

GUIA PARA LA GESTION DE DESECHOS RADIOACTIVOS PRODUCIDOS
EN MEDICINA NUCLEAR
CLASE 2 (MUY BAJA ACTIVIDAD)

ANTECEDENTES

El objetivo de la gestión de los desechos radiactivos es asegurar que estos se gestionen de una manera tal que se garantice la protección de los individuos, la sociedad y el medio ambiente ahora y en el futuro, sin imponer cargas indebidas a las generaciones futuras.

Este objetivo se alcanza poniendo en práctica métodos para la gestión de los desechos radiactivos que cumplan con los requisitos internacionales que han sido establecidos para garantizar la seguridad, incluyendo la protección radiológica. Los principales requisitos mencionados están plasmados en la “Convención Conjunta sobre Seguridad en la Gestión del Combustible Gastado y sobre Seguridad en la Gestión de Desechos Radiactivos” [1], las “Normas Básicas de Seguridad para la Protección contra la Radiación Ionizante y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación.” [2] (Resolución 181434 de 2002) [3] y en otros documentos relacionados con el tema, tales como los “Principios Fundamentales de Seguridad” del OIEA [4].

El Ministerio de Minas y Energía en ejercicio de las funciones establecidas en el Decreto 70 de 2001 expidió la Política Nacional para la Gestión de Desechos Radiactivos[5], como también el Reglamento para la Gestión de Desechos Radiactivos[6] (Resolución 180005 de 2010).

OBJETIVO

El objetivo principal de la presente Guía es establecer los requisitos de seguridad esenciales para todas las etapas de la gestión de los desechos radiactivos clase 2 (desechos de muy corta vida – VSLW) de acuerdo con la clasificación adoptada en el Reglamento para la Gestión de los Desechos Radiactivos en Colombia,

Nada de lo prescrito en esta guía deberá interpretarse en el sentido de restringir u omitir cualquier otra medida que pueda ser necesaria para la protección y seguridad.

CAMPO DE APLICACIÓN

La presente Guía se aplica a todas las personas naturales o jurídicas que generen desechos radiactivos clase 2 en el desarrollo de las prácticas propias de su instalación, en el territorio Colombiano.

DEFINICIONES

Para efectos exclusivos de la interpretación y aplicación de la presente Guía se tendrán en cuenta las siguientes definiciones:

Almacenamiento temporal: Localización segura de los desechos radiactivos en una instalación donde se aplican medidas de aislamiento, protección del medioambiente y control humano, con el propósito de recuperarlos.

Autoridad Reguladora: Entidad a la que de conformidad con la legislación vigente le compete la reglamentación en materia de protección y seguridad radiológica. En Colombia dicha competencia está radