

## Cargas estructurales y mecánicas

6.25. Debería proporcionarse una descripción completa de los aspectos estructurales y mecánicos del diseño de la instalación de almacenamiento, con suficientes detalles para justificar el diseño básico. Esta evaluación comprende normalmente lo siguiente:

- a) la determinación de las cargas estructurales y mecánicas debidas al combustible, los cofres de almacenamiento del combustible y los diversos componentes de la instalación de almacenamiento de combustible gastado en los estados operacionales y en condiciones de accidente;
- b) la evaluación de los cimientos;
- c) una evaluación estructural completa de los sistemas de seguridad de la instalación de almacenamiento de combustible gastado;
- d) evaluaciones de los elementos de apoyo, como las grúas, los vehículos de transporte y los edificios de protección.

Al evaluar la integridad estructural del edificio de la instalación y sus estructuras internas, deberían justificarse las cargas estructurales y mecánicas evaluadas tanto para las condiciones normales previstas como para los sucesos iniciadores de accidentes postulados, como las tempestades, los misiles impulsados por el viento y los terremotos, y los criterios de aceptabilidad adoptados para las respuestas a esas cargas. Deberían considerarse las condiciones de almacenamiento que puedan existir después de los sucesos iniciadores postulados, incluidos los sucesos externos como terremotos, tornados e inundaciones, y la aceptabilidad de esas condiciones debería estar garantizada por el diseño.

6.26. Deberían tomarse en consideración todas las situaciones en que puedan fallar los mecanismos de manipulación, dejando los elementos combustibles o los cofres sin el debido blindaje o en una situación en que no sea posible su recuperación. También debería prestarse atención a la posibilidad de que los cofres queden agarrotados e inmovilizados dentro de la instalación de almacenamiento de combustible gastado. Además del problema de blindaje que se plantearía en esas circunstancias, debería examinarse si el equipo y los sistemas de manipulación permitirían recuperar los cofres en esos casos o si sufrirían daños por la aplicación de esfuerzos excesivos.

## **Cargas y procesos térmicos**

6.27. En vista del calor de decaimiento que genera el combustible gastado, el diseño debería tener debidamente en cuenta todas las cargas y los procesos térmicos. Los elementos que se han de considerar normalmente son los siguientes:

- a) las tensiones de origen térmico;
- b) las presiones generadas interna y externamente;
- c) las necesidades de transferencia del calor;
- d) las necesidades de evaporación/aporte de agua;
- e) el efecto de la temperatura en la subcriticidad.

## **Procesos de los materiales que dependen del tiempo**

6.28. La vida prevista de la instalación de almacenamiento será un factor determinante en lo que se refiere a aspectos tales como la corrosión, la fluencia, la fatiga, la contracción, las alteraciones producidas por la radiación y los campos de radiaciones conexos. En el diseño de la instalación de almacenamiento debería prestarse atención al efecto de estos procesos.

## **Subcriticidad**

6.29. Un requisito de seguridad aplicable a todos los diseños de instalaciones de almacenamiento de combustible gastado es que se mantenga la subcriticidad del sistema completo en todas las circunstancias previsibles [3].

6.30. Varios factores y precauciones de diseño pueden garantizar la subcriticidad del combustible gastado o influir en ella. El trazado y la disposición física de la instalación de almacenamiento de combustible gastado deberían diseñarse de modo que, gracias al uso de configuraciones geométricamente seguras, se mantenga la subcriticidad en todos los estados operacionales y en las condiciones de accidentes previsibles.

6.31. Cuando el combustible gastado no pueda mantenerse en estado subcrítico mediante configuraciones geométricas seguras solamente, podrán aplicarse medios adicionales, como absorbentes fijos de neutrones y/o el uso de un crédito de quemado (véase el apéndice II, párrs. II.7 a II.9). Si se emplean absorbentes fijos de neutrones, debería velarse, mediante un diseño y una fabricación adecuados, por que los absorbentes no se separen o desplacen en los estados operacionales o en condiciones de accidente. Además, deberían estudiarse los efectos que el envejecimiento, la corrosión y la manipulación puedan tener en ellos.

6.32. La subcriticidad puede verse alterada por peligros internos y externos capaces de causar una reconfiguración de la matriz preexistente de conjuntos combustibles gastados que aumente la probabilidad de alcanzar la criticidad. Deberían también tomarse en consideración los movimientos ordinarios del combustible que puedan acercarlo demasiado a otro combustible gastado, o en que el combustible pueda desprenderse y caer sobre el combustible almacenado. Deberían evaluarse las secuencias de sucesos que puedan conducir a esas configuraciones anormales del combustible en los estados operacionales y en condiciones de accidente, determinando las consecuencias posibles de esos sucesos con datos fiables y metodologías verificadas y validadas. Cuando se justifique, deberían preverse medidas de mitigación para garantizar el mantenimiento de la subcriticidad en todas esas condiciones.

6.33. Tanto en los estados operacionales como en las condiciones de accidente previsibles, debería mantenerse un margen adecuado de subcriticidad en el factor de multiplicación efectiva de neutrones  $k_{\text{eff}}$  que sea aceptable para el órgano regulador<sup>8</sup>. En una instalación de almacenamiento en seco de combustible gastado, el margen mínimo debería mantenerse incluso en caso de inundación de los lugares en que se encuentre almacenado el combustible, a menos que la posibilidad de una inundación esté excluida por la ubicación de la instalación o por el diseño. En la demostración del margen de subcriticidad requerido, debería considerarse también la posibilidad de una reorganización o compactación de las varillas combustibles.

6.34. El método más adecuado para estimar los factores de multiplicación requeridos dependerá de varios aspectos, como las propiedades del combustible gastado y las circunstancias de que se trate (p. ej., del funcionamiento normal o de condiciones de accidente). Al determinar la subcriticidad, debería hacerse una estimación conservadora del factor de multiplicación efectiva de neutrones, teniendo en cuenta lo siguiente:

- a) Si el enriquecimiento inicial del material fisible varía dentro de cada conjunto combustible o entre un conjunto y otro, esta variabilidad debería tomarse debidamente en consideración en la modelización. Una alternativa es utilizar el enriquecimiento más alto para obtener una caracterización conservadora del conjunto combustible.
- b) Cuando existan incertidumbres en algunos datos relacionados con el combustible (con respecto al diseño, las geometrías, los datos nucleares, etc.),

---

<sup>8</sup> Teniendo en cuenta las incertidumbres en los cálculos y los datos, en muchos Estados se aplica un margen del 5 % o menos.

- deberían determinarse y utilizarse valores conservadores de esos datos para todos los cálculos de la subcriticidad. De ser necesario, un análisis de sensibilidad permitirá cuantificar los efectos de esas incertidumbres.
- c) Deberían tomarse en consideración todas las deformaciones geométricas del combustible y el equipo de almacenamiento que se puedan producir como consecuencia de alguno de los sucesos iniciadores postulados.
  - d) Se debería presuponer un nivel óptimo de moderación y reflexión, tanto en los estados operacionales como en condiciones de accidente, a fin de obtener una evaluación pesimista de la criticidad. Además, el sistema debería mantener la subcriticidad con todas las densidades del agua previsibles. La reactividad nuclear más alta se podría alcanzar a una densidad intermedia, por ejemplo si el agua de la piscina comienza a hervir debido a un fallo del sistema de extracción de calor o durante el secado de un cofre. En las situaciones de almacenamiento en seco debería incluirse la hipótesis de una inundación, a menos que la ubicación o las características de diseño de la instalación excluyan esta posibilidad.
  - e) Respecto de ciertas condiciones de accidente, como la dilución del boro, podrá preverse un crédito limitado para el boro soluble, en vista del principio de la doble contingencia<sup>9</sup>.
  - f) Debería presuponerse que el inventario de la instalación de almacenamiento de combustible gastado corresponda a la capacidad máxima de diseño.
  - g) No debería incluirse un crédito por las partes o componentes de la instalación de almacenamiento de combustible gastado que absorban neutrones, a menos que sean partes o componentes instalados de manera permanente, que su capacidad de absorber neutrones se pueda determinar, y que se haya demostrado que no se degradarían en ninguno de los sucesos iniciadores postulados.
  - h) Podrán tomarse en consideración los cambios de reactividad del conjunto combustible, pero no debería incluirse un margen por la presencia de absorbentes consumibles, salvo que se presente una justificación aceptable para el órgano regulador, que tenga en cuenta la reducción de la capacidad de absorción de neutrones con el quemado. Si se toman en consideración los absorbentes consumibles, debería presuponerse un combustible representativo que corresponda a la reactividad nuclear más alta.
  - i) Debería suponerse que todo el combustible tenga un valor de quemado y enriquecimiento que genere la máxima reactividad nuclear, a menos que se incluya un crédito de quemado basado en una justificación adecuada. Esa justificación debería comprender una medición o evaluación apropiada

---

<sup>9</sup> En virtud de este principio, la posibilidad de que ocurran simultáneamente dos incidentes improbables e independientes rebasa el ámbito del análisis requerido.

que confirme directa o indirectamente los valores calculados para el contenido de material fisible o el nivel de vaciado. Cuando se aplique el crédito del quemado en el almacenamiento a largo plazo, deberían tomarse en consideración los cambios que puedan ocurrir en la composición de nucleidos del combustible gastado durante el período de almacenamiento.

- j) Las hipótesis relativas al desacoplamiento neutrónico en las diferentes zonas de almacenamiento deberían respaldarse con cálculos apropiados.

6.35. Como estimación conservadora de  $k_{\text{eff}}$  puede utilizarse el factor de multiplicación infinito<sup>10</sup>.

6.36. La determinación de la subcriticidad para otros tipos de combustible puede requerir consideraciones especiales. La composición del combustible gastado puede variar en un espectro muy amplio, y a veces no es fácil especificar las condiciones conservadoras apropiadas. Por ejemplo, el combustible de un reactor de agua en ebullición con veneno consumible puede tener una reactividad aumentada por el quemado del veneno. Asimismo, el combustible MOX de uranio y torio o el combustible de los reactores de investigación puede tener propiedades muy específicas que deben tomarse en consideración.

### **Evacuación del calor**

6.37. Las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado deberían diseñarse con sistemas de evacuación del calor que sean capaces de enfriar de manera fiable el combustible gastado cuando se reciba inicialmente en la instalación. La capacidad de extraer el calor debería ser tal que la temperatura de todo el combustible gastado, incluida la de las vainas, no supere la temperatura máxima permisible. La temperatura de los otros componentes relacionados con la seguridad en la instalación tampoco debería exceder de las temperaturas máximas permisibles. Los sistemas de extracción activa del calor que cumplan una función de seguridad deberían estar diseñados de modo que resistan las condiciones de todos los estados operacionales y las condiciones de accidente, y deberían satisfacer el criterio del fallo único determinista.

---

<sup>10</sup> El factor de multiplicación infinito es la relación entre el número de neutrones producido por la fisión en una generación y el número de neutrones perdido por absorción en la generación precedente.

6.38. Al diseñar los sistemas de evacuación del calor para una instalación de almacenamiento de combustible gastado, deberían adoptarse las medidas necesarias para que las temperaturas del combustible gastado se mantengan dentro de los niveles aceptables durante la manipulación y transferencia del combustible.

6.39. El sistema de evacuación del calor debería diseñarse de modo que sea capaz de extraer debidamente el calor que pueda generar el inventario máximo de combustible gastado previsto durante la explotación. Al determinar la capacidad de evacuación del calor que necesita una instalación, deberían tomarse en consideración el intervalo de enfriamiento post-irradiación y el quemado del combustible que se almacenará. La capacidad de extracción de calor de los sistemas de evacuación debería diseñarse con un margen adicional para tener en cuenta los procesos previsible que puedan degradar o deteriorar el sistema con el tiempo. Además, el diseño de esos sistemas debería también tener en cuenta la capacidad térmica máxima de la instalación.

6.40. En el caso de las instalaciones modulares como las cámaras, puede tenerse en cuenta en el diseño el hecho de que el calor producido por la desintegración de los productos de fisión del combustible gastado disminuye con el tiempo. Por ejemplo, la refrigeración natural puede ser adecuada en una fase posterior de la vida de la instalación, aun cuando en un comienzo haya sido necesaria la refrigeración forzada. Se debería realizar un análisis para determinar por cuánto tiempo se requerirá la refrigeración forzada, y prestar la debida atención al mantenimiento de la operabilidad del sistema correspondiente y a los efectos que pueda tener su fallo.

6.41. El uso de sistemas de evacuación del calor redundantes y/o diversos puede ser adecuado en algunos casos, en función del tipo de sistema de almacenamiento de que se trate y de la posibilidad de que el combustible se sobrecaliente en un período de tiempo prolongado.

### **Contención del material radiactivo**

6.42. En el diseño de los sistemas de almacenamiento y manipulación del combustible gastado, deberían preverse medidas adecuadas y suficientes para garantizar la contención del material radiactivo y evitar así la emisión no controlada de radionucleidos al medio ambiente. Las vainas del combustible gastado deberían estar protegidas durante el almacenamiento contra la degradación en los estados operacionales normales y en condiciones de accidente, y posteriormente, durante la recuperación del combustible. La contención

debería constar de al menos dos barreras estáticas independientes. Según sea necesario, y en la medida de lo posible, la eficacia del sistema de contención del combustible gastado almacenado debería monitorizarse, a fin de determinar si se requieren medidas correctivas para mantener las condiciones de seguridad del almacenamiento.

6.43. Donde sea necesario, deberían instalarse sistemas de ventilación y evacuación de gases para recoger el material particulado radiactivo que se encuentre en el aire en los estados operacionales y en condiciones de accidente. En el diseño del sistema de suministro de aire de la instalación, debería considerarse la posibilidad de que en el ambiente exterior haya gases corrosivos, como el cloro o el dióxido de azufre, que puedan menoscabar la integridad de las vainas del combustible gastado o de otro componente relacionado con la seguridad.

### **Protección radiológica**

6.44. El diseño de una instalación de almacenamiento de combustible gastado debería ofrecer protección radiológica a los trabajadores y al público y proteger el medio ambiente de conformidad con lo dispuesto en la legislación nacional, los requisitos establecidos en la referencia [9] y las recomendaciones que figuran en la referencia [29].

6.45. Para cumplir estos requisitos y recomendaciones en el diseño de los sistemas de manipulación del combustible gastado de una instalación de almacenamiento habrá de tenerse en cuenta lo siguiente:

- a) Cuando sea necesario, debería preverse en el diseño una ventilación apropiada que incluya sistemas de filtración del aire eficientes y adecuadamente cualificados y diseñados, con disposiciones para su control periódico, a fin de mantener las concentraciones de materiales radiactivos en el aire y la exposición de los trabajadores y el público en niveles aceptables.
- b) Debería preverse la monitorización de los efluentes radiactivos.
- c) Las medidas para la manipulación del combustible gastado deberían estar diseñadas de modo que se evite el aumento de la contaminación a niveles inaceptables y que se puedan adoptar medidas correctivas si ese aumento se llegara a producir.
- d) La manipulación del combustible gastado y los cofres debería realizarse en un entorno en que los parámetros importantes (como la temperatura, la concentración de impurezas y la intensidad de la radiación) estén controlados.

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

- e) Las zonas en que se vayan a manipular o almacenar cofres y combustible gastado deberían estar dotadas de sistemas adecuados de monitorización de la radiación para la protección de los trabajadores.
- f) La instalación de almacenamiento no debería contener ninguna sala de operaciones a la que solo se pueda acceder a través de la zona de almacenamiento.
- g) Cuando se trate de instalaciones de almacenamiento en húmedo, se debería prever la monitorización y filtración del agua.

6.46. El blindaje previsto debería ser acorde con las recomendaciones formuladas en la referencia [29]. Para ello, debería cumplirse lo siguiente:

- a) Al determinar el término fuente del análisis para el diseño del blindaje, se debería prestar atención a las condiciones límite del enriquecimiento, el quemado y los tiempos de refrigeración respecto de la radiación gamma y neutrónica, el inventario correspondiente a la capacidad de diseño máxima de la instalación de almacenamiento de combustible gastado, los efectos del quemado axial en las fuentes de radiación gamma y de neutrones, y la activación de componentes que no sean el combustible.
- b) El blindaje debería ser adecuado para el funcionamiento normal y para las condiciones de accidente.
- c) Las penetraciones a través de las barreras de blindaje (como las relacionadas con los sistemas de refrigeración o las de carga y descarga) deberían diseñarse de modo que se evite la formación de altos campos localizados de radiación gamma y neutrónica debido a la penetración y a la transmisión aumentada de la radiación.
- d) En el análisis para el diseño del blindaje, debería suponerse que el equipo de manipulación del combustible gastado contenga la cantidad máxima de combustible gastado.
- e) El equipo de manipulación debería diseñarse de modo que se prevenga la colocación inadvertida del combustible gastado en posiciones insuficientemente blindadas, o su izado accidental hasta esas posiciones.
- f) Deberían estudiarse los efectos radiológicos de los depósitos de productos de activación.

### **Disposición física**

6.47. Los aspectos del diseño que se relacionan con la disposición física de una instalación de almacenamiento de combustible gastado son los siguientes:

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

- a) Las zonas de manipulación y almacenamiento de combustible gastado deberían estar protegidas contra el acceso no autorizado y contra las retiradas de combustible no autorizadas.
- b) La zona que se utilice para el almacenamiento no debería ser parte de una vía de acceso a otras áreas de operaciones.
- c) Las rutas de transporte para la manipulación del combustible gastado en el emplazamiento de la instalación y dentro de esta deberían disponerse de modo que sean lo más directas y breves posible, a fin de evitar operaciones de desplazamiento y manipulación complejas o innecesarias.
- d) La disposición física debería reducir al mínimo la necesidad de desplazar objetos pesados por encima del combustible gastado almacenado y de elementos importantes para la seguridad.
- e) La disposición física debería ser tal, que todas las operaciones de manipulación del combustible gastado, el almacenamiento de este combustible y el acceso del personal necesario estén optimizados.
- f) La disposición física debería permitir la descontaminación de las superficies de los elementos combustibles gastados (la eliminación de los depósitos de material radiactivo) y el mantenimiento y la reparación adecuados del equipo de manipulación del combustible gastado y de los cofres de almacenamiento.
- g) Debería haber espacio suficiente para la inspección del combustible gastado y para la inspección y el mantenimiento de los componentes, incluido el equipo de manipulación del combustible gastado.
- h) La disposición física debería facilitar el acceso a todo el combustible gastado sin necesidad de mover o manipular otro combustible gastado.
- i) La división del área de almacenamiento en sectores debería facilitar el acceso a todo el combustible gastado y evitar la aplicación del concepto de que ‘el primero en entrar es el último en salir’ para obtener diferentes configuraciones de almacenamiento.
- j) La disposición física de la instalación debería permitir la recuperación del combustible gastado o de los embalajes de combustible gastado, y prever la posibilidad de que sea necesario encapsular o acondicionar ese combustible.
- k) Debería haber suficiente espacio para poder mover el combustible gastado y los cofres de almacenamiento y transferirlos de un equipo de manipulación a otro.
- l) Debería haber suficiente espacio para la manipulación segura de los cofres de expedición y/o de almacenamiento. Esto se puede lograr utilizando áreas separadas para la carga y la descarga de los cofres, o previendo un espacio específico para esas operaciones dentro de la instalación de almacenamiento de combustible gastado.

- m) Debería haber espacio suficiente para guardar y utilizar las herramientas y el equipo necesarios para la reparación y las pruebas de los componentes del almacenamiento. También puede ser necesario un espacio para recibir otras partes radiactivas de los conjuntos combustibles.
- n) Deberían preverse arreglos adecuados para la contención y el almacenamiento seguro del combustible degradado o defectuoso.
- o) La disposición física debería incluir una salida expedita para el personal en caso de emergencia.
- p) Las penetraciones deberían diseñarse de modo que impidan la entrada de materiales extraños (p. ej., agua de lluvia, soluciones inorgánicas o materiales orgánicos) que puedan acortar los márgenes de subcriticidad, menoscabar la transferencia de calor o aumentar la corrosión y degradación de la instalación de almacenamiento de maneras que reduzcan la eficacia de las principales funciones de seguridad o impidan la inspección o reparación.
- q) Las superficies en que puedan desplazarse o estacionarse vehículos que transporten cofres pesados de combustible gastado deberían diseñarse con márgenes adecuados para la carga del piso. Estas áreas deberían estar claramente marcadas, a fin de evitar la sobrecarga de las superficies que estén diseñadas para soportar una carga del piso menor.

## **Manipulación**

6.48. El equipo y los sistemas de manipulación y transferencia del combustible gastado comprenden lo siguiente:

- a) las máquinas de manipulación del combustible;
- b) el equipo de transferencia del combustible;
- c) los dispositivos de izado del combustible;
- d) los dispositivos de desmantelamiento de los conjuntos combustibles;
- e) los dispositivos de manipulación para todas las operaciones relacionadas con el transporte de cofres o la inspección del combustible gastado o de los cofres;
- f) medios para la manipulación segura del combustible o los cofres degradados o defectuosos.

6.49. El equipo de manipulación debería diseñarse de modo que se reduzcan al mínimo la probabilidad y las consecuencias de los accidentes u otros incidentes, y que se minimice también la posibilidad de daños al combustible gastado, los conjuntos combustibles gastados y los cofres de almacenamiento o de transporte. Se debería tener en cuenta lo siguiente:

**La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.**

- a) El equipo no debería tener esquinas o bordes afilados que puedan dañar las superficies de los conjuntos combustibles gastados.
- b) El equipo debería estar dotado de mecanismos de enganche positivo que impidan el desprendimiento accidental de la carga.
- c) El equipo debería estar diseñado de modo que se tengan en cuenta los aspectos de la protección radiológica y se facilite el mantenimiento.
- d) El equipo que desplace combustible gastado debería tener límites de velocidad especificados.
- e) Los sistemas deberían diseñarse de modo que no puedan dejar caer el combustible gastado en caso de pérdida de la energía eléctrica. Deberían estudiarse las consecuencias de un fallo único y, cuando proceda, establecerse vías de carga redundantes.
- f) Cuando sea necesario garantizar que los conjuntos combustibles gastados puedan colocarse rápidamente en un lugar seguro, el equipo de manipulación del combustible debería diseñarse de modo que se pueda manejar manualmente en caso de emergencia.
- g) El diseño del equipo debería garantizar que la magnitud y la dirección de las fuerzas que se apliquen sobre los conjuntos combustibles gastados estén dentro de los límites aceptables.
- h) El equipo debería estar dotado de enclavamientos o limitaciones físicas adecuados que prevengan las operaciones peligrosas o incompatibles, por ejemplo, que impidan el movimiento en algunas circunstancias (para evitar la colocación incorrecta del combustible gastado o, en el caso del almacenamiento en húmedo, para evitar que la máquina se acerque demasiado a las paredes de la piscina, entre otros motivos), y también para impedir el izado de los conjuntos combustibles gastados u otros componentes por encima del combustible gastado, el desprendimiento accidental de la carga o la aplicación de fuerzas incorrectas.
- i) Los controles y herramientas deberían tener un diseño ergonómico y ser fáciles de utilizar.
- j) El diseño debería excluir la posibilidad de que las herramientas se confundan.
- k) Los parámetros ambientales (ruido, luminosidad) en las áreas de trabajo deberían crear condiciones de trabajo óptimas.

6.50. Cuando el personal de operación requiera información sobre el estado no visible del equipo o los componentes para verificar la seguridad de una operación planificada, de conformidad con lo establecido en la justificación de la seguridad, el diseño debería prever lo necesario para que esa información se transmita efectivamente al personal de operación, mediante sistemas indicadores situados en los lugares apropiados o por otros medios.

6.51. Al diseñar el equipo de manipulación del combustible gastado, debería preverse la utilización concomitante de herramientas manuales o eléctricas portátiles, siempre que el uso planificado de esas herramientas sea compatible con los objetivos del diseño y que ese uso no comprometa la seguridad de las operaciones de manipulación del combustible gastado.

6.52. A fin de reducir al mínimo la probabilidad de una caída accidental de la carga, el equipo para la transferencia del combustible gastado a la instalación de almacenamiento correspondiente debería diseñarse de modo que sea capaz de resistir las condiciones normales de funcionamiento, los incidentes operacionales previstos y las condiciones de accidente. El equipo debería diseñarse también de modo que, en caso de caída accidental de una carga, la contención o el blindaje de los cofres de combustible no sufran daños que puedan dar lugar a una exposición a la radiación inaceptable para los trabajadores o el público. Además, el diseño debería ser tal, que la caída accidental de una carga no impida la recuperación del combustible ni cause daños importantes al combustible gastado o a la instalación de almacenamiento.

6.53. Las hipótesis que sean fundamentales para la seguridad operacional deberían documentarse en la fase de diseño, a fin de facilitar el desarrollo posterior de los procedimientos operacionales. Mediante análisis detallados basados en las técnicas apropiadas, debería justificarse y respaldarse el uso de esas hipótesis y de las conclusiones relativas a la seguridad operacional de la instalación de almacenamiento de combustible gastado.

6.54. Para funcionar de manera segura, los sistemas de manipulación y almacenamiento de combustible gastado deberían incluir lo siguiente:

- a) medidas para limitar las emisiones radiactivas y la exposición de los trabajadores y del público a la radiación en los estados operacionales y en condiciones de accidente, de conformidad con el principio de la optimización de la protección enunciado en la referencia [8] o con los límites establecidos por el órgano regulador, prestando especial atención a la posibilidad de utilizar técnicas de control remoto en las zonas de radiación alta para reducir la exposición ocupacional;
- b) medidas para evitar que los incidentes operacionales previstos y los accidentes base de diseño puedan convertirse en accidentes severos;
- c) disposiciones para facilitar el funcionamiento y mantenimiento del equipo esencial (en particular, de los elementos importantes para la seguridad);
- d) disposiciones para la rápida recuperación del combustible gastado almacenado mediante equipos y procedimientos adecuados.

6.55. En el diseño y la evaluación del equipo de izado y manipulación, deberían tenerse en cuenta las categorías de las cargas que podrían caer, como los cofres o las tapas, el combustible gastado o los bastidores de almacenamiento.

6.56. La caída del combustible gastado durante su transferencia del cofre al bastidor de almacenamiento (o viceversa en el caso de la carga de un cofre para el almacenamiento en seco) podría tener consecuencias que deben evitarse, por ejemplo:

- a) defectos parciales en las vainas del combustible gastado, que den lugar a fugas y a la consiguiente contaminación de la piscina por los productos de fisión;
- b) la deformación (p. ej., la flexión) o el daño del combustible gastado, que podría causar dificultades en su manipulación posterior;
- c) un aumento de la posibilidad de un accidente de criticidad, si un combustible gastado con bajo grado de quemado impactara lateralmente contra una cesta de almacenamiento o contra otro combustible gastado situado en los bastidores de almacenamiento;
- d) la exposición de los trabajadores a la radiación debido a la emisión de productos de fisión.

### **Sistemas de ventilación**

6.57. Los sistemas de ventilación deberían mantener un ambiente de trabajo seguro y confortable y funcionar de modo tal que se reduzca la posibilidad de una emisión de materiales radiactivos.

6.58. Los sistemas de ventilación deberían funcionar de modo que se controle la acumulación de gases inflamables y/o explosivos (como el gas hidrógeno formado por radiólisis). También debería tenerse en cuenta la posibilidad de que se absorban gases peligrosos emitidos por fuentes externas.

6.59. Los sistemas de ventilación deberían diseñarse de modo que cumplan con las recomendaciones formuladas en la referencia [31]. Su funcionamiento debería ser compatible con los requisitos para la protección contra incendios.

## **Comunicaciones**

6.60. El diseño debería prever medios de comunicación adecuados a fin de cumplir con los requisitos establecidos para el funcionamiento de las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado y la preparación y respuesta para casos de emergencia.

## **Instrumentación y control**

6.61. Cuando sea factible, las funciones de control y protección deberían diseñarse de modo que sean independientes unas de otras. Si esto no es posible, debería justificarse detalladamente el uso de sistemas compartidos e interrelacionados. En el diseño de las alarmas y las indicaciones para el personal de operación, deberían tenerse en cuenta los factores ergonómicos. El equipo de control y monitorización debería estar calibrado para el uso al que esté destinado.

## **Protección contra incendios**

6.62. Las operaciones en las zonas de almacenamiento y manipulación de combustible deberían realizarse de conformidad con las recomendaciones sobre la protección contra incendios formuladas en la referencia [31]. Las medidas de protección contra incendios que se apliquen deberían limitar los riesgos para personal, y el riesgo de daños a elementos importantes para la seguridad, a las áreas de almacenamiento del combustible gastado, a los sistemas de manipulación del combustible y a los sistemas de apoyo.

6.63. Deberían preverse sistemas de protección contra incendios que tengan la capacidad y la potencia adecuadas.

6.64. Las medidas de protección contra incendios deberían incluir la limitación y el control de las cantidades de materiales combustibles presentes en las áreas de manipulación y almacenamiento (como los materiales de embalaje combustibles y los sistemas de cañerías de transporte de materiales combustibles). La zona de almacenamiento de combustible gastado debería funcionar de manera tal que la aplicación de medidas de extinción de incendios no pueda causar una criticidad accidental.

## **Gestión de los desechos radiactivos**

6.65. Los sistemas de la instalación de almacenamiento de combustible gastado se deberían diseñar y utilizar de modo que:

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

- a) se evite o reduzca al mínimo la posibilidad de generar desechos radiactivos;
- b) se cuente con medios seguros y adecuados para manipular los desechos radiactivos [1].

6.66. Los métodos que se empleen para el procesamiento de esos desechos deberían ser compatibles con los requisitos de la instalación en que se vayan a almacenar.

### **Iluminación**

6.67. Se debería prever una iluminación adecuada y segura que apoye las operaciones y facilite la inspección y/o la protección física de las áreas de almacenamiento del combustible gastado.

6.68. En el caso del almacenamiento en húmedo en piscinas, la zona de la piscina debería contar con el equipo de iluminación necesario, que incluya la iluminación bajo el agua cerca de las zonas de trabajo y medios para sustituir las bombillas sumergidas.

6.69. Los materiales empleados para la iluminación bajo el agua deberían ser compatibles con el entorno en que se utilicen y, en particular, no deberían experimentar una corrosión inaceptable ni causar ningún tipo de contaminación inadmisibles del agua de la piscina.

### **Monitorización**

6.70. La monitorización de la zona debería incluir mediciones de las tasas de dosis de radiación y de los radionucleidos presentes en el aire. En las zonas controladas se deberían instalar instrumentos fijos, de funcionamiento continuo, con alarmas locales y lecturas inequívocas para obtener información sobre las tasas de dosis de radiación. Todos los instrumentos de ese tipo deberían tener características y rangos que sean suficientes para captar todos los niveles de radiación posibles en la zona.

6.71. A la salida de los lugares que puedan estar contaminados debería haber instrumentación para detectar la contaminación externa en los trabajadores. Debería estar demostrado que los instrumentos de monitorización de zonas y del personal son aptos para los fines previstos, y los instrumentos deberían cumplir con las normas de fabricación apropiadas.

6.72. Debería disponerse lo necesario para la descontaminación del personal, el equipo y los componentes.

### **Preparación para emergencias**

6.73. Las posibles consecuencias radiológicas de los accidentes deberían ser evaluadas por la entidad explotadora y examinadas por el órgano regulador. Debería preverse lo necesario para que exista la capacidad efectiva de responder a los accidentes. A este respecto, las consideraciones deberían incluir la elaboración de escenarios de las secuencias previstas de sucesos (véase la sección 5) y el establecimiento de procedimientos de emergencia y de un plan de emergencia para hacer frente a cada uno de esos escenarios, con inclusión de listas de verificación y de listas de las personas y organizaciones a las que haya que alertar.

6.74. Los procedimientos de respuesta a las emergencias deberían documentarse, ponerse a disposición del personal interesado y mantenerse actualizados. Periódicamente se deberían realizar ejercicios para poner a prueba el plan de respuesta a las emergencias y el grado de preparación del personal. Deberían efectuarse inspecciones regulares para comprobar que el equipo y los otros recursos que sean necesarios en una emergencia estén disponibles y funcionen correctamente.

### **Sistemas de apoyo**

6.75. Además de las características de diseño de las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado que se han examinado, pueden ser necesarios varios otros sistemas de apoyo para garantizar el funcionamiento y la seguridad de esas instalaciones, por ejemplo, un suministro de energía eléctrica de emergencia. Esos sistemas de apoyo deberían estar disponibles.

6.76. Cuando la seguridad del almacenamiento del combustible gastado dependa de la provisión de un servicio público (como en el caso de los sistemas de aire comprimido o el agua), debería haber fuentes adecuadas que aseguren esos servicios.

## PUESTA EN SERVICIO DE LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE GASTADO

### **Requisito 18 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]) : Construcción y puesta en servicio de las instalaciones**

**Las instalaciones de gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos serán construidas según el diseño descrito en la justificación de la seguridad y aprobadas por el órgano regulador. Se procederá a la puesta en servicio de la instalación para verificar que el equipo, las estructuras, los sistemas y componentes, y la instalación en su conjunto, funcionan conforme a lo previsto.**

### **Consideraciones generales**

6.77. La puesta en servicio entraña una secuencia lógica de tareas que tienen por objeto demostrar el funcionamiento correcto de las características incorporadas específicamente en el diseño para garantizar el almacenamiento seguro del combustible gastado. Además, en la puesta en servicio se verifican los procedimientos operacionales y se demuestra la preparación del personal para explotar la instalación de almacenamiento de combustible gastado. Los procedimientos operacionales deberían abarcar tanto los estados operacionales como las condiciones de accidente.

6.78. La base de la puesta en servicio debería establecerse en una fase temprana del proceso de diseño como parte intrínseca del proyecto para facilitar su ejecución efectiva. Los planes para la puesta en servicio deberían ser examinados por el órgano regulador y, cuando proceda, sometidos a su aprobación. Las responsabilidades de los diversos grupos que participan normalmente en la puesta en servicio deberían estar definidas con claridad. Debería haber arreglos que regulen lo siguiente:

- a) la especificación de los ensayos que se deberán realizar (los objetivos de los ensayos, los criterios de seguridad que se hayan de cumplir);
- b) la presentación y aprobación de la documentación;
- c) las responsabilidades;
- d) la seguridad durante los ensayos;
- e) el control de la labor de ensayo;
- f) el registro y examen de los resultados de los ensayos;
- g) la interacción con el órgano regulador;

- h) la gestión del equipo que sirva de ayuda temporal durante la puesta en servicio y su evacuación antes del comienzo de la explotación (y después de concluidos los ensayos).

6.79. Los arreglos para los ensayos deberían incluir lo siguiente:

- a) los requisitos reglamentarios;
- b) la progresión a través de las etapas de la puesta en servicio;
- c) la presentación de los resultados y la aprobación para la explotación;
- d) la conservación de los registros.

6.80. En el caso de los sistemas de almacenamiento modulares, la mayor parte de la puesta en servicio habrá concluido cuando se cargue el primer módulo de almacenamiento. Algunos de los procesos de la puesta en servicio pueden pasar a formar parte de la explotación normal, cuando se pongan en servicio nuevos módulos. Por otra parte, un cambio en el diseño de los módulos puede suponer que se tengan que repetir algunos de los pasos de la puesta en servicio para el nuevo diseño.

6.81. Algunos de los pasos de la puesta en servicio pueden continuar hasta la fase de explotación de la instalación de almacenamiento de combustible gastado. Por ejemplo, no estará justificado poner a prueba y verificar la capacidad de evacuación del calor de una piscina de almacenamiento hasta que la instalación haya recibido el combustible gastado. Algunas instalaciones de almacenamiento grandes utilizan cofres de transporte y combustible gastado de distintos diseños. Cuando se empleen por primera vez nuevos cofres o nuevos diseños de combustible gastado, podrá ser necesario repetir ciertos pasos de la puesta en servicio.

### **Etapas de la puesta en servicio**

6.82. La puesta en servicio se llevará a cabo por lo general en varias etapas:

- a) la terminación de la construcción;
- b) el ensayo del equipo;
- c) la demostración del funcionamiento;
- d) la puesta en servicio no activa;
- e) la puesta en servicio activa.

6.83. En la etapa de terminación de la construcción, la instalación de almacenamiento de combustible gastado debería someterse a una inspección

física detallada para confirmar que cumpla con el diseño en todos sus pormenores. Deberían determinarse factores tales como las dimensiones físicas y los niveles de radiación de fondo. Mediante una comparación sistemática de los detalles con los planos de diseño y la documentación del proyecto, debería determinarse la condición de fabricación real de la instalación. (Además de proporcionar información que facilitará la explotación de la instalación, este control puede ser importante también cuando se examinen posibles modificaciones futuras de la instalación y cuando llegue el momento de su clausura.)

6.84. En la etapa de ensayo del equipo, este y los sistemas de la instalación de almacenamiento de combustible gastado deberían conectarse a la energía eléctrica para poner a prueba los diversos controles, direcciones de rotación, direcciones de flujo, corrientes, enclavamientos, etc. También deberían realizarse actividades como la prueba de carga de los cofres y del equipo de izado de conjuntos combustibles gastados, y demostrarse el control seguro del equipo en estos ensayos. Si es necesario, se debería demostrar asimismo que la interacción física entre distintos elementos del equipo es limitada.

6.85. En la etapa de demostración del funcionamiento, una vez ensayados los distintos elementos del equipo, debería llevarse a cabo una serie de ensayos para demostrar la interacción segura de la totalidad del equipo y la capacidad operacional global de la instalación de almacenamiento de combustible gastado. En esta etapa deberían demostrarse la seguridad y eficacia de todas las instrucciones y los procedimientos. Esto debería incluir la demostración de la capacitación satisfactoria del personal de operación tanto para el funcionamiento normal como para los incidentes operacionales previstos. También debería demostrarse la capacidad del personal de realizar los trabajos de mantenimiento de manera segura y eficaz.

6.86. La etapa de puesta en servicio no activa debería proporcionar una demostración oficial de que el personal, el equipo y los procedimientos de la instalación funcionan de la manera prevista, especialmente aquellos que en la justificación de la seguridad se hayan definido como importantes para el funcionamiento seguro de la instalación. Todas las características de seguridad que se pueda poner a prueba sin la presencia de combustible gastado deberían comprobarse antes de que la instalación de almacenamiento entre en funcionamiento.

6.87. Una vez concluida satisfactoriamente la puesta en servicio no activa, se da inicio a la etapa de puesta en servicio activa con la introducción de material radiactivo en la instalación de almacenamiento de combustible gastado. Todos los

ensayos y las modificaciones que sea necesario efectuar deberían estar terminados antes de la introducción de material radiactivo. Esta introducción supone efectivamente el inicio de la explotación de la instalación y por lo tanto, a partir de esta etapa, se aplican los requisitos de seguridad referentes a la explotación de la instalación [1, 3]. La puesta en servicio activa debería comprender una serie de ensayos para demostrar que se han cumplido los criterios de diseño para la protección radiológica.

6.88. Una vez terminada la puesta en servicio, se debería preparar el informe final correspondiente. En este informe se deberían detallar todos los ensayos realizados y proporcionar las pruebas de que los resultados fueron satisfactorios. El informe debería demostrar al órgano regulador que se han cumplido los requisitos por él establecidos, y servir de base para la posterior concesión de la licencia a la instalación de almacenamiento de combustible gastado para la etapa de plena explotación. Además, en este informe final debería documentarse adecuadamente todo cambio en la instalación o los procedimientos que se haya efectuado durante la puesta en servicio.

## EXPLOTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE GASTADO

### **Requisito 9 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Caracterización y clasificación de desechos radiactivos**

**En las diversas etapas de la gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos los desechos serán caracterizados y clasificados de conformidad con los requisitos establecidos o aprobados por el órgano regulador.**

### **Requisito 19 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Explotación de la instalación**

**Las instalaciones de gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos se explotarán de conformidad con los reglamentos nacionales y con las condiciones que imponga el órgano regulador. Las operaciones se basarán en procedimientos documentados. Se tendrá debidamente en cuenta el mantenimiento de la instalación para garantizar su funcionamiento seguro. Los planes de preparación y respuesta ante emergencias, si los elabora el explotador, están sujetos a la aprobación del órgano regulador.**

## Consideraciones generales

6.89. Las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado deberían explotarse de conformidad con los procedimientos escritos que elabore la entidad explotadora. Estos documentos y sus actualizaciones deberían prepararse en cooperación con las organizaciones encargadas del diseño de la instalación. Sin embargo, la entidad explotadora será responsable de velar por que los procedimientos se preparen, examinen, aprueben y publiquen de manera adecuada. Estos procedimientos deberían asegurar, como mínimo, el cumplimiento de los límites y condiciones operacionales de la instalación de almacenamiento de combustible gastado y, más en general, la conformidad con la evaluación de la seguridad.

6.90. Se deberían preparar instrucciones y procedimientos para el funcionamiento normal de la instalación de almacenamiento de combustible gastado, los incidentes operacionales previstos y las condiciones de accidente contempladas en la base de diseño. Las instrucciones y los procedimientos deberían elaborarse de modo que la persona que tenga la responsabilidad pueda adoptar rápidamente todas las medidas en la secuencia correcta. Deberían especificarse con claridad las responsabilidades en lo que respecta a la aprobación de cualquier desviación de los procedimientos de trabajo que pueda ser necesaria por motivos operacionales.

6.91. Deberían adoptarse arreglos adecuados para el examen y la aprobación de los procedimientos operacionales, la evaluación sistemática de la experiencia operacional, incluida la de otras instalaciones, y la adopción oportuna y adecuada de medidas correctivas para evitar y contrarrestar una evolución de la situación que pueda tener consecuencias adversas para la seguridad. Deberían adoptarse disposiciones para controlar la distribución de los procedimientos operacionales, a fin de asegurarse de que el personal de operación solo tenga acceso a la última edición aprobada.

6.92. El mantenimiento y la modificación de cualquier elemento del equipo, proceso o documento de la instalación de almacenamiento de combustible gastado deberían regirse por procedimientos especificados, que estén sujetos a una autorización antes de su aplicación. Estos procedimientos deberían describir la categorización de la modificación con arreglo a su importancia para la seguridad. En función de esta categorización, cada modificación será sometida a diferentes niveles de examen y aprobación por el personal directivo de la instalación y el órgano regulador.

6.93. El mantenimiento y la modificación de todo elemento del equipo debería registrarse y documentarse adecuadamente, junto con los resultados de los ensayos de su puesta en servicio. Los documentos deberían revisarse inmediatamente después de terminado el mantenimiento o la modificación.

### **Aspectos operacionales**

6.94. La entidad explotadora debería velar por que los procedimientos operacionales relacionados con el mantenimiento de la subcriticidad sean objeto de un examen riguroso y se comparen con los requisitos de seguridad del diseño. Esto podría incluir un análisis y examen de confirmación por el órgano regulador. Algunos de los factores que deberían considerarse en ese examen son los siguientes:

- a) los tipos de combustible gastado que se almacenarán;
- b) las geometrías del combustible gastado necesarias para garantizar la subcriticidad;
- c) los tipos de contenedores de combustible gastado que se utilizarán (si es el caso);
- d) las operaciones de manipulación del combustible gastado;
- e) las posibilidades de funcionamiento anormal;
- f) los parámetros del combustible gastado (p. ej., su enriquecimiento inicial, su enriquecimiento final y el quemado);
- g) si la subcriticidad se mantiene con ayuda de absorbentes de neutrones.

6.95. El fallo de las vainas puede dar lugar a la emisión de isótopos tales como el Kr 85, el Cs 134 y el Cs 137, que son los productos de fisión característicos que se detectan cuando fallan las vainas en un combustible que se ha enfriado por largo tiempo. El fallo de las vainas puede ser más probable cuando el combustible gastado y sus vainas se someten a temperaturas altas, y cuando las condiciones químicas del ambiente que rodea el combustible gastado promueven la corrosión de las vainas. La entidad explotadora debería velar por que se monitoricen debidamente las condiciones ambientales dentro de la instalación (p. ej., la composición del agua de la piscina y/o de la atmósfera en la zona de almacenamiento, y la humedad o el agua sobre las vainas del combustible gastado) para prevenir la creación de esas condiciones no deseadas y dar aviso de ellas cuando se produzcan. Deberían establecerse procedimientos para detectar el combustible degradado o defectuoso y hacerse cargo de él.

6.96. Además, la entidad explotadora debería velar por que existan procedimientos para la recepción, la manipulación y el almacenamiento del combustible

gastado que tenga fallos en las vainas, o por que ese combustible no se acepte en la instalación de almacenamiento. En los casos en que ese combustible se acepte, además de las consideraciones relativas a la contención, podría haber implicaciones para la criticidad que deberían evaluarse a fondo. Cuando proceda, la recepción, la manipulación y el almacenamiento de ese combustible deberían regirse por procedimientos específicos.

6.97. Deberían elaborarse procedimientos operacionales para los sistemas de contención de la instalación de almacenamiento de combustible gastado (p. ej., los sellos de cierre de los cofres y contenedores de almacenamiento, y los sistemas de ventilación y filtración) que prevean su monitorización. Esta monitorización debería permitir a la entidad explotadora determinar si se requieren medidas correctivas para mantener unas condiciones de almacenamiento seguras.

6.98. Hay otras consideraciones relativas a la seguridad que también deberían tenerse en cuenta al elaborar los procedimientos operacionales y los arreglos para emergencias e imprevistos. Muchos sucesos se tratarán ya sea como incidentes operacionales previstos o como accidentes base de diseño. Sin embargo, algunos de esos sucesos podrían conducir a accidentes severos que vayan más allá de lo previsto en la base de diseño. Aunque la probabilidad de que ocurran esos accidentes que sobrepasan la base de diseño es extremadamente baja, al preparar los procedimientos operacionales y los planes de contingencia la entidad explotadora debería tomar en consideración sucesos tales como los siguientes:

- a) el fallo de una grúa con un cofre cargado y lleno de agua, suspendido fuera de la piscina;
- b) la pérdida de sistemas de proceso de la instalación que se relacionen con la seguridad, como los suministros de electricidad, agua de proceso, aire comprimido y ventilación;
- c) explosiones debidas a la acumulación de gases radiolíticos;
- d) incendios que produzcan daños en elementos importantes para la seguridad (para reducir el riesgo de incendio, debería controlarse la cantidad de materiales o desechos combustibles y de otros materiales inflamables (véase el párr. 6.64));
- e) las condiciones meteorológicas extremas que puedan alterar las características de funcionamiento o deteriorar los sistemas de evacuación del calor de la piscina o los cofres;
- f) otros sucesos naturales, como un terremoto o un tornado;
- g) sucesos externos causados por el ser humano (accidentes aéreos, sabotaje, etc.);
- h) el fallo del sistema de protección física.

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

También debería tomarse en consideración la posibilidad de un uso incorrecto de los productos químicos (p. ej., la introducción accidental en el agua de la piscina de los fluidos ácidos o alcalinos utilizados para la regeneración de la resina intercambiadora de iones).

6.99. Además de establecer los procedimientos operacionales y de contingencia arriba descritos, la entidad explotadora debería elaborar también un plan de emergencia de conformidad con los requisitos establecidos en la referencia [20].

6.100. La experiencia operacional y los sucesos que ocurran en la instalación o que comuniquen otras instalaciones similares se deberían recopilar, estudiar y analizar de manera sistemática. Las conclusiones extraídas deberían aplicarse mediante un proceso de retroinformación adecuado. Toda nueva norma, reglamento u orientación reglamentaria que se elabore debería también examinarse para determinar si es aplicable a la seguridad de la instalación.

6.101. En la explotación de una instalación de almacenamiento de combustible gastado debería monitorizarse la integridad del combustible almacenado. Cuando el combustible gastado se almacene en cofres sellados, debería disponerse de medios para la contabilidad y el control de los materiales nucleares o para la verificación de las operaciones de sellado correspondientes. Esos medios no deberían afectar a la integridad del combustible gastado.

6.102. Los límites y condiciones operacionales de una instalación de almacenamiento de combustible gastado deberían elaborarse sobre la base de lo siguiente:

- a) los parámetros de proceso y las especificaciones de diseño, y los resultados de los ensayos de la puesta en servicio;
- b) la sensibilidad de los elementos importantes para la seguridad y las consecuencias de los sucesos que puedan ocurrir cuando falle algún elemento o se produzcan sucesos específicos o variaciones de los parámetros de proceso;
- c) la exactitud y calibración de la instrumentación para la medición de los parámetros de proceso relacionados con la seguridad;
- d) la consideración de las especificaciones técnicas de cada elemento importante para la seguridad y la necesidad de garantizar que esos elementos sigan funcionando en caso de que se produzca o repita cualquiera de los fallos especificados;

- e) la necesidad de que los elementos importantes para la seguridad estén disponibles para garantizar la seguridad en los estados operacionales, incluido el mantenimiento;
- f) la especificación del equipo que debería estar disponible para poder responder de manera completa y adecuada a los sucesos iniciadores postulados o a los accidentes base de diseño;
- g) las dotaciones mínimas de personal que se requieran para explotar la instalación de almacenamiento de combustible gastado en condiciones de seguridad.

En el cuadro 1 figuran ejemplos de los límites y condiciones operacionales de carácter técnico que pueden ser aplicables en una instalación de almacenamiento de combustible gastado.

6.103. Los límites y condiciones operacionales son una parte importante de la base para la autorización de la explotación y, como tal, deberían incorporarse en los arreglos técnicos y administrativos que sean vinculantes para la entidad explotadora y el personal de operación. Los límites y condiciones operacionales de las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado, que se derivan de la necesidad de cumplir los requisitos legales y reglamentarios, deberían ser elaborados por la entidad explotadora y sometidos a la aprobación del órgano regulador como parte de las condiciones para la obtención de la licencia. La entidad explotadora podría considerar oportuno establecer un margen administrativo por debajo de esos límites, como meta operacional para no sobrepasar los límites y condiciones aprobados.

6.104. El objetivo de los límites y condiciones operacionales debería ser gestionar y controlar los riesgos relacionados con la instalación. Esos límites y condiciones deberían estar orientados a:

- a) prevenir las situaciones que puedan dar lugar a una exposición no planificada de los trabajadores y del público a la radiación;
- b) mitigar las consecuencias de estos sucesos, cuando se produzcan.

6.105. El personal que tenga la responsabilidad directa de la explotación de la instalación de almacenamiento de combustible gastado debería estar completamente familiarizado con los procedimientos operacionales de la instalación y con los límites y condiciones operacionales para garantizar el cumplimiento de esas disposiciones. Deberían desarrollarse sistemas y procedimientos acordes con el sistema de gestión aprobado, y el personal de operación debería poder demostrar el cumplimiento de los límites y condiciones operacionales.

CUADRO 1. EJEMPLOS DE LÍMITES Y CONDICIONES OPERACIONALES PARA EL ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE GASTADO

| Aspectos             | Límites y condiciones operacionales  |
|----------------------|--|
| Subcriticidad        | Máximo enriquecimiento o contenido de Pu permisible del combustible nuevo<br>Concentración mínima permisible de venenos neutrónicos en los absorbentes fijos, si se aplica<br>Restricciones aplicables al movimiento y a las configuraciones de almacenamiento del combustible gastado<br>Uso restringido del moderador<br>Quemado mínimo especificado del combustible gastado, si se aplica<br>Características de los conjuntos combustibles gastados   |
| Radiación            | Quemado máximo permisible del combustible gastado<br>Nivel mínimo permisible de agua en la piscina de almacenamiento<br>Requisitos para los monitores de la radiación, las alarmas y los enclavamientos<br>Período mínimo de refrigeración tras la descarga del combustible gastado del reactor<br>Concentraciones máximas de radionucleidos en el agua de la piscina<br>Tasas de dosis de radiación máximas en la superficie de los cofres y a una distancia especificada (p. ej., de 1 a 2 m) de estos<br>Estanqueidad mínima de los cofres de combustible gastado |
| Evacuación del calor | Disponibilidad especificada de los sistemas de refrigeración con temperaturas de sistema máximas y mínimas especificadas<br>Período de refrigeración mínimo tras la descarga del combustible gastado del reactor y grado máximo de quemado del combustible gastado<br>Temperatura máxima del hormigón y de la superficie de los cofres<br>Estanqueidad mínima de los cofres de combustible gastado   |
| Composición del agua | Especificación de la composición del agua que evitará la corrosión del combustible gastado y de los componentes de almacenamiento, garantizará la adecuada transparencia del agua y prevendrá el desarrollo microbiano   |

6.106. Los límites y condiciones operacionales deberían mantenerse en examen, y podrían también tener que revisarse, según sea necesario en virtud del marco regulador nacional, en las siguientes circunstancias:

- a) cuando la experiencia operacional así lo exija;
- b) cuando se hayan hecho modificaciones en la instalación de almacenamiento de combustible gastado y en el tipo de combustible gastado;
- c) como parte del proceso de examen periódico de la justificación de la seguridad (y como parte del examen periódico de la seguridad) de la instalación de almacenamiento de combustible gastado;
- d) cuando se produzcan cambios en las condiciones legales o reglamentarias.

Como resultado de la experiencia operacional, de los avances tecnológicos o de otros cambios, puede ser necesario efectuar los cambios correspondientes en las condiciones operacionales. Estos cambios deberían justificarse mediante la evaluación de la seguridad y someterse a la aprobación del órgano regulador.

### **Mantenimiento, inspección y ensayo**

6.107. Se debería establecer un sistema de gestión (véase también la sección 4) que abarque la explotación y el mantenimiento y que utilice procedimientos aprobados, para controlar lo siguiente:

- a) el mantenimiento y la inspección de los dispositivos de sujeción para el izado de los cofres y del equipo de izado (p. ej., las eslingas, las vigas, las cadenas y los ganchos);
- b) el mantenimiento de las grúas y las agarraderas del combustible gastado en la instalación;
- c) los ensayos de carga periódicos de las grúas y otros dispositivos de izado;
- d) el mantenimiento, la inspección y el ensayo de otros equipos relacionados con la seguridad.

6.108. La explotación de la instalación de almacenamiento de combustible gastado debería incluir un programa adecuado de mantenimiento, inspección y ensayo de los elementos importantes para la seguridad, es decir, de las estructuras, los sistemas y los componentes. Debería existir un acceso seguro a todas las estructuras, sistemas, zonas y componentes que requieran mantenimiento, inspecciones y ensayos periódicos. Ese acceso debería ser adecuado para el funcionamiento seguro de todas las herramientas y el equipo necesarios y para la instalación de piezas de repuesto.

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

6.109. Antes del inicio de la explotación de toda instalación de almacenamiento de combustible gastado, la entidad explotadora debería preparar un programa de mantenimiento, inspección y ensayo. En dicho programa se deberían especificar las fechas de inicio de todas las inspecciones, que se reevaluarán luego a la luz de los resultados de los ensayos de la puesta en servicio. La justificación de la seguridad de la instalación de almacenamiento de combustible gastado servirá de base para la preparación del programa en lo que respecta a los elementos, es decir, las estructuras, los sistemas y los componentes, que deberían incluirse y a la periodicidad de las actividades planificadas para cada uno de ellos.

6.110. Si existe una celda caliente, debería preverse el mantenimiento de sus componentes. Esta labor de mantenimiento puede realizarse ya sea dentro de la celda o externamente, según se prefiera.

6.111. El programa de mantenimiento, inspección y ensayo periódicos debería someterse a un examen periódico, en que se tome en consideración la experiencia operacional. Todas estas actividades deberían incorporarse de manera integrada en el sistema de gestión, teniendo en cuenta las recomendaciones de los fabricantes.

6.112. La norma para las actividades de mantenimiento, inspección y ensayo periódicos y su frecuencia deberían ser tales, que se mantenga un grado de fiabilidad y eficacia acorde con las hipótesis y la intención del diseño, a fin de preservar un alto nivel de seguridad durante toda la vida de la instalación de almacenamiento de combustible gastado.

6.113. Asimismo, la fiabilidad y eficacia de los componentes no deberían verse afectadas significativamente por la frecuencia de los ensayos, que puede dar lugar a un desgaste y fallo prematuro o a errores de mantenimiento, o ser causa de un grado inaceptable de indisponibilidad del componente, si este no puede estar operativo durante el mantenimiento y ensayo.

6.114. Si el mantenimiento, la inspección o el ensayo en la instalación de almacenamiento de combustible gastado solo son posibles cuando algunos equipos están en estado de parada, el calendario de mantenimiento debería tener en cuenta este hecho.

6.115. El programa de mantenimiento, inspección y ensayo debería tomar en consideración las estructuras, los sistemas y los componentes que se vean afectados por los límites y condiciones operacionales, así como por los requisitos

reglamentarios que estén vigentes. En el cuadro 2 figuran ejemplos de las estructuras, los sistemas y los componentes que podrían incluirse en un programa de mantenimiento, inspección y ensayo.

6.116. La aprobación y ejecución del programa de mantenimiento, inspección y ensayo, y la aprobación de los procedimientos de trabajo y criterios de aceptación correspondientes, deberían correr a cargo de un personal debidamente cualificado y experimentado.

### **Protección radiológica operacional**

6.117. Debería existir un programa de protección radiológica operacional que clasifique las zonas de la instalación con arreglo a los niveles de radiación y disponga el control del acceso en función del nivel de esa clasificación. Este programa debería comprender la monitorización de los niveles de radiación en la instalación e incluir disposiciones para que el personal que trabaje en ella cuente con la dosimetría apropiada. También debería establecerse un programa de planificación del trabajo que vele por que la exposición a la radiación se mantenga en el nivel más bajo que sea razonablemente posible alcanzar.

### **Caracterización y aceptación del combustible gastado**

#### **Requisito 12 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Criterios de aceptación de desechos radiactivos**

**Los bultos de desechos y los desechos sin embalaje que sean aceptados para procesamiento, almacenamiento y/o disposición final estarán en conformidad con criterios compatibles con la justificación de la seguridad.**

6.118. Deberían elaborarse criterios de aceptación para la instalación de almacenamiento de combustible gastado y para el propio combustible gastado, teniendo en cuenta todos los límites y condiciones operacionales pertinentes y las demandas futuras para el reprocesamiento o la disposición final, incluida la recuperación del combustible gastado. Antes de trasladar el combustible gastado a la instalación de almacenamiento, es preciso contar con la aceptación de la entidad explotadora de la instalación y del órgano regulador. Se deberían preparar y tener a disposición planes de contingencia que indiquen cómo tratar en forma segura el combustible gastado que no cumpla los criterios de aceptación.

CUADRO 2. EJEMPLOS DEL EQUIPO QUE SE HA DE SOMETER A MANTENIMIENTO, INSPECCIÓN Y ENSAYO

| Equipo   | Naturaleza y objeto del ensayo   |
|--|--|
| Equipo de izado:<br>Grúas, agarraderas, pernos de argolla, cadenas, cables, transportadores y abrazaderas                    | Sistemas de frenado, enclavamientos, integridad mecánica, ensayos de carga, señalización de protección contra sobrecargas  |
| Estructura o módulo de almacenamiento  | Integridad estructural, acumulaciones de vegetación, nieve u otros efectos que puedan reducir la capacidad de evacuación del calor<br>Detección y monitorización de fugas<br>Detección de la corrosión de herramientas y estructuras de almacenamiento   |
| Componentes de circuitos para la limpieza, la evacuación del calor y la monitorización de la cavidad del cofre de transporte | Tubos flexibles para la seguridad en caso de sobrepresión<br>Calibración de, por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> <li>— los medidores de temperatura y presión</li> <li>— el equipo especificado de monitorización de la radiación requerido para los cofres (p. ej., para la medición de algunos radionucleidos, como el Kr 85, el Cs 137 y el Cs 137)</li> </ul> Equipo de medición de la tasa de flujo |
| Equipo especial de válvulas para montar sobre el cofre   | Mantenimiento mecánico, funcionamiento y ensayo de los sellos y las válvulas   |
| Agarraderas para manipular el combustible  | Verificación mecánica de la capacidad de la herramienta de sujetar el combustible, y control de la funcionalidad del mecanismo de bloqueo<br>Verificación de la integridad mecánica de la herramienta  |
| Equipo de monitorización radiológica   | Ensayos de calibración y funcionamiento del equipo fijo y portátil   |
| Bastidores de almacenamiento   | Confirmación de la presencia de absorbentes de neutrones y de su estado (si procede)<br>Inspección del desgaste mecánico de los cofres, cestas y bastidores, si procede  |
| Videocámaras   | Confirmación de la funcionalidad de las cámaras  |
| Seguridad física   | Confirmación de la funcionalidad de las vallas perimetrales y/o de las puertas de entrada  |

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

6.119. La entidad explotadora de una instalación de almacenamiento de combustible gastado debería disponer de información detallada sobre las características del combustible gastado que se reciba para el almacenamiento. Esta información debería proceder de la instalación nuclear que haya generado el combustible gastado (es decir, la central nuclear o el reactor de investigación). Como mínimo se debería proporcionar la información siguiente:

- a) el diseño del combustible, con inclusión de dibujos a escala;
- b) los materiales de construcción, el inventario de radionucleidos, incluidas las masas iniciales del contenido fisible, el quemado y el tiempo de refrigeración del combustible;
- c) los números de identificación del combustible (p. ej., los números de serie de los conjuntos combustibles);
- d) la historia del combustible (p. ej., el quemado, la potencia nominal del reactor durante la irradiación, el calor de decaimiento y las fechas de carga y descarga del reactor);
- e) detalles de las condiciones que podrían afectar a la manipulación o el almacenamiento del combustible (p. ej., daños en las vainas del combustible o daños estructurales);
- f) la confirmación de que el combustible gastado podrá manipularse correctamente a su llegada a la instalación de almacenamiento;
- g) las instrucciones específicas para el almacenamiento (p. ej., en el caso del combustible degradado o defectuoso);
- h) el grado de contaminación superficial y la tasa de dosis de los conjuntos combustibles.

El combustible puede considerarse dañado si presenta, entre otras, una o varias de las siguientes características: pequeños agujeros, grietas, desviaciones mecánicas, ausencia de algún componente del conjunto combustible, arqueamiento, frotamiento, o daños físicos graves. Deberían establecerse criterios completos y detallados para determinar si el combustible debe considerarse dañado.

6.120. En el momento de la recepción deberían controlarse los cofres de combustible gastado para determinar sus niveles de radiación gamma y neutrónica, si presenta fugas y contaminación superficial y si es conforme con la documentación correspondiente. La caracterización del combustible gastado, por ejemplo mediante el control y la monitorización del proceso, debería formar parte del sistema de gestión de la instalación.

6.121. Además, el remitente del combustible gastado debería enviar información sobre el cofre de transporte de combustible a la entidad explotadora

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

de la instalación de almacenamiento de combustible gastado. Esta información debería incluir lo siguiente:

- a) el tipo de cofre, con información adecuada sobre su diseño, y la disposición del combustible y los componentes internos dentro de su cavidad;
- b) datos sobre el examen radiológico del cofre antes del envío;
- c) la identificación del cofre (p. ej., el número de serie) y la certificación del cumplimiento del reglamento de transporte vigente [15];
- d) los requisitos y procedimientos para la manipulación y el sellado del cofre;
- e) los resultados de la inspección más reciente del cofre.

6.122. Al manipular el cofre, debería prestarse atención a efectuar las siguientes operaciones para garantizar la seguridad:

- a) Antes de la carga del cofre con combustible gastado: la descontaminación, si es necesaria.
- b) Al cargar y descargar un cofre, para el almacenamiento tanto en húmedo como en seco: el muestreo del gas interior antes de levantar la tapa y el examen del combustible gastado, si procede.
- c) Una vez que el cofre se ha vaciado: la descontaminación, si es necesaria, y las operaciones ordinarias de mantenimiento y recertificación del cofre.

6.123. En el caso de las instalaciones que reciban combustible gastado de varios emplazamientos, la entidad explotadora de la instalación de almacenamiento de combustible gastado debería asegurarse de que cada remitente proporcione los datos sobre las características del combustible gastado de un modo claramente comprensible que permita a la entidad explotadora demostrar que se mantendrán condiciones subcríticas durante la manipulación y el almacenamiento del combustible gastado. La entidad explotadora debería también asegurarse de que los datos que se proporcionen estén respaldados por un sistema de gestión aprobado y hayan sido verificados como corresponda.

6.124. La pérdida de contención puede exponer a los trabajadores a la radiación y causar una emisión de material radiactivo al medio ambiente. La entidad explotadora y su personal deberían comprender los mecanismos por los que se puede producir una pérdida de contención y abordarlos como corresponda en los procedimientos operacionales.

## **Integridad del combustible**

6.125. La integridad del combustible gastado puede degradarse, y ello a su vez puede conducir a la emisión de material radiactivo al entorno de almacenamiento. Hay varias causas posibles para la degradación del combustible, entre ellas:

- a) defectos de fabricación, por ejemplo por una soldadura incompleta o por fugas en los tapones terminales;
- b) la fragilización del material de la vaina debido a la interacción con el hidrógeno o a una elevada irradiación;
- c) la corrosión general de la vaina debido a la composición química inadecuada del agua de refrigeración;
- d) daños mecánicos, por ejemplo como consecuencia de la corrosión bajo tensión o de accidentes en la manipulación;
- e) fallos no revelados que se produjeron durante la irradiación en el reactor.

6.126. Por lo general, el combustible gastado que tenga una integridad disminuida debería embalsarse para mantener la calidad del entorno de almacenamiento y/o cumplir los requisitos establecidos en la licencia. Debería poderse disponer rápidamente de cofres o contenedores sellables de diseño aprobado para embalar los conjuntos combustibles dañados o que presenten fugas.

6.127. Los conjuntos combustibles gastados que hayan sufrido daños por sucesos mecánicos se deberían mantener separados del combustible intacto y someter a la debida monitorización para detectar cualquier fallo en la contención externa. Además, deberían estudiarse arreglos de contingencia para el combustible que no se pueda recuperar por los medios normales o que no se pueda transportar fácilmente.

6.128. Para el almacenamiento del combustible gastado que se haya caracterizado como degradado o defectuoso, el diseño debería tener en cuenta el estado del combustible. Esto puede suponer la inclusión de métodos tecnológicos adicionales para la manipulación segura del combustible dañado durante la carga y la descarga, por ejemplo, barras de sujeción del tubo de instrumentos para los conjuntos en que susciten preocupación las grietas en la tobera superior debidas a la corrosión bajo tensión, el embalaje de los conjuntos combustibles dañados para mantener la configuración del combustible gastado y controlar la criticidad, y medidas adicionales para reforzar la robustez de la contención ya que, en el caso del combustible degradado, no se puede contar con el elemento de contención primaria, que es la vaina, para controlar el material combustible gastado.

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

El combustible gastado degradado que se almacene debería monitorizarse, y para una monitorización adecuada se requerirá:

- a) un diseño adecuado del almacenamiento que facilite la monitorización;
- b) la monitorización de la eficiencia de la contención lo más cerca posible de cada barrera de contención;
- c) el control periódico del estado del combustible gastado almacenado (p. ej., por muestreo, mediante ensayos destructivos, colocando piezas para pruebas de corrosión en el lugar del almacenamiento o utilizando objetos de referencia).

### **Registro de los documentos**

6.129. Los datos operacionales de la instalación de almacenamiento de combustible gastado deberían recopilarse y mantenerse de conformidad con las recomendaciones sobre el sistema de gestión que figuran en la sección 4.

6.130. Los registros del mantenimiento, la inspección y los ensayos deberían conservarse, como base para el examen y la justificación del programa de mantenimiento, inspección y ensayo, y someterse a un examen periódico para determinar si las estructuras, sistemas y componentes tienen la fiabilidad requerida.

6.131. Puesto que el tiempo de almacenamiento puede abarcar más de una generación humana, la transferencia de información de una generación a otra es importante. Por ello, deberían mantenerse registros exactos de toda la información pertinente. Esto debería incluir información actualizada sobre la propia instalación de almacenamiento de combustible gastado y sobre el combustible almacenado, así como datos de apoyo, por ejemplo los resultados de la monitorización y los registros de los sucesos no planificados.

6.132. Estos registros deberían duplicarse y almacenarse en lugares separados, velando por que la información esté almacenada en medios que sigan siendo accesibles durante todo el período de almacenamiento previsto y después de este.

### **Recuperación del combustible gastado**

6.133. La instalación de almacenamiento debería explotarse de modo que sea posible recuperar el combustible gastado o los embalajes de combustible gastado al final del período de almacenamiento previsto o al término de la vida útil de la instalación de almacenamiento.

6.134. Si el combustible gastado o un embalaje de combustible gastado no pudieran recuperarse del almacenamiento aplicando los procedimientos operacionales normales, deberían elaborarse procedimientos especiales que permitan la recuperación segura de ese combustible o embalaje.

6.135. Una instalación de almacenamiento de combustible gastado debería considerarse operativa hasta que se hayan retirado de ella todo el combustible gastado y/o todos los embalajes de combustible gastado.

### **Transporte después del almacenamiento**

6.136. Después del almacenamiento, y antes del transporte ulterior, deberían examinarse la integridad del combustible gastado y de los cofres de almacenamiento y/o de transporte y la documentación conexas, prestando atención a los siguientes aspectos:

- a) la propiedad y la responsabilidad por la conservación segura de los registros;
- b) el régimen de inspección y vigilancia aplicado;
- c) el control del entorno de almacenamiento;
- d) las cuestiones de seguridad convencionales, como la inspección periódica del equipo de manipulación;
- e) las cuestiones de seguridad nuclear, como la degradación que puedan haber sufrido el propio combustible gastado, la estructura de soporte del combustible gastado y los materiales de blindaje neutrónico.

6.137. Las funciones de seguridad de los cofres de almacenamiento y/o de transporte deberían evaluarse periódicamente para demostrar que se cumplen las normas de seguridad vigentes y los requisitos y condiciones para la aprobación de la licencia de transporte [15]. Debería evaluarse la posible degradación de los cofres, examinando lo siguiente:

- a) el combustible gastado y la estructura de soporte del combustible;
- b) el sistema de contención: los sellos metálicos y los sistemas de sujeción, como los pernos de las tapas;
- c) los componentes del embalaje: los efectos de la corrosión, los efectos de la radiación, etc.;
- d) los limitadores de impactos: la compatibilidad del dispositivo de sujeción y el funcionamiento;
- e) los materiales de blindaje: los cambios en la densidad y la composición, etc.;
- f) las características de diseño incorporadas para garantizar la subcriticidad.

### Almacenamiento más allá de la vida de diseño inicial

6.138. Si se prevé almacenar combustible gastado más allá de la vida útil de diseño inicial de la instalación, la reactividad nuclear del combustible debería reevaluarse y tomarse en consideración en las decisiones que se adopten, según sea necesario. En este caso, podrían aplicarse un margen de seguridad suficientemente amplio o disposiciones de seguridad adicionales.

6.139. Es fundamental que la entidad explotadora desarrolle la competencia técnica necesaria para hacer frente a las dificultades que puedan surgir como resultado del almacenamiento más allá de la vida de diseño prevista inicialmente.

6.140. En el párrafo 3.29 de los *Principios fundamentales de seguridad* [8] se afirma que “[l]os desechos radiactivos deben tratarse de modo que no se imponga una carga indebida a las generaciones futuras”. Lo que constituya una ‘carga indebida’ dependerá en gran medida de las circunstancias nacionales. Los aspectos que habrán de tenerse en cuenta, especialmente si se prevé un almacenamiento a largo plazo del combustible gastado que abarque muchas generaciones, son los siguientes:

- a) la provisión de suficientes recursos financieros que permitan la gestión segura del combustible gastado durante ese período de almacenamiento;
- b) el mantenimiento del control reglamentario;
- c) la transferencia y el mantenimiento de los conocimientos y la capacidad técnica;
- d) la continuación de la formación de los especialistas en la gestión del combustible gastado, aun cuando la generación de electricidad a partir de la energía nuclear deje de formar parte de la estrategia energética nacional.

6.141. El funcionamiento seguro de una instalación de almacenamiento de combustible gastado debería estar garantizado para toda la vida útil de la instalación. Esta será en general más larga que la vida media de una empresa comercial. Por consiguiente, si la entidad explotadora deja de existir, por ejemplo después de varios decenios, debería considerarse la posibilidad de transferir la propiedad del combustible gastado y de la instalación de almacenamiento a una institución gubernamental.

6.142. Para el almacenamiento de combustible gastado, la evaluación de la seguridad y la elaboración de la justificación de la seguridad deberían tener lugar antes de que se conceda la licencia a la instalación. Si el almacenamiento es a largo plazo, podría ser necesario reevaluar la justificación de la seguridad,

por ejemplo en caso de degradación de la instalación o de cualquiera de sus componentes o estructuras importantes para la contención del combustible. El órgano regulador debería tomar en consideración esas posibilidades de fallos cuando determine la duración de la licencia de explotación para la instalación de almacenamiento de combustible gastado.

6.143. Debería establecerse un programa de monitorización que permita detectar cualquier deficiencia en una fase temprana. En este programa deberían especificarse los parámetros que se monitorizarán, la frecuencia de la monitorización, los niveles de referencia para la intervención y las medidas específicas que se habrán de adoptar.

6.144. La irradiación prolongada de las vainas, las juntas u otros materiales importantes para la contención del combustible gastado puede conducir a la degradación de las funciones de seguridad. Debería establecerse un programa de gestión del envejecimiento para hacer frente a la degradación relacionada con el paso del tiempo, que especifique la monitorización necesaria para la detección temprana de cualquier deficiencia.

6.145. Se debería establecer un mecanismo para incorporar los cambios que dicten los nuevos hallazgos de la labor de investigación y desarrollo, especialmente los que se relacionen con el envejecimiento y la degradación de los materiales durante el almacenamiento más allá de la vida de diseño prevista inicialmente.

6.146. Cuanto más largo sea el período de almacenamiento previsto, mayores serán las incertidumbres en las hipótesis adoptadas con respecto a los parámetros de seguridad. Para poder tomar decisiones operacionales o reglamentarias con una base científica, deberían ejecutarse proyectos de investigación y desarrollo que estén destinados a reducir esas incertidumbres, si tienen una importancia específica. Por ejemplo, los experimentos de irradiación acelerada de los materiales utilizados para el almacenamiento de combustible gastado o los ensayos del sellado por largo tiempo con medios deliberadamente agresivos pueden proporcionar información útil sobre la sensibilidad a los efectos del envejecimiento.

## CLAUSURA DE LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE GASTADO

### **Requisito 20 de la publicación GSR Part 5 (ref. [1]): Parada y clausura de las instalaciones**

**El explotador elaborará en la fase de diseño un plan inicial para la parada y clausura de la instalación de gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos y lo actualizará periódicamente durante todo el período operacional. La clausura de la instalación se llevará a cabo en función del plan de clausura definitivo que apruebe el órgano regulador. Además, se darán garantías de que habrá fondos suficientes para la parada y la clausura.**

6.147. La clausura de las instalaciones nucleares comprende:

- a) la preparación y aprobación del plan de clausura;
- b) las propias actividades de clausura;
- c) la gestión de los desechos que resulten de las actividades de clausura;
- d) la liberación del emplazamiento para su uso con o sin restricciones.

6.148. Durante el diseño de la instalación de almacenamiento de combustible gastado debería prepararse una versión inicial del plan de clausura, de conformidad con los requisitos y recomendaciones correspondientes [18, 19].

6.149. Durante la explotación de la instalación de almacenamiento de combustible gastado, el plan de clausura inicial debería examinarse y actualizarse periódicamente, y completarse en lo que respecta a:

- a) los avances tecnológicos relativos a la clausura;
- b) los posibles accidentes y otros incidentes causados por el ser humano y los sucesos naturales;
- c) las modificaciones de los sistemas y estructuras que afecten al plan de clausura;
- d) las enmiendas a la reglamentación y los cambios en la política gubernamental;
- e) las estimaciones de costos y las disposiciones financieras.

**La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.**

6.150. En el caso de los emplazamientos que contengan también otras instalaciones, debería elaborarse una estrategia integral de clausura que garantice la consideración de las interdependencias cuando se planifiquen las distintas instalaciones [18].

6.151. En un plazo de dos años contados a partir del cierre de la instalación de almacenamiento de combustible gastado deberá presentarse un plan final de la clausura para su aprobación, a menos que se haya acordado otro plazo para la presentación de ese plan final con el órgano regulador [18].

6.152. Incluso cuando se haya eliminado el grueso del material de proceso residual, podría quedar una cantidad importante de material contaminado. Debería estudiarse la posibilidad de extraer este material de forma expedita, ya que ello reducirá la necesidad de monitorización y vigilancia. Podrán realizarse otras actividades relacionadas con la clausura concomitantemente con la eliminación de este material, pero debería determinarse y evaluarse la posibilidad de que se produzca una interacción adversa entre las actividades concurrentes.

6.153. Deberán elegirse técnicas de desmantelamiento y descontaminación que reduzcan al mínimo la generación de desechos y de contaminación atmosférica y optimicen la protección de los trabajadores y el público [18].

6.154. Antes de liberar un emplazamiento, por ejemplo para su uso irrestricto, debería monitorizarse y, si es preciso, limpiarse [32]. Una inspección final debería demostrar que se han cumplido los criterios para el punto final establecidos por el órgano regulador.

## Apéndice I

### CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD ESPECÍFICAS PARA EL ALMACENAMIENTO EN HÚMEDO O EN SECO DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR GASTADO

I.1. Además de las consideraciones de seguridad generales para el diseño y la explotación de las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado expuestas en la sección 6, hay consideraciones de seguridad específicas para el diseño y la explotación de las instalaciones de almacenamiento en húmedo y en seco. Estas incluyen las características particulares, específicas de uno u otro tipo de instalación de almacenamiento, que mantienen los parámetros de diseño dentro de los límites aceptables y satisfacen los requisitos reglamentarios.

#### DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO EN HÚMEDO

##### **Subcriticidad**

I.2. En el caso de las instalaciones para las que la evaluación de la seguridad tome en consideración y prevea la ebullición del agua de la piscina en condiciones de funcionamiento anormales, las evaluaciones del diseño deberían incluir márgenes específicos para la variación de la densidad del moderador de agua en esas condiciones. Para las piscinas de almacenamiento en agua, debería demostrarse la subcriticidad con todas las densidades previsibles del agua, incluidas las que puedan darse durante los sucesos en que no se pueda excluir la ebullición del agua de la piscina en la evaluación de la seguridad.

I.3. La seguridad del almacenamiento en piscinas en lo que respecta a la criticidad no debería depender del uso de un veneno neutrónico soluble. Si esto no es posible, o si la entidad explotadora opta por utilizar un veneno neutrónico soluble como el agua borada para controlar la criticidad, el diseño de la instalación debería incluir características técnicas que excluyan un aumento de la reactividad del combustible gastado causado por la dilución accidental del agua de la piscina debido a la adición de agua no borada.

### **Evacuación del calor**

I.4 Para las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado en húmedo deberían diseñarse sistemas activos de evacuación del calor que permitan la explotación segura de la instalación. El objetivo principal de los sistemas de evacuación del calor debería ser garantizar que ni en los estados operacionales ni en condiciones de accidente se supere ningún límite de temperatura que se haya establecido para proteger las estructuras, los sistemas, los componentes y el combustible y evitar que sufran daños.

### **Contención del material radiactivo**

I.5 El diseño de las instalaciones de almacenamiento en húmedo en piscinas debería incluir características que prevengan o limiten la emisión de material radiactivo al medio ambiente. Esas características podrían incluir mecanismos para mantener presiones subatmosféricas dentro del edificio de almacenamiento, establecer una filtración de las posibles vías de ventilación o impedir la entrada y salida de agua de la piscina, y pueden utilizarse para reducir al mínimo el número, tamaño y emplazamiento de las penetraciones en el edificio.

### **Protección radiológica**

I.6. Cuando el agua de la piscina se utilice como blindaje contra la radiación para proteger a los trabajadores y al público, el nivel de agua debería ser tal que proporcione en todo momento el grado de blindaje requerido. Por este motivo, el diseño de una instalación de almacenamiento de combustible gastado en húmedo debería prever un abastecimiento de agua suficiente y debidamente accesible, procedente de fuentes diversas y redundantes y de una calidad aceptable para su uso en la instalación.

I.7. Las piscinas de almacenamiento en húmedo no deberían diseñarse con penetraciones situadas por debajo del nivel mínimo de agua requerido para un blindaje adecuado y para la debida refrigeración del combustible gastado almacenado.

I.8. El diseño no debería permitir la instalación permanente de cañerías u otro equipo que pueda inadvertidamente, por ejemplo por un efecto sifón, reducir el nivel de agua de la piscina por debajo del mínimo requerido.

I.9. El diseño de las instalaciones de almacenamiento en húmedo debería incluir disposiciones para el control efectivo del material radiactivo emitido al agua de la piscina y para la purificación de esa agua. Para limitar los campos de radiación en la superficie de la piscina puede ser necesaria la extracción controlada del material radiactivo disuelto y en suspensión. Debería preverse equipo permanente o temporal para la limpieza y eliminación de los depósitos y fangos radiactivos de la superficie del revestimiento estanco de la piscina, ya sea periódicamente o cuando sea necesario.

I.10. El sistema de aporte de agua a la piscina debería diseñarse de modo que suministre agua a una tasa superior a la tasa máxima a la que pueda disminuir el agua de la piscina como consecuencia de pérdidas durante la explotación, incluyendo el agua que salga por el sistema de extracción de la piscina. A la inversa, el sistema de extracción de agua de la piscina debería tener una capacidad inferior a la del sistema de aporte de agua. Además, no deberían mezclarse en una misma zona combustibles gastados que tengan diferentes límites de criticidad o un diferente modo de control de esta.

I.11. Cuando esté previsto conectar las piscinas por canales con compuertas, el diseño de esos canales debería garantizar la contención del agua y permitir la detección, recogida y eliminación de las fugas que se produzcan. Las compuertas deberían diseñarse de modo que resistan las presiones de agua previstas, incluidas las que puedan generarse en condiciones de accidente y por efecto de un terremoto.

I.12. Deberían incluirse indicaciones y alarmas que alerten al personal de la instalación cuando se produzca una disminución no prevista del nivel de agua y cuando se alcance el nivel mínimo de agua requerido.

### **Estructura y configuración**

I.13. La piscina de almacenamiento y otros componentes importantes para la retención del agua de refrigeración deberían diseñarse de modo que resistan tanto las condiciones de los estados operacionales como las condiciones de accidente, incluidos los impactos que puedan producirse por colisiones o por la caída de cargas, sin que tenga lugar una pérdida importante de agua. Además, la piscina de almacenamiento debería diseñarse de modo que se puedan detectar las fugas y efectuar las reparaciones adecuadas o adoptar las medidas correctivas que sean necesarias. Deberían preverse medios para tomar muestras del agua subterránea en la instalación, por ejemplo mediante pozos perforados distribuidos alrededor de esta.

I.14. Cuando en el análisis de la seguridad con respecto a la criticidad se otorgue un crédito por el quemado, debería reducirse al mínimo la posibilidad de que los conjuntos combustibles se descoloquen estableciendo los debidos enclavamientos y procesos administrativos. Para estos casos, el equipo de manipulación de combustible debería tener el diseño apropiado.

I.15. Si se prevé el apilamiento en una instalación de almacenamiento en húmedo, la estabilidad mecánica del combustible gastado y de los bastidores y las cestas de almacenamiento debería estar diseñada para resistir la masa de una pila completa sin una deformación estructural inaceptable. En el diseño del combustible gastado y de los bastidores o las cestas de almacenamiento se deberían tener en cuenta también las cargas estáticas, sísmicas y de impacto.

I.16. La instalación debería diseñarse de modo que el rebosamiento de la piscina de combustible gastado sea imposible.

### **Materiales**

I.17. Los materiales de los siguientes sistemas de la instalación deberían ser compatibles con el agua de la piscina y entre sí, o tener una protección eficaz contra la degradación indebida:

- a) el sistema de contención del combustible gastado, sus estructuras y sus componentes;
- b) los cofres o bastidores de almacenamiento;
- c) los sistemas de agua de refrigeración, sus estructuras y sus componentes;
- d) los sistemas de aporte de agua a la piscina, sus estructuras y sus componentes;
- e) los sistemas de manipulación.

También debería prestarse la debida atención a la posibilidad de lixiviación de sustancias químicas de los materiales al agua de la piscina, y a las posibles implicaciones de la presencia de esos materiales en la piscina.

Debería velarse por que los cofres o los bastidores de almacenamiento no contaminen el agua de la piscina. La facilidad de la operación de descontaminación del equipo expuesto al agua de la piscina o en contacto con ella tiene que ver con la superficie de los materiales utilizados. Cuando especifique los materiales para ese equipo, el diseñador debería velar por que este pueda descontaminarse fácilmente.

I.18. La composición química del agua de la piscina debería ser compatible con la protección de las vainas del combustible gastado, la estructura de la piscina y el equipo de manipulación. Debería mantenerse la transparencia del agua necesaria para el funcionamiento de la piscina.

### **Manipulación**

I.19. El diseño de los sistemas y equipos de manipulación debería ser tal, que no se necesiten lubricantes u otros fluidos o sustancias que puedan degradar la calidad o reducir de otro modo la pureza del agua de la piscina. Si se requieren lubricantes, deberían incluirse en el diseño medidas que impidan su fuga y su mezcla con el agua de la piscina. Las sustancias que se utilicen deberían ser completamente compatibles con el combustible gastado, el equipo y las estructuras de almacenamiento (p. ej., puede utilizarse agua).

I.20. Las herramientas de manipulación huecas que se vayan a utilizar bajo el agua deberían estar diseñadas de modo que se llenen de agua cuando se sumerjan (para mantener el efecto de blindaje del agua) y se vacíen cuando se extraigan del agua.

I.21. El combustible debería manipularse con equipo que reduzca al mínimo la posibilidad de una caída accidental de la carga. La elevación excesiva del combustible gastado o de otros componentes debería estar excluida por las características de diseño o evitarse incorporando enclavamientos específicos para inhibir el movimiento de izado cuando se detecten altos campos de radiación. Esto debería incluir el uso de grúas a prueba de un fallo único y mecanismos de bloqueo positivo en las pinzas y ganchos del conjunto combustible. Los fallos del operador deberían evitarse aplicando el ‘principio de los cuatro ojos’ o utilizando listas de verificación.

### **EXPLOTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO EN HÚMEDO**

I.22. Varias características de la gestión de las piscinas contribuyen a la explotación segura de las instalaciones de almacenamiento en húmedo. Entre ellas se cuentan las operaciones que mantienen los parámetros de diseño y reducen al mínimo la corrosión de las estructuras, sistemas y componentes de las piscinas, y que promueven la protección radiológica, como las que se consignan en el cuadro II-1 del anexo II. La integridad del combustible gastado y de la

geometría necesaria para mantener la subcriticidad y evacuar el calor, así como de las barreras de contención correspondientes, debería mantenerse a lo largo de toda la vida de la instalación y verificarse utilizando los métodos apropiados.

### **Subcriticidad**

I.23. Cuando se emplee boro soluble para el control de la criticidad, deberían aplicarse controles operacionales para mantener las condiciones del agua en los valores especificados de temperatura, pH, oxidorreducción, actividad y otras características físicas y químicas aplicables, a fin de prevenir la dilución del boro.

### **Protección radiológica**

I.24. Los controles operacionales deberían incluir el mantenimiento adecuado de la iluminación bajo el agua y de la transparencia del agua, dos factores importantes para la protección radiológica de los trabajadores que desempeñen tareas dentro o alrededor de la piscina. La posibilidad de realizar las actividades que requieren un examen y/o inspección visual sin necesidad de repetirlas y en un tiempo mínimo reducirá la exposición de los trabajadores.

### **Evacuación del calor**

I.25. Si el agua de la piscina se enfría hasta una temperatura muy baja o hasta que se congela, puede dañarse la estructura de la piscina. Los cambios de temperatura muy rápidos, que superan los límites de diseño, también pueden provocar daños. Estos aspectos relacionados con la evacuación del calor deberían tenerse en cuenta cuando se especifiquen los límites operacionales y se elaboren los procedimientos administrativos.

I.26. Los procedimientos operacionales deberían prever la monitorización de los sistemas de evacuación del calor de la piscina para comprobar que las condiciones operacionales se mantengan dentro de las especificaciones de diseño, lograr la máxima disponibilidad del sistema y evitar las situaciones en que quede completamente fuera de servicio. En caso de deterioro o daño de los sistemas de refrigeración de la piscina, se debería intervenir de inmediato para reestablecer las condiciones de funcionamiento previstas. Además, los procedimientos operacionales deberían ser tales, que se reduzca al mínimo el tiempo que el sistema de refrigeración de la piscina permanezca fuera de servicio a causa de las actividades ordinarias de mantenimiento y/o reparación.

I.27. Las consideraciones relativas a la transferencia de calor pueden adquirir más importancia si el combustible gastado se almacena en condiciones de alta densidad.

### **Contención**

I.28. Deberían aplicarse controles operacionales para evitar la disminución del nivel de agua de la piscina. Tal disminución puede dar lugar, entre otras cosas, a:

- a) mayores campos de radiación y tasas de dosis más elevadas para el personal de operación;
- b) una menor refrigeración del combustible si la reducción del nivel de agua interrumpe o reduce el flujo de agua a los intercambiadores de calor del sistema de refrigeración de la piscina;
- c) un aumento de la temperatura del agua y, por consiguiente, una mayor emisión de material radiactivo al agua debido a la corrosión del combustible gastado y de sus vainas.

I.29. En las instalaciones de almacenamiento en húmedo subterráneas, deberían aplicarse controles operacionales que eviten o reduzcan al mínimo y gestionen la posibilidad de una entrada de agua por filtración, que podría tener por consecuencia:

- a) la dilución del boro en el caso de una piscina moderada, y la posibilidad de un accidente de criticidad si se utiliza boro soluble para el control de la criticidad;
- b) la corrosión y otros efectos de degradación de los materiales importantes para la seguridad.

I.30. La entidad explotadora debería realizar la debida monitorización ordinaria de los parámetros necesarios para poder adoptar medidas de reparación con la tempestividad requerida. Deberían disponerse alarmas que alerten al personal de la instalación en caso de una disminución no prevista del nivel de agua y cuando se alcance el nivel de agua mínimo. Periódicamente deberían tomarse muestras del agua subterránea a través de los pozos perforados situados alrededor de la instalación, y monitorizarse los niveles de actividad.

### **Blindaje**

I.31. Deberían aplicarse controles operacionales que eviten o reduzcan al mínimo la posibilidad de una pérdida de blindaje durante las actividades de la instalación.

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

La pérdida de blindaje puede dar lugar a una alta exposición a la radiación. Los controles operacionales deberían fijar límites para excluir:

- a) el izado del combustible gastado por encima de los límites de diseño durante las operaciones de manipulación en la piscina de almacenamiento;
- b) una profundidad inadecuada del agua de la piscina;
- c) el uso incorrecto de las herramientas en la piscina (p. ej., vacías en lugar de llenas de agua).

### **Caída de cargas**

I.32. Deberían aplicarse controles operacionales para garantizar que sucesos tales como la caída de un cofre no supongan un reto indebido para los sistemas de seguridad de la instalación de almacenamiento. A este respecto, las zonas que suscitan más preocupación son, entre otras:

- a) las situadas entre la esclusa estanca de personal y equipo a la entrada del área de manipulación de cofres y el área de preparación de cofres, y el área de descarga en la piscina;
- b) el área de descarga de la piscina.

La caída de un elemento o conjunto combustible gastado puede causar, entre otras cosas:

- a) daños al combustible gastado y la consiguiente contaminación de la piscina;
- b) daños a la estructura de la piscina y la posible filtración de agua;
- c) un suceso de criticidad, si varios conjuntos combustibles gastados se salen del bastidor y si se produce una deformación de la matriz de combustible gastado o una proximidad indebida entre los conjuntos o matrices de combustible gastado de bastidores adyacentes;
- d) la emisión de productos de fisión gaseosos.

Otro riesgo que puede provocar esta caída es la pérdida de agua de la piscina, ya sea por expulsión directa o por una fuga mayor debida a un daño estructural.

I.33. Deberían aplicarse controles operacionales y dispositivos de seguridad para excluir la posibilidad de que un elemento combustible gastado o un conjunto de elementos combustibles caigan sobre un bastidor de almacenamiento de la piscina durante su transferencia.

## DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO EN SECO

### **Subcriticidad**

I.34. Las cestas y los contenedores para el almacenamiento de combustible gastado deberían diseñarse de modo tal, que durante la carga, la transferencia, el almacenamiento y la recuperación el combustible gastado permanezca en una configuración que tenga una subcriticidad demostrada.

I.35. Las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado en seco deberían diseñarse de modo tal que, o bien se excluya la introducción de un moderador, o se tengan en cuenta las consecuencias que podrían dimanar de la redistribución o la introducción de un moderador debido a un suceso interno o externo.

### **Evacuación del calor**

I.36. La instalación de almacenamiento debería construirse en un lugar para el cual se hayan estudiado debidamente los cambios del clima y el posible aumento conexo de las temperaturas ambientes y/o del nivel de las masas de agua naturales adyacentes a la instalación, y mantenerse de un modo que permita una adecuada disipación del calor. Las características de diseño deberían incluir disposiciones para mantener la refrigeración durante las condiciones meteorológicas adversas, como los vientos fuertes que puedan afectar al funcionamiento de los elementos de diseño para la circulación natural en un cofre de almacenamiento en seco y a los sistemas de circulación y ventilación forzadas de la instalación de almacenamiento.

I.37. En la medida de lo posible, los sistemas de refrigeración para el almacenamiento de combustible gastado en seco deberían ser pasivos y requerir un mantenimiento mínimo. La maximización de las características de diseño pasivas para la evacuación del calor reducirá al mínimo la necesidad de consideraciones relacionadas con las operaciones y la monitorización. Los sistemas pasivos se basan en la transferencia de calor por convección natural, conducción y radiación. Si se emplea la circulación forzada de los refrigerantes, debería demostrarse que es suficientemente fiable en las condiciones normales de funcionamiento y en condiciones de accidente, y que no tiene efectos adversos en los sistemas, estructuras y componentes importantes para la seguridad.

I.38. Cuando la integridad del combustible gastado dependa del medio gaseoso interno del cofre de almacenamiento, el diseño del cofre debería garantizar que

el medio se mantenga durante toda la vida de diseño, o prever la monitorización de la presencia y la calidad del medio y su mantenimiento durante el período de tiempo necesario, según se haya demostrado en la justificación de la seguridad.

### **Contención del material radiactivo**

I.39. La instalación de almacenamiento y los cofres de almacenamiento en seco deberían diseñarse de un modo que facilite la monitorización de la contención del combustible gastado y la detección de los fallos en la contención. Si no se prevé la monitorización continua, debería realizarse una verificación periódica, por observación o mediante mediciones, para cerciorarse de que los sistemas de contención están funcionando satisfactoriamente. Para los cofres de almacenamiento en seco, esto debería incluir la monitorización de la integridad de los sellos en el caso de los diseños de cierre con pernos.

I.40. El diseño de la instalación de almacenamiento debería incorporar barreras de contención para prevenir la emisión de radionucleidos. Esto podría incluir revestimientos o contenedores que sean parte integrante del sistema de almacenamiento en seco.

### **Protección radiológica**

I.41. Las operaciones de carga y descarga del combustible gastado deberían realizarse utilizando equipo y métodos que limiten el ‘resplandor del cielo’ y la reflexión de la radiación sobre los trabajadores y el público.

I.42. La instalación de almacenamiento en seco debería monitorizarse para detectar los aumentos de los campos de radiación gamma y neutrónica que pudieran indicar una degradación de la contención o el blindaje.

I.43. Las zonas de almacenamiento en seco que tengan una probabilidad importante de generar o acumular concentraciones inaceptables de radionucleidos en suspensión en el aire deberían ya sea mantenerse a presiones subatmosféricas para prevenir la propagación de esos radionucleidos a otras zonas de la instalación de almacenamiento de combustible gastado, o ventilarse y dotarse de filtros a fin de mantener las concentraciones de radionucleidos en el aire en niveles aceptables. En el caso de las instalaciones de almacenamiento en seco al aire libre que no utilicen una superestructura o un edificio como mínimo, debería preverse la monitorización de la radiación en los límites del emplazamiento para detectar la presencia de niveles anormales de radionucleidos en la atmósfera.

## Estructura y configuración

I.44. Los cofres de almacenamiento dotados de un revestimiento deberían diseñarse de modo que no pueda acumularse agua entre el revestimiento y el cuerpo del cofre. Las cámaras de almacenamiento y los silos deberían tener características que faciliten el drenaje, a menos que se demuestre que la acumulación de agua no es un problema, porque el calor de decaimiento generado por el combustible gastado es suficiente para evaporar y dispersar el agua que se acumule.

I.45. Si está previsto el apilamiento en una instalación de almacenamiento de combustible en seco, la estabilidad mecánica del combustible gastado y de los cofres o cestas que se utilicen debería diseñarse de modo que resista la masa de una pila completa sin sufrir una deformación estructural inaceptable. El diseño del combustible gastado y de los cofres o cestas debería tomar en consideración las cargas estáticas, sísmicas y de impacto.

I.46. El diseño debería tener en cuenta la facilidad de acceso para facilitar la transferencia del combustible gastado desde y hacia los lugares de almacenamiento durante el funcionamiento normal o en las operaciones de recuperación tras un incidente operacional previsto o un accidente. Debería dejarse suficiente espacio libre en todas las direcciones y por todos los lados para que esté asegurado el acceso necesario.

I.47. Los cofres deberían tener un diseño que les brinde estabilidad y prevenga su volcamiento.

I.48. La zona del sistema de almacenamiento en seco debería estar planificada, y el propio sistema de almacenamiento debidamente sellado, de modo que se prevengan las fugas inaceptables de radionucleidos y/o de gases inertes, y la entrada de agua (moderador) o aire, o de ambos.

I.49. Los cimientos de la zona de almacenamiento en seco deberían ser capaces de soportar el peso de los cofres cargados con combustible gastado y del equipo de manipulación sin un excesivo asentamiento o deterioro.

I.50. El diseño de una instalación abierta de almacenamiento de combustible gastado en seco debería permitir la debida recogida y monitorización del agua de la escorrentía superficial y su tratamiento adecuado.

I.51. Al diseñar una instalación de almacenamiento de combustible gastado en seco debería estudiarse la posibilidad de incluir una celda caliente para la descarga del cofre y para las operaciones posteriores de reembalaje del combustible o de reparación.

I.52. Si no se dispone de una celda caliente o de otros medios para la descarga o las reparaciones, los cofres deberían tener un diseño que permita su mantenimiento o reparación. Como alternativa, se pueden diseñar y mantener de modo que sea posible transportarlos a un lugar donde esos medios estén disponibles.

## **Materiales**

I.53. El sistema de almacenamiento, en particular los cofres de almacenamiento, deberían construirse con materiales adecuados y utilizando las normas y códigos de diseño y los métodos de construcción apropiados, para mantener las funciones de blindaje y contención en las condiciones de almacenamiento y de carga y descarga previstas para toda su vida de diseño, a menos que pueda demostrarse que se aplicarán métodos adecuados de mantenimiento y/o sustitución durante la explotación. Estas condiciones de carga y descarga incluyen la exposición a la atmósfera, la humedad interna y externa, los productos de fisión, las variaciones de temperatura y la acumulación interna de gas y de altos campos de radiación.

I.54. Las normas y códigos industriales utilizados deberían ser aceptables para el órgano regulador. Si éste no los ha aceptado aún, debería aportarse una justificación suficiente de su uso.

I.55. El sistema de almacenamiento en seco, incluidos todos los cierres, especialmente los de los cofres, debería construirse con materiales que ofrezcan estabilidad química y radiológica y una adecuada resistencia a los impactos mecánicos y térmicos.

I.56. La atmósfera del contenedor de almacenamiento de combustible debería secarse debidamente de modo que se establezca y mantenga el entorno gaseoso necesario para proteger la integridad del combustible gastado. El secado de la atmósfera del contenedor garantiza también la adecuada evacuación del agua que pueda haber entrado por arrastre en las barras combustibles dañadas. Esto reduce las posibilidades de nuevos daños o de una degradación adicional del combustible durante la actividad de secado, cuando las temperaturas del combustible pueden ser mayores, y en el almacenamiento ulterior. El mantenimiento del ambiente interno requerido en el contenedor de almacenamiento es también fundamental para preservar la funcionalidad del contenedor, especialmente de los sellos.

Por estos motivos, y a fin de garantizar la recuperabilidad del combustible, el estado del combustible gastado debería caracterizarse correctamente y, si es necesario, analizarse y/o inspeccionarse antes de la carga en el contenedor de almacenamiento.

### **Manipulación**

I.57. El diseño de los cofres que serán portátiles debería prever medios para el izado y la manipulación que reduzcan al mínimo la posibilidad de una caída accidental. Esto debería incluir el uso de grúas a prueba de un fallo único y mecanismos de bloqueo positivo en las abrazaderas de izado. Los mecanismos de izado y manipulación deberían poder resistir las cargas y el uso previstos durante la vida de diseño de los cofres.

I.58. En el caso de las instalaciones de almacenamiento de combustible gastado en seco que incluyan contenedores para los que se requiera blindaje, debería tomarse en consideración la necesidad de manipulación dentro del emplazamiento y de transporte en el exterior.

I.59. Para los cofres de usos múltiples destinados al almacenamiento, el transporte y posiblemente la disposición final después del almacenamiento, deberían preverse en el diseño los medios para su manipulación adecuada al término del período de almacenamiento.

### **EXPLOTACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO EN SECO**

I.60. Para limitar la corrosión, los fenómenos radiolíticos y los problemas de criticidad, el combustible gastado debería secarse en el mayor grado posible antes de su almacenamiento en seco.

I.61. Varios elementos de la gestión de una instalación de almacenamiento de combustible gastado en seco contribuyen a su explotación segura. Algunos de los más importantes se enumeran en el cuadro II-2 del Anexo II. Puesto que, por diseño, las instalaciones de almacenamiento en seco son principalmente pasivas, hay menos consideraciones operacionales específicas que deben tenerse en cuenta que en el caso de las instalaciones de almacenamiento en húmedo.

## **Subcriticidad**

I.62. En la mayoría de los casos, se puede demostrar con argumentos deterministas que las instalaciones de almacenamiento en seco mantienen la subcriticidad. Debería analizarse el efecto de la posible entrada de agua a zonas en que haya combustible almacenado, por ejemplo como consecuencia del cambio climático y del aumento conexo de los niveles de las masas de agua naturales adyacentes a la instalación. Esto puede efectuarse con métodos deterministas o utilizando un análisis probabilista que se base en la consideración de los sucesos ambientales externos o los accidentes causados por el ser humano, combinados con una rotura inducida de las barreras de contención. Además, si el combustible gastado se carga o descarga de un cofre de almacenamiento en seco en el entorno de una piscina, la subcriticidad debería evaluarse presuponiendo la moderación óptima previsible.

## **Evacuación del calor**

I.63. El calor se evacúa de los cofres de combustible gastado y/o de la instalación de almacenamiento por conducción, por radiación y por convección natural o, en algunos casos, forzada. Los controles operacionales deberían consistir en la verificación de que no haya deterioro alguno en el flujo del medio refrigerante. El medio de refrigeración interna de los cofres es típicamente un gas inerte, mientras que el medio de refrigeración externa para el caso del almacenamiento en seco es por lo general el aire. Si es necesario emplear la circulación forzada para evacuar el calor, se requerirán controles operacionales y actividades de mantenimiento adicionales para los sistemas que muevan el aire. La maximización de las características de diseño pasivas para la evacuación del calor reducirá al mínimo la necesidad de consideraciones operacionales.

I.64. Las temperaturas de trabajo deberían monitorizarse para comprobar que el calor de decaimiento del combustible gastado se disipe al medio ambiente y no afecte a la integridad de los materiales importantes para la seguridad.

I.65. En el caso de los cofres que utilicen un medio gaseoso para la refrigeración convectiva interna, debería monitorizarse y mantenerse la calidad y/o la densidad del gas, a menos que el diseño garantice el mantenimiento del medio gaseoso.

## **Contención**

I.66. Cuando los cofres de almacenamiento en seco tengan sistemas de doble sello, debería efectuarse una monitorización para detectar cualquier pérdida de eficacia de alguno de los sellos y de ese modo prevenir la emisión de material radiactivo al medio ambiente. En el caso de los sistemas de sello único y los sistemas de ventilación, se deberían monitorizar las emisiones de materiales radiactivos (p. ej., de Kr 85, Cs 134 y Cs 137).

I.67. Para los sistemas de almacenamiento en seco en cofres que tengan cubiertas de cierre por soldadura, puede no ser necesaria la monitorización.

## **Blindaje**

I.68. Deberían aplicarse controles operacionales para evitar una pérdida de blindaje en el almacenamiento del combustible gastado. La pérdida de blindaje puede conducir a una elevada exposición a la radiación. Concretamente, los controles operacionales deberían reducir, entre otras cosas, la posibilidad de:

- a) errores de manipulación al cerrar o sellar los cofres o contenedores de almacenamiento en seco;
- b) un funcionamiento incorrecto o un fallo en los enclavamientos de protección de las celdas de blindaje;
- c) la fusión del material de blindaje neutrónico debido a las altas temperaturas.

## **Caída de cargas**

I.69. Deberían aplicarse controles operacionales para evitar la caída del combustible gastado durante la transferencia del cofre al bastidor de almacenamiento (o viceversa en el caso de la carga de cofres para el almacenamiento en seco). Una caída de combustible gastado podría causar, entre otras cosas:

- a) defectos parciales en las vainas del combustible gastado, que a su vez provoquen fugas, y, en el caso de la carga de cofres en una piscina de almacenamiento, la contaminación del agua de la piscina por productos de fisión;
- b) la deformación (p. ej., la flexión) o el daño del combustible gastado, que podría causar dificultades en su manipulación posterior;
- c) un aumento de la posibilidad de un accidente de criticidad, si cayera accidentalmente combustible gastado nuevo o con un bajo grado de

**La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.**

quemado cerca de otro combustible gastado que se encuentre en los bastidores de almacenamiento de la piscina;

- d) la exposición de los trabajadores a la radiación debido a la emisión de radionucleidos volátiles.

I.70. Deberían establecerse procesos para evaluar el efecto de una caída de combustible en la integridad de las vainas del combustible caído y en cualquier otra estructura o componente que reciba el impacto de la caída. Los resultados de la evaluación deberían tenerse en cuenta en la gestión futura del combustible que haya sufrido la caída.

## Apéndice II

### CONDICIONES PARA TIPOS ESPECÍFICOS DE COMBUSTIBLE Y CONSIDERACIONES ADICIONALES

#### CONSIDERACIONES GENERALES

II.1. Los tipos de elementos combustibles que pueden tener que almacenarse son muy variados. Las diferencias radican en el tipo de combustible, el enriquecimiento en  $^{235}\text{U}$  del combustible de uranio nuevo, el material de la vaina y la geometría. Tras la irradiación en un reactor, habrá grandes diferencias en la generación de calor, las tasas de dosis gamma y neutrónica y los requisitos para la seguridad en lo que respecta a la criticidad. Al seleccionar un modo de almacenamiento, debería prestarse la debida atención a las propiedades específicas del combustible de que se trate.

#### COMBUSTIBLE MOX

II.2. El combustible fabricado con una mezcla de óxidos de uranio y plutonio reciclado (combustible MOX) se está utilizando cada vez más en los reactores de agua ligera. Aunque las barras y los conjuntos combustibles son esencialmente idénticos, en su estructura y su forma, a los combustibles análogos de óxido de uranio, difieren de estos últimos en su inventario de radionucleidos, su generación sustancialmente mayor de calor de decaimiento y sus mayores tasas de radiación neutrónica. Estas propiedades pueden reducir de manera considerable el número de conjuntos combustibles MOX gastados que pueden cargarse en un cofre de almacenamiento en seco, cuando los tiempos de refrigeración son cortos. Para facilitar el almacenamiento más eficiente del combustible MOX y reducir el número de cofres de almacenamiento en seco necesarios, la entidad explotadora de una instalación de almacenamiento de combustible gastado debería optimizar el tiempo de refrigeración, a fin de que la tasa de generación de calor de decaimiento se reduzca suficientemente antes de que el combustible MOX gastado se cargue en un sistema de almacenamiento en seco.

II.3. La protección contra la criticidad es un requisito importante del diseño. En el análisis de la reactividad nuclear debe prestarse especial atención al vector de nucleidos del plutonio, así como a la especificación de una razón envolvente de plutonio y uranio.

II.4. El combustible MOX gastado puede cargarse entremedio de los conjuntos combustibles de uranio. En tales casos, los conjuntos MOX deberían colocarse sólo en determinadas posiciones para permitir una disipación efectiva del calor y obtener un blindaje adecuado contra la radiación.

II.5. En comparación con el combustible de uranio, la mayor generación de calor, la elevada actividad alfa y la mayor acumulación de productos de fisión gaseosos del combustible MOX gastado imponen tensiones adicionales al material de las vainas. Por consiguiente, para cada tipo de material debería demostrarse la integridad de la vaina antes del almacenamiento, independientemente de que este sea en seco o en húmedo.

#### COMBUSTIBLE CON ALTO GRADO DE QUEMADO

II.6. La mayoría de las medidas de seguridad necesarias para el almacenamiento del combustible MOX se aplican también al almacenamiento de combustibles con alto grado de quemado (que se puede definir como un nivel superior a 55 GW·d/t de uranio para los reactores de agua ligera).

#### CRÉDITO DE QUEMADO

II.7. La utilización de un crédito de quemado en la evaluación de la seguridad significa que se otorga un crédito por la reducción de la reactividad nuclear del combustible gastado como resultado de la fisión. Este criterio difiere de la hipótesis más conservadora que presupone un ‘combustible nuevo’ y, por consiguiente, puede considerarse un enfoque más realista. La decisión de utilizar el crédito de quemado debería justificarse plenamente con datos experimentales exactos, métodos de cálculo aprobados y códigos informáticos contrastados, validados y verificados de conformidad con las normas internacionales. Esto se aplica tanto a los cálculos de determinación del inventario como a los cálculos de la criticidad. Una solicitud de licencia para el almacenamiento de combustible gastado que incluya un crédito de quemado debería respaldarse con una adecuada evaluación de la seguridad que demuestre que se alcanzará el nivel de seguridad requerido.

II.8. La aprobación de la inclusión de un crédito de quemado en la evaluación de la seguridad solo debería concederse si se basa en características de seguridad y controles operacionales previstos en el diseño. Los controles operacionales

ofrecen una defensa en profundidad y contribuyen al mantenimiento de las condiciones subcríticas. El valor mínimo de quemado requerido debería verificarse con una medición independiente.

II.9. La aprobación de la inclusión de un crédito de quemado en la evaluación de la seguridad debería concederse de manera incremental, dando prioridad al examen de los casos sencillos antes de considerar los más complejos, como el del combustible gastado con enriquecimientos mixtos. Esto permitirá acumular la experiencia necesaria con un combustible que puede caracterizarse fácilmente, como el combustible estándar de los reactores de agua a presión.

## COMBUSTIBLE PROCEDENTE DE REACTORES DE INVESTIGACIÓN

II.10. Los aspectos de seguridad básicos del combustible gastado producido en los reactores de potencia se aplican también al almacenamiento del combustible gastado de los reactores de investigación. Se debería aplicar un enfoque graduado adecuado, que tenga en cuenta las diferencias entre los tipos de combustible, y prestar particular atención a los aspectos relacionados específicamente con el almacenamiento del combustible de reactores de investigación, como su menor generación de calor, su mayor enriquecimiento y el uso de materiales de envainado que son menos resistentes a la corrosión.

II.11. La composición del combustible, el material de las vainas y las formas y los tamaños de los conjuntos combustibles difieren considerablemente en los reactores de investigación. En un reactor de este tipo pueden cargarse elementos combustibles diferentes, y por lo tanto se generan distintos tipos de combustibles gastados. Estos pueden comprender, por ejemplo, conjuntos combustibles con vainas de diferentes materiales (p. ej., Al, acero inoxidable o Zr) o compuestos por diferentes combustibles. En algunos reactores de investigación se puede efectuar una reconstitución de un conjunto combustible irradiado (p. ej., mediante la sustitución de las varillas).

II.12. Además de las recomendaciones formuladas en la presente guía de seguridad, es esencial tomar en consideración todos los aspectos relacionados con los conjuntos combustibles específicos que se utilicen en el reactor de investigación.

II.13. Antes del almacenamiento debería realizarse una evaluación detallada de todos los conjuntos combustibles, incluidos los reconstituídos. En el diseño debería preverse debidamente el almacenamiento de los conjuntos combustibles

de reactores de investigación con arreglo a su forma, tamaño y tipo de vaina y a la composición del combustible. También debería preverse en el diseño el almacenamiento seguro de todas las varillas que se hayan extraído en la reconstitución del combustible.

II.14. Debido al mayor enriquecimiento del combustible utilizado en los reactores de investigación, la posibilidad de una criticidad no intencional puede ser más alta. Por lo tanto, el diseño de una instalación de almacenamiento de combustible gastado debería incluir elementos que añadan márgenes adicionales de subcriticidad en el almacenamiento, como se señala en los párrafos 6.33 y 6.34 de la presente guía de seguridad.

II.15. La compatibilidad de las vainas del combustible del reactor de investigación con las condiciones de almacenamiento en húmedo debería evaluarse para garantizar la integridad.

II.16. Puesto que el aluminio y sus aleaciones, que se utilizan ampliamente como materiales para las vainas del combustible de los reactores de investigación, tienen una resistencia a la corrosión relativamente menor, es necesario controlar meticulosamente la composición del agua de la piscina para preservar la integridad de las vainas del combustible. En vista de ello, puede ser preferible, a más largo plazo, optar por el almacenamiento en seco del combustible gastado generado por los reactores de investigación.

II.17. El combustible gastado de los reactores de investigación debería secarse en el mayor grado posible antes de su transferencia al almacenamiento en seco. Para ello puede ser necesario colocarlo en un recipiente con un diseño adecuado y aplicarle un tratamiento específico antes de la transferencia. La instalación de almacenamiento en seco debería estar diseñada de modo que el ambiente en torno al combustible inhiba la corrosión y, de ese modo, elimine la posibilidad de que se emitan radionucleidos al aire o al agua.

## REFERENCIAS

- [1] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° GSR Part 5, OIEA, Viena (2010).
- [2] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Almacenamiento de desechos radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° WS-G-6.1, OIEA, Viena (2009).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Safety of Nuclear Fuel Cycle Facilities, IAEA Safety Standards Series No. NS-R-5, IAEA, Vienna (2008).*
- [4] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Evaluación de la seguridad de las instalaciones y actividades, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° GSR Part 4, OIEA, Viena (2010).
- [5] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Sistema de gestión de instalaciones y actividades, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° GS-R-3, OIEA, Viena (2011).
- [6] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Convención sobre la Protección Física de los Materiales Nucleares, INFCIRC/274/Rev.1 (1980) y su Enmienda (2005).*
- [7] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Recomendaciones de Seguridad Física Nuclear sobre la Protección Física de los Materiales y las Instalaciones Nucleares, (INFCIRC/225/Rev.5), Colección de Seguridad Física Nuclear del OIEA* N° 13, OIEA, Viena (2012).
- [8] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, COMUNIDAD EUROPEA DE LA ENERGÍA ATÓMICA, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y AGRICULTURA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE, *Principios fundamentales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° SF-1, OIEA, Viena (2007).
- [9] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° GSR Part 3 (Interim), OIEA, Viena (2011).
- [10] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Gestión de desechos procedentes de la utilización de materiales radiactivos en medicina, industria, agricultura, investigación y educación, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° WS G-2.7, OIEA, Viena (2009).
- [11] GRUPO INTERNACIONAL ASESOR EN SEGURIDAD NUCLEAR, *Cultura de la Seguridad, Colección Seguridad* N° 75-INSAG-4, OIEA, Viena (1991).

- [12] INTERNATIONAL NUCLEAR SAFETY ADVISORY GROUP, Key Practical Issues in Strengthening Safety Culture, INSAG Series No. 15, IAEA, Vienna (2002).
- [13] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Marco gubernamental, jurídico y regulador para la seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 1*, OIEA, Viena (2010).
- [14] *Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de Desechos Radiactivos*, INFCIRC/546, OIEA, Viena (1998).
- [15] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos, Edición de 2009, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° TS-R-1*, OIEA, Viena (2009).
- [16] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Inspección reglamentaria de las instalaciones nucleares y función coercitiva reglamentaria, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GS-G-1.3*, OIEA, Viena (2008).
- [17] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Documentación empleada en la regulación de las instalaciones nucleares, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GS-G-1.4*, OIEA, Viena (2008).
- [18] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Clausura de instalaciones que utilizan material radiactivo, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-R-5*, OIEA, Viena (2010).
- [19] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Clausura de instalaciones del ciclo del combustible nuclear, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-2.4*, OIEA, Viena, (2010).
- [20] AGENCIA PARA LA ENERGÍA NUCLEAR DE LA OCDE, OFICINA DE COORDINACIÓN DE ASUNTOS HUMANITARIOS DE LAS NACIONES UNIDAS, ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO, ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, *Preparación y respuesta a situaciones de emergencia nuclear o radiológica, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GS-R-2*, OIEA, Viena (2004).
- [21] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *The Management System for the Processing, Handling and Storage of Radioactive Waste*, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-3.3, IAEA, Vienna (2008).
- [22] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Control reglamentario de las descargas radiactivas al medio ambiente, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-2.3*, OIEA, Viena (2007).
- [23] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Evaluación del emplazamiento de instalaciones nucleares, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° NS-R-3*, OIEA, Viena (2010).
- [24] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants*, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-3.1, IAEA, Vienna (2002).

- [25] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Dispersion of Radioactive Material in Air and Water and Consideration of Population Distribution in Site Evaluation for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-3.2, IAEA, Vienna (2002).
- [26] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, IAEA Safety Standards Series No. SSG-9, IAEA, Vienna (2010).
- [27] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, IAEA Safety Standards Series No. SSG-18, IAEA, Vienna (2011).
- [28] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-3.6, IAEA, Vienna (2004).
- [29] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection Aspects of Design for Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-1.13, IAEA, Vienna (2005).
- [30] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos de actividad alta, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° WS-G-2.6, OIEA, Viena (2009).
- [31] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Protection against Internal Fires and Explosions in the Design of Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-1.7, IAEA, Vienna (2004).
- [32] ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA, *Liberación de los emplazamientos del control reglamentario después de la finalización de las prácticas, Colección de Normas de Seguridad del OIEA* N° WS-G-5.1, OIEA, Viena (2010).

La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

## Anexo I

### ALMACENAMIENTO A CORTO Y A LARGO PLAZO

#### ALMACENAMIENTO A CORTO PLAZO

En la presente guía de seguridad, se define como almacenamiento a corto plazo (almacenamiento convencional) aquel que dura un máximo de 50 años aproximadamente, ya que este período es representativo de:

- a) la vida de diseño típica de las estructuras e instalaciones de almacenamiento convencionales;
- b) el período durante el cual se puede tener una seguridad razonable de que la entidad explotadora contará con fondos suficientes para seguir funcionando;
- c) el tiempo de duración de la experiencia reguladora convencional;
- d) el tiempo requerido para producir suficiente material como para que su procesamiento resulte económico (para el almacenamiento provisional o intermedio);
- e) el período durante el cual se conservan los desechos a la espera de que se desarrollen plantas de tratamiento y acondicionamiento, por ejemplo una planta de encapsulamiento del combustible (para el almacenamiento provisional);
- f) el tiempo necesario para decidir si el material es un recurso o un desecho y desarrollar las técnicas de procesamiento necesarias (para el almacenamiento estratégico o provisional).

Para satisfacer las consideraciones de seguridad, un concepto de almacenamiento a corto plazo debe incluir un punto final que se alcance en un período de aproximadamente 50 años. Si ello no fuera posible, las consideraciones de seguridad deberían compararse con las que se aplican a una instalación de almacenamiento de desechos a largo plazo.

#### ALMACENAMIENTO A LARGO PLAZO

En la presente guía de seguridad se considera que el almacenamiento a largo plazo es aquel que supera los 50 años aproximadamente y tiene un punto final definido. El punto final del almacenamiento es importante, porque proporciona la base para la vida de diseño de la instalación, los requisitos de embalaje y las garantías financieras, y para la planificación de las instalaciones

## La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

de disposición final subsiguientes. No está previsto que el almacenamiento a largo plazo dure más de 100 años aproximadamente. Este marco cronológico se basa en la experiencia técnica con la construcción civil. Sin embargo, es un hecho que muchos análogos industriales y civiles tienen vidas útiles de 100 a 150 años o más. Los análogos arqueológicos pueden tener tiempos de vida de 1000 a 2000 años. La aceptación social de las vidas de diseño más largas, que se basa en la experiencia con las operaciones e instalaciones industriales existentes, es otro factor importante que se ha de tener en cuenta. El período de 100 años se considera adecuado a fin de disponer del tiempo suficiente para determinar los pasos futuros en la gestión del combustible.

## Anexo II

### CONSIDERACIONES OPERACIONALES Y DE SEGURIDAD PARA LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO EN HÚMEDO Y EN SECO DEL COMBUSTIBLE GASTADO

CUADRO II-1. CONSIDERACIONES OPERACIONALES Y DE SEGURIDAD PARA UNA INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO EN HÚMEDO DEL COMBUSTIBLE GASTADO

| Elemento   | Funciones de seguridad aplicables   |
|--|---|
| 1. Control de la cantidad de combustible gastado cargada en la piscina, teniendo en cuenta el calor de decaimiento, la reactividad nuclear y las cargas estáticas del piso | Subcriticidad, evacuación del calor   |
| 2. Protección de los pisos y las paredes de la piscina contra las cargas de impacto  | Contención, protección radiológica, integridad estructural de los conjuntos combustibles gastados |
| 3. Control del agua de la piscina (actividad específica, temperatura, composición química)   | Contención, protección radiológica, integridad estructural de los conjuntos combustibles gastados |
| 4. Control del nivel de agua de la piscina   | Protección radiológica, protección contra el calor  |
| 5. Mantenimiento de los sistemas de ventilación  | Contención  |
| 6. Mantenimiento de los sistemas de evacuación del calor de la piscina   | Contención, evacuación del calor  |
| 7. Mantenimiento del equipo de manipulación  | Protección radiológica, contención, integridad estructural de los conjuntos combustibles gastados |
| 8. Mantenimiento de la iluminación bajo el agua  | Protección radiológica  |
| 9. Controles administrativos para prevenir la colocación del combustible en lugares equivocados  | Subcriticidad   |
| 10. Integridad del combustible gastado   | Protección radiológica  |

CUADRO II-2. CONSIDERACIONES OPERACIONALES Y DE SEGURIDAD PARA UNA INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO EN SECO DEL COMBUSTIBLE GASTADO

| Elemento  | Funciones de seguridad aplicables   |
|---|---|
| 1. Control del tipo y la cantidad de combustible gastado presente en los compartimentos de almacenamiento   | Subcriticidad, evacuación del calor   |
| 2. Monitorización de los campos de radiación gamma y neutrónica cerca del lugar en que se encuentra el combustible gastado en la zona de almacenamiento       | Protección radiológica  |
| 3. Monitorización de la evacuación del calor del combustible gastado y de su disipación al medio ambiente   | Evacuación del calor, protección radiológica, contención, integridad estructural de los conjuntos combustibles gastados |
| 4. Monitorización directa de la integridad de la contención del combustible gastado (si el diseño lo permite)   | Protección radiológica, contención  |
| 5. Monitorización indirecta de la atmósfera en los volúmenes y/o espacios de la instalación que contienen cofres de combustible gastado sellados (si los hay) | Protección radiológica, contención, integridad estructural de los conjuntos combustibles gastados                       |
| 6. Mantenimiento y monitorización del gas inerte de los cofres sellados (si los hay y si el diseño lo permite)  | Evacuación del calor, integridad del combustible gastado  |

### Anexo III

#### **EJEMPLO DE LAS SECCIONES QUE SE PUEDEN INCLUIR EN LOS PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES DE UNA INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE GASTADO**

Las siguientes son, a título de ejemplo, algunas secciones que se podrían incluir en los procedimientos operacionales de una instalación de almacenamiento de combustible gastado:

- a) título descriptivo, con el número de revisión, la fecha y el estado de la aprobación;
- b) propósito del procedimiento;
- c) condiciones iniciales requeridas para que se pueda utilizar el procedimiento;
- d) precauciones y limitaciones que se deben observar;
- e) limitaciones y niveles de acción de los parámetros que se controlan (p. ej., de la composición del agua de la piscina) y medidas correctivas para restablecer los valores normales de esos parámetros;
- f) procedimientos con instrucciones de trabajo perfectamente detalladas, descritas paso por paso;
- g) criterios de aceptación, cuando proceda, para juzgar el éxito o el fracaso de las actividades;
- h) listas de verificación para los procedimientos complejos, ya sea incluidas expresamente o referenciadas;
- i) referencias utilizadas para elaborar el procedimiento;
- j) ensayos para verificar los niveles de dosis de radiación y el funcionamiento de la evacuación del calor después de la carga del combustible gastado;
- k) monitorización de los pozos perforados alrededor de la instalación;
- l) monitorización de la descarga de las pilas.

## Anexo IV

### PUBLICACIONES CONEXAS DE LA COLECCIÓN DE NORMAS DE SEGURIDAD DEL OIEA

#### Nociones Fundamentales de Seguridad

- *Principios fundamentales de seguridad, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° SF-1*

#### Requisitos de Seguridad

- *Gestión previa a la disposición final de desechos radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 5*
- *Seguridad de las centrales nucleares: Diseño, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N°SSR 2/1*
- *Safety of Nuclear Fuel Cycle Facilities, IAEA Safety Standards Series No. NS-R-5*
- *Sistema de gestión de instalaciones y actividades, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GS-R-3*
- *Evaluación de la seguridad de las instalaciones y actividades, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° GSR Part 4*

#### Guías de Seguridad

- *Almacenamiento de desechos radiactivos, Colección de Normas de Seguridad del OIEA N° WS-G-6.1*
- *The Management System for the Processing, Handling and Storage of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. GS-G-3.3*

## Anexo V

### CONDICIONES, PROCESOS Y SUCESOS DEL EMPLAZAMIENTO QUE SE HAN DE CONSIDERAR EN UNA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD (FENÓMENOS NATURALES EXTERNOS)

Al hacer uso de la presente lista, se debe tener en cuenta que los sucesos iniciadores incluidos no se aplicarán necesariamente a todas las instalaciones ni a todos los emplazamientos:

- 1) La meteorología y climatología del emplazamiento y de la región:
  - i) Precipitación (promedios y valores extremos, incluidas la frecuencia, duración e intensidad):
    - Lluvia, granizo, nieve y hielo;
    - Cubierta de nieve y cubierta de hielo (incluida la posibilidad de obturación de las entradas o salidas);
    - Sequía.
  - ii) Viento (promedios y valores extremos, incluidas la frecuencia, duración e intensidad):
    - Tornados, huracanes y ciclones.
  - iii) Tasa y duración de la entrada de radiación solar directa (insolación, promedios y valores extremos).
  - iv) Temperatura (promedios y valores extremos, incluidas la frecuencia y duración):
    - Permafrost y la congelación y el deshielo cíclicos del suelo.
  - v) Presión barométrica (promedios y valores extremos, incluidas la frecuencia y duración).
  - vi) Humedad (promedios y valores extremos, incluidas la frecuencia y duración):
    - Niebla y escarcha.
  - vii) Descargas eléctricas (frecuencia e intensidad).
- 2) La hidrología e hidrogeología del emplazamiento y de la región:
  - i) Escorrentía superficial (promedios y valores extremos, incluidas la frecuencia, duración e intensidad):
    - Inundaciones (frecuencia, duración e intensidad);
    - Erosión (tasa).
  - ii) Condiciones del agua subterránea (promedios y valores extremos, incluidas la frecuencia y duración).
  - iii) Acción de las olas (promedios y valores extremos, incluidas la frecuencia, duración e intensidad):
    - mareas altas, marejadas de tempestad y maremotos;

- Inundaciones (frecuencia, duración e intensidad);
  - Erosión de las costas (tasa).
- 3) La geología del emplazamiento y de la región:
  - i) Litología y estratigrafía:
    - Características geotécnicas de los materiales del emplazamiento.
  - ii) Sismicidad:
    - Fallas y zonas de debilidad;
    - Terremotos (frecuencia e intensidad).
  - iii) Vulcanología:
    - Cenizas y derrubios volcánicos.
  - iv) Actividad minera y extractiva histórica:
    - Subsistencia del suelo.
- 4) La geomorfología y topografía del emplazamiento:
  - i) Estabilidad de los materiales naturales:
    - Inestabilidades de laderas, deslizamientos gravitatorios y subsidencia;
    - Avalanchas.
  - ii) Erosión superficial.
  - iii) Efectos del terreno (topografía) en las condiciones meteorológicas o en las consecuencias de los fenómenos meteorológicos extremos.
- 5) La flora y fauna terrestre y acuática del emplazamiento (en lo que respecta a sus efectos en la instalación):
  - i) Vegetación (terrestre y acuática):
    - Obturación de entradas y salidas;
    - Daños a estructuras.
  - ii) Roedores, aves y otra fauna silvestre:
    - Daños directos por excavación, masticación, etc.;
    - Acumulación de restos de la construcción de nidos, guano, etc.
- 6) La posibilidad de:
  - i) Explosiones e incendios de origen natural en el emplazamiento.
  - ii) Acumulación de gas metano o de gases tóxicos naturales (dimanantes de pantanos o vertederos).
  - iii) Tempestades de polvo o arena (incluida la posible obturación de entradas y salidas).

## Anexo VI

### CONDICIONES, PROCESOS Y SUCESOS DEL EMPLAZAMIENTO QUE SE HAN DE CONSIDERAR EN UNA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD (FENÓMENOS ANTROPÓGENOS EXTERNOS)

Al hacer uso de la presente lista, se debe tener en cuenta que los sucesos iniciadores incluidos no se aplicarán necesariamente a todas las instalaciones ni a todos los emplazamientos:

- 1) Explosión:
  - i) Sustancia sólida;
  - ii) Nube de gas, polvo o aerosoles.
- 2) Incendio:
  - i) Sustancia sólida;
  - ii) Sustancia líquida;
  - iii) Nube de gas, polvo o aerosoles.
- 3) Accidente aéreo.
- 4) Misiles generados como consecuencia de fallos estructurales o mecánicos en instalaciones cercanas.
- 5) Inundación:
  - i) Fallo estructural de una presa;
  - ii) Bloqueo de un río.
- 6) Subsistencia o colapso del terreno por la construcción de túneles o la actividad minera.
- 7) Vibración del suelo.
- 8) Emisión de sustancias corrosivas, tóxicas y/o radiactivas:
  - i) Líquidos;
  - ii) Nube de gas, polvo o aerosoles.
- 9) Datos geográficos y demográficos:
  - i) Densidad de población y cambios previstos durante la vida de la instalación;
  - ii) Instalaciones industriales y militares y actividades conexas, y efectos en la instalación de almacenamiento de los accidentes que puedan ocurrir en dichas instalaciones;
  - iii) Tráfico;
  - iv) Infraestructura de transporte (autovías, aeropuertos y/o trayectorias de vuelo, líneas de ferrocarril, ríos y canales, tuberías y posibilidad de impactos o accidentes que entrañen materiales peligrosos).

La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

- 10) Suministro de energía eléctrica y posibilidad de cortes de electricidad.
- 11) Disturbios civiles:
  - i) Terrorismo, sabotaje e incursiones en el perímetro;
  - ii) Fallos de la infraestructura;
  - iii) Desórdenes públicos;
  - iv) Huelgas y bloqueos;
  - v) Problemas sanitarios (p. ej., enfermedades endémicas o epidemias).

## Anexo VII

### **SUCESOS INICIADORES POSTULADOS QUE SE HAN DE CONSIDERAR EN UNA EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD (FENÓMENOS INTERNOS)**

Al hacer uso de la presente lista, se debe tener en cuenta que los sucesos iniciadores incluidos no se aplicarán necesariamente a todas las instalaciones ni a todos los emplazamientos:

- 1) La aceptación (inadvertida o no) de combustible gastado, contenedores de combustible gastado, productos químicos de proceso, agentes acondicionadores y otros productos entrantes que no cumplan las especificaciones (los criterios de aceptación) de la base de diseño.
- 2) El procesamiento de combustible gastado que cumpla los criterios de aceptación pero que posteriormente reciba (inadvertidamente o no) un tratamiento no adecuado para ese tipo particular de combustible.
- 3) Un suceso de criticidad causado por la acumulación indebida de material fisible, un cambio en la configuración geométrica, la introducción de material moderador, la extracción de material absorbente de neutrones o diferentes combinaciones de estos factores.
- 4) Una explosión debida al desprendimiento de mezclas de gases explosivos como consecuencia de:
  - i) La radiólisis.
  - ii) La emisión de efluentes gaseosos o la volatilización.
  - iii) Reacciones químicas por mezcla o contacto inadecuados con:
    - corrientes diferentes de combustible gastado;
    - combustible gastado y agentes de acondicionamiento;
    - materiales de los cofres de combustible gastado y agentes de acondicionamiento;
    - productos químicos de proceso;
    - combustible gastado, cofres de combustible gastado, agentes de acondicionamiento, productos químicos de proceso, y las condiciones reinantes en el entorno de trabajo o de almacenamiento.
  - iv) La inclusión de elementos tales como botellas de aire comprimido en el material que se introduce en los incineradores o compactadores.
- 5) Incendios causados por:
  - i) Combustión espontánea;
  - ii) ‘Puntos calientes’ locales generados por el funcionamiento incorrecto de estructuras, sistemas o componentes;

- iii) Chispas producidas por la maquinaria, el equipo o los circuitos eléctricos;
  - iv) Chispas debidas a actividades humanas como la soldadura o el hecho de fumar;
  - v) Explosiones.
- 6) Incompatibilidades totales entre los componentes de un sistema de proceso y los materiales introducidos en él.
  - 7) La degradación de los materiales de proceso (productos químicos, aditivos o pegamentos) debido a la manipulación o el almacenamiento incorrectos.
  - 8) La no consideración de los peligros no radiológicos (físicos, químicos o patógenos) que plantea el combustible gastado.
  - 9) La generación de una atmósfera tóxica por reacciones químicas debidas a la mezcla o el contacto inadecuados de diversos reactivos y materiales.
  - 10) La caída de elementos combustibles gastados u otras cargas debido a la manipulación incorrecta o a fallos del equipo, con consecuencias para los elementos combustibles gastados que sufren la caída y posiblemente para otros elementos combustibles gastados o para las estructuras, sistemas y componentes de la instalación.
  - 11) Colisiones de vehículos o de cargas suspendidas con estructuras, sistemas y componentes de la instalación o con elementos combustibles gastados, cofres de combustible gastado y tuberías.
  - 12) Fallos de las estructuras, sistemas y componentes causados por:
    - i) Una pérdida de la integridad estructural o mecánica;
    - ii) Vibraciones que tengan su origen dentro de la instalación;
    - iii) Desequilibrios de presión (aumentos bruscos o colapsos de la presión);
    - iv) Corrosión interna o erosión, o los efectos químicos del entorno de trabajo o de almacenamiento.
  - 13) La generación de misiles y restos proyectados por la explosión de componentes presurizados o el fallo catastrófico de un equipo rotatorio.
  - 14) Un funcionamiento incorrecto del equipo de calefacción o refrigeración que produzca excursiones no previstas de la temperatura en los sistemas de proceso o de almacenamiento.
  - 15) El funcionamiento incorrecto del equipo de control de procesos.
  - 16) El funcionamiento incorrecto del equipo que mantiene las condiciones ambientales en la instalación, como el sistema de ventilación o el sistema de eliminación de agua.
  - 17) Un funcionamiento incorrecto de los sistemas de monitorización o alarma que permita que las condiciones adversas pasen desapercibidas.
  - 18) Ajustes incorrectos (errores o modificaciones no autorizadas) en monitores, alarmas o equipos de control.

**La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.**

- 19) El no funcionamiento del equipo de emergencia, como el sistema de extinción de incendios, las válvulas de seguridad y los conductos de alivio de la presión, cuando se necesite.
- 20) El fallo del suministro de energía eléctrica, ya sea del sistema central o de los diversos subsistemas.
- 21) El funcionamiento incorrecto de elementos fundamentales del equipo para la manipulación del combustible gastado, como las grúas de transferencia o las bandas transportadoras.
- 22) El funcionamiento incorrecto de estructuras, sistemas y componentes que controlan las emisiones al medio ambiente, como los filtros o válvulas.
- 23) La falta de una adecuada labor de inspección, ensayo y mantenimiento de las estructuras, sistemas y componentes.
- 24) Una acción incorrecta por parte de un operador debido a que la información disponible es inexacta o incompleta.
- 25) Una acción incorrecta por parte de un operador a pesar de la existencia de información exacta y completa.
- 26) El sabotaje por los empleados.
- 27) Un fallo de sistemas y componentes, como los revestimientos del incinerador, el sistema hidráulico del compactador o la maquinaria de corte, que plantee el riesgo de un aumento importante de la exposición a la radiación del personal que deba ayudar a efectuar las reparaciones o sustituciones.
- 28) El descubrimiento de una fuente de radiación no prevista (p. ej., diferente en su naturaleza o magnitud) durante la clausura, con el reconocimiento inmediato de las circunstancias modificadas.
- 29) La retirada o el debilitamiento de una estructura o componente durante la clausura sin advertir sus posibles efectos en la integridad estructural de otras estructuras y componentes.

La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

## COLABORADORES EN LA REDACCIÓN Y LA REVISIÓN

|                |   |
|----------------|---|
| Carreton, J.P. | Instituto de Radioprotección y Seguridad Nuclear<br>(Francia)                     |
| Codée, H.D.K.  | Organización Central para Desechos Radiactivos<br>(Países Bajos)                  |
| Dolinar, G.    | Atomic Energy of Canada Ltd. (Canadá)   |
| Fisher, C.     | United Kingdom Nirex (Reino Unido)  |
| Jones, G.      | Organismo Internacional de Energía Atómica  |
| Hanaki, I.     | Organismo de Seguridad Nuclear e Industrial (Japón)                               |
| Hedberg, B.    | Inspección Sueca de Energía Nuclear (Suecia)                                      |
| Lietava, P.    | Oficina Estatal de Seguridad Nuclear<br>(República Checa)                         |
| Maruoka, K.    | Organización de Seguridad de la Energía Nuclear<br>del Japón (Japón)              |
| Metcalf, P.E.  | Organismo Internacional de Energía Atómica  |
| Raicevic, J.   | Organismo Internacional de Energía Atómica  |
| Regan, C.M.    | Comisión Reguladora Nuclear<br>(Estados Unidos de América)                        |
| Rowat, J.H.    | Organismo Internacional de Energía Atómica  |
| Selling, H.    | Ministerio de Vivienda, Planificación Espacial<br>y Medio Ambiente (Países Bajos) |
| Shirai, K.     | Instituto Central de Investigación de la Industria<br>Eléctrica (Japón)           |
| Warnecke, E.   | Organismo Internacional de Energía Atómica  |

La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

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

Los miembros corresponsales se indican con un asterisco. Estos miembros reciben borradores para formular comentarios, así como otra documentación, pero, en general, no participan en las reuniones. Dos asteriscos indican 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.; *China:* Liu Hua; *Corea, República de:* Choul-Ho Yun; *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; *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.; *Magnusson, S. (RASSC); OIEA:* Delattre, D. (Coordinador); *Pather, T. (WASSC); Presidentes del Comité sobre Normas de Seguridad:* Brach, E.W. (TRANSSC); *Vaughan, G.J. (NUSSC).*

### Comité sobre Normas de Seguridad Nuclear

*Alemania:* Weidenbrück, K.; *\*Argelia:* Merrouche, D.; *Argentina:* Waldman, R.; *Australia:* Ward, J.; *Austria:* Sholly, S.; *Bélgica:* De Boeck, B.; *Brasil:* Gromann, A.; *\*Bulgaria:* Vlahov, N.; *Canadá:* Rzentkowski, G.; *China:* Li, Jingxi; *\*Chipre:* Demetriades, P.; *Corea, República de:* Lee, S.; *Croacia:* Medakovič, S.; *Egipto:* Ibrahim, M.; *Emiratos Árabes Unidos:* Grant, I.; *Eslovaquia:* Uhrík, P.; *Eslovenia:* Vojnovič, D.; *España:* Zarzuela, J.; *Estados Unidos de América:* Case, M.; *Federación de Rusia:* Stroganov, A.; *Finlandia:* Järvinen, M.-L.; *Francia:* Feron, F. (Presidencia); *\*Grecia:* Nikolaou, G.; *Hungría:* Adorján, F.; *India:* Vaze, K.; *\*Indonesia:* Antariksawan, A.; *Irán, República Islámica del:* Mataji Kojouri, N.; *Israel:* Harari, R.; *Italia:* Matteocci, L.; *Japón:* Maki, S.; *Libia:* Abulagassem, O.; *Lituania:* Šlepavičius, S.; *Malasia:* Azlina Mohammed Jais;

*Marruecos*: Soufí, I.; *México*: Carrera, A.; *Pakistán*: Mansoor, F.; *Panamá*: Gibbs, E.; *Polonia*: Kielbasa, W.; *Reino Unido*: Hart, A.; *República Checa*: Vesely, J.; *Rumania*: Ciurea-Ercau, C.; *Suecia*: Hallman, A.; *Suiza*: Flury, P.; *\*Tailandia*: Siripiom, L.; *\*Turquía*: Kilinc, B.; *Ucrania*: Gromov, G.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE*: Reig, J.; *Asociación Nuclear Mundial*: Fröhmel, T.; *Comisión Electrotécnica Internacional*: Bouard, J.-P.; *Comisión Europea*: Vigne, S.; *ENISS*: Bassing, G.; *OIEA*: Svab, M. (Coordinador); *Organización Internacional de Normalización*: Sevestre, B.

### **Comité sobre Normas de Seguridad Radiológica**

*Alemania*: Helming, M.; *\*Argelia*: Chelbani, S.; *Argentina*: Massera, G. (Presidencia), *\*\*Gregory*, B.; *Australia*: Topfer, H.; *\*Austria*: Karg, V.; *Bélgica*: van Bladel, L.; *Brasil*: Da Hora Marechal, M.H.; *\*Bulgaria*: Katzarska, L.; *Canadá*: Thompson, P.; *China*: Yang, H.; *\*Chipre*: Demetriades, P.; *Corea*, *República de*: Rho, S.; *Croacia*: Kralik, I.; *Dinamarca*: Øhlenschläger, M.; *Egipto*: Hamed Osman, A.; *Emiratos Árabes Unidos*: Loy, J.; *Eslovaquia*: Jurina, V.; *Eslovenia*: Sutej, T.; *España*: Álvarez, C.; *Estados Unidos de América*: McDermott, B.; *Federación de Rusia*: Mikhenko, S.; *Finlandia*: Markkanen, M.; *Francia*: Godet, J.-L.; *\*Grecia*: Kamenopoulou, V.; *Hungría*: Koblinger, L.; *India*: Sharma, D.N.; *\*Indonesia*: Rusdian, Y.; *Irán*, *República Islámica del*: Kardan, M.R.; *Irlanda*: Pollard, D.; *Israel*: Koch, J.; *Italia*: Bologna, L.; *Japón*: Nagata, M.; *Libia*: El-Fawaris, B.; *Lituania*: Mastauskas, A.; *Malasia*: Mishar, M.; *México*: Delgado Guardado, J.; *Noruega*: Saxebol, G.; *Nueva Zelanda*: Cotterill, A.; *Países Bajos*: Vermeulen, T.; *Pakistán*: Nasim, B.; *Panamá*: Gibbs, E.; *Perú*: Ramírez Quijada, R.; *Polonia*: Merta, A.; *Reino Unido*: Temple, C.; *República Checa*: Petrova, K.; *Rumania*: Preoteasa, A.; *Sudáfrica*: Tselane, T.J.; *Suecia*: Hägg, A.; *Suiza*: Leupin, A.; *\*Tailandia*: Suntarapai, P.; *\*Turquía*: Celik, P.; *Ucrania*: Pavlenko, T.; *Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE*: Lazo, T.E.; *Asociación Internacional de Protección Radiológica*: Kase, K.; *Asociación internacional de suministradores y productores de fuentes*: Fasten, W.; *Asociación Nuclear Mundial*: Saint-Pierre, S.; *Comisión Europea*: Janssens, A.; *Comisión Internacional de Protección Radiológica*: Clement, C.; *Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas*: Crick, M.; *Normativa Europea de Seguridad de las Instalaciones Nucleares*: Lorenz, B.; *Oficina Internacional del Trabajo*: Niu, S.; *OIEA*: Colgan, P.A. (Coordinador); *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*: Byron, D.; *Organización Internacional de Normalización*: Rannou, A.; *Organización Mundial de la Salud*: Peres, M.; *Organización Panamericana de la Salud*: Jiménez, P.

### Comité sobre Normas de Seguridad en el Transporte

*Alemania*: Richartz, M., \*\*Nitsche, F.; *Argelia*: Herrati, A.; *Argentina*: López Vietri, J.; *Australia*: Sarkar, S.; *Austria*: Kirchnawy, F.; *Bélgica*: Lourtie, G.; *Brasil*: Xavier, A. M.; *\*Bulgaria*: Bakalova, A.; *Canadá*: Faille, S.; *China*: Xiaoping, Li; *\*Chipre*: Demetriades, P.; *Corea, República de*: Cho, D.; *Croacia*: Ilijas, B.; *Egipto*: Nada, A.; *España*: Zamora, F.; *Estados Unidos de América*: Boyle, R.W.; \*\*Brach, E.W. (Presidencia); \*\*Weaver, D.; *Federación de Rusia*: Buchelnikov, A., \*\*Ershov, V., \*\*Anikin, A.; *Finlandia*: Lahkola, A.; *Francia*: Kueny, L., \*\*Sert, G.; *\*Grecia*: Vogiatzi, S.; *Hungría*: Sáfár, J.; *India*: Singh, K.; *\*Indonesia*: Sinaga, D.; *Irán, República Islámica del*: Eshraghi, A.; *Irlanda*: Duffy, J.; *Italia*: Trivelloni, S.; *Japón*: Kojima, S.; *Lituania*: Statkus, V.; *Malasia*: Mohd Sobari, M.P.; \*\*Hussain, 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*: Muneer, M.; *Panamá*: Francis, D.; *\*Polonia*: Dziubiak, T.; *Reino Unido*: Sallit, G.; *República Checa*: Ducháček, V.; *Sudáfrica*: Mohajane, P., \*\*Hinrichsen, P., \*\*Mmutle, N.; *Suecia*: Zika, H.; *Suiza*: Koch, F.; *\*Tailandia*: Jerachanchai, S.; *\*Turquía*: Türkes Yilmaz, S.; *Ucrania*: Kutuzova, T.; *Asociación de Transporte Aéreo Internacional*: Brennan, D.; *Asociación Internacional de Suministradores y Productores de Fuentes*: Miller, J.J.; *Asociación Nuclear Mundial*: Gorlin, S.; *Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa*: Kervella, O.; *Comisión Europea*: Binet, J.; *Instituto Mundial de Transporte Nuclear*: Neau, H.J.; *OIEA*: Stewart, J.T. (Coordinador); *Organización de Aviación Civil Internacional*: Rooney, K.; *Organización Internacional de Normalización*: Malesys, P.; *Unión Postal Universal*: Bowers, D.G.

### Comité sobre Normas de Seguridad de los Desechos

*Alemania*: Götz, C.; *\*Argelia*: Ghezal, A.; *Argentina*: Lee Gonzales, H.A.; *Australia*: Williams, G. (Presidencia); *\*Austria*: Fischer, H.; *Bélgica*: Blommaert, W.; *Brasil*: De Souza Ferreira, R.; *\*Bulgaria*: Alexiev, A.; *Canadá*: Howard, D.; *China*: Zhimin Qu; *Chipre*: Demetriades, P.; *Corea, República de*: Park, W.-J.; *Croacia*: Trifunovic, D.; *Dinamarca*: Hannesson, H.; *Egipto*: Abdel-Geleel, M.; *Eslovaquia*: Homola, J.; *Eslovenia*: Kroselj, V.; *España*: López de la Higuera, J.; *Estados Unidos de América*: Camper, L.; *Federación de Rusia*: Polyakov, Y.; *Finlandia*: Hutri, K.; *Francia*: Evrard, L.; *\*Grecia*: Mitrakos, D.; *Hungría*: Molnár, B.; *India*: Rana, D.; *\*Indonesia*: Wisnubroto, D.; *Irán, República Islámica del*: Sebteahmadi, S.; *Iraq*: Al-Janabi, M.; *Israel*: Torgeman, S.; *Italia*: Dionisi, M.; *Japón*: Shiozaki, M.; *Libia*: Gremida, K.;

*Lituania: Paulikas, V.; Malasia: Hassan, H.; \*Marruecos: Bouanani, A.; México: Aguirre Gómez, J.; Noruega: Lystad, R.; \*Nueva Zelandia: Cotterill, A.; Países Bajos: van der Shaaf, M.; Pakistán: Mannan, A.; Panamá: Fernández, M.A.; Polonia: Skrzeczkowska, M.; Reino Unido: Chandler, S.; República Checa: Lietava, P.; Rumania: Rodna, A.; Sudáfrica: Mosoeunyane, S.; Suecia: Hedberg, B.; Suiza: Altorfer, F.; \*Tailandia: Supaokit, P.; \*Turquía: Ünver, Ö.; Ucrania: Kondratyev, S.; 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-FORATOM: Nocture, P.; OIEA: Siraky, G. (Coordinador); Organización Internacional de Normalización: James, M.*

La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.



**IAEA**

Organismo Internacional de Energía Atómica

Nº 25

## PEDIDOS DE PUBLICACIONES

En los siguientes países, 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.

### ALEMANIA

***Goethe Buchhandlung Teubig GmbH***

Schweitzer Fachinformationen

Willstätterstrasse 15, 40549 Dusseldorf, ALEMANIA

Teléfono: +49 (0) 211 49 874 015 • Fax: +49 (0) 211 49 874 28

Correo electrónico: [kundenbetreuung.goethe@schweitzer-online.de](mailto:kundenbetreuung.goethe@schweitzer-online.de) • Sitio web: [www.goethebuch.de](http://www.goethebuch.de)

### CANADÁ

***Renouf Publishing Co. Ltd***

22-1010 Polytek Street, Ottawa, ON K1J 9J1, CANADÁ

Teléfono: +1 613 745 2665 • Fax: +1 643 745 7660

Correo electrónico: [order@renoufbooks.com](mailto:order@renoufbooks.com) • Sitio web: [www.renoufbooks.com](http://www.renoufbooks.com)

***Bernan / Rowman & Littlefield***

15200 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214, EE.UU.

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

Correo electrónico: [orders@rowman.com](mailto:orders@rowman.com) • Sitio web: [www.rowman.com/bernan](http://www.rowman.com/bernan)

### ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

***Bernan / Rowman & Littlefield***

15200 NBN Way, Blue Ridge Summit, PA 17214, EE.UU.

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

Correo electrónico: [orders@rowman.com](mailto:orders@rowman.com) • Sitio web: [www.rowman.com/bernan](http://www.rowman.com/bernan)

***Renouf Publishing Co. Ltd***

812 Proctor Avenue, Ogdensburg, NY 13669-2205, EE.UU.

Teléfono: +1 888 551 7470 • Fax: +1 888 551 7471

Correo electrónico: [orders@renoufbooks.com](mailto:orders@renoufbooks.com) • Sitio web: [www.renoufbooks.com](http://www.renoufbooks.com)

### FEDERACIÓN DE RUSIA

***Scientific and Engineering Centre for Nuclear and Radiation Safety***

107140, Moscú, Malaya Krasnoselskaya st. 2/8, bld. 5, FEDERACIÓN DE RUSIA

Teléfono: +7 499 264 00 03 • Fax: +7 499 264 28 59

Correo electrónico: [secnrs@secnrs.ru](mailto:secnrs@secnrs.ru) • Sitio web: [www.secnrs.ru](http://www.secnrs.ru)

### FRANCIA

***Form-Edit***

5 rue Janssen, PO Box 25, 75921 París CEDEX, FRANCIA

Teléfono: +33 1 42 01 49 49 • Fax: +33 1 42 01 90 90

Correo electrónico: [formedit@formedit.fr](mailto:formedit@formedit.fr) • Sitio web: [www.form-edit.com](http://www.form-edit.com)

**La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.**

## **INDIA**

### **Allied Publishers**

1st Floor, Dubash House, 15, J.N. Heredi Marg, Ballard Estate, Bombay 400001, INDIA

Teléfono: +91 22 4212 6930/31/69 • Fax: +91 22 2261 7928

Correo electrónico: [alliedpl@vsnl.com](mailto:alliedpl@vsnl.com) • Sitio web: [www.alliedpublishers.com](http://www.alliedpublishers.com)

### **Bookwell**

3/79 Nirankari, Delhi 110009, INDIA

Teléfono: +91 11 2760 1283/4536

Correo electrónico: [bkwell@nde.vsnl.net.in](mailto:bkwell@nde.vsnl.net.in) • Sitio web: [www.bookwellindia.com](http://www.bookwellindia.com)

## **ITALIA**

### **Libreria Scientifica "AEIOU"**

Via Vincenzo Maria Coronelli 6, 20146 Milán, ITALIA

Teléfono: +39 02 48 95 45 52 • Fax: +39 02 48 95 45 48

Correo electrónico: [info@libreriaaeiou.eu](mailto:info@libreriaaeiou.eu) • Sitio web: [www.libreriaaeiou.eu](http://www.libreriaaeiou.eu)

## **JAPÓN**

### **Maruzen-Yushodo Co., Ltd**

10-10 Yotsuyasakamachi, Shinjuku-ku, Tokio 160-0002, JAPÓN

Teléfono: +81 3 4335 9312 • Fax: +81 3 4335 9364

Correo electrónico: [bookimport@maruzen.co.jp](mailto:bookimport@maruzen.co.jp) • Sitio web: [www.maruzen.co.jp](http://www.maruzen.co.jp)

## **REPÚBLICA CHECA**

### **Suweco CZ, s.r.o.**

Sestupná 153/11, 162 00 Praga 6, REPÚBLICA CHECA

Teléfono: +420 242 459 205 • Fax: +420 284 821 646

Correo electrónico: [nakup@suweco.cz](mailto:nakup@suweco.cz) • Sitio web: [www.suweco.cz](http://www.suweco.cz)

**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 Viena, Austria

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

Correo electrónico: [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org) • Sitio web: [www.iaea.org/books](http://www.iaea.org/books)

La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

La publicación SSG-15 (Rev. 1) sustituye a la presente publicación.

## Seguridad mediante las normas internacionales

*“Los Gobiernos, órganos reguladores y explotadores de todo el mundo deben velar por que los materiales nucleares y las fuentes de radiación se utilicen con fines benéficos y de manera segura y ética. Las normas de seguridad del OIEA están concebidas para facilitar esa tarea, y aliento a todos los Estados Miembros a hacer uso de ellas.”*

Yukiya Amano  
Director General

ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA  
VIENA

ISBN 978-92-0-302017-6

ISSN 1020-5837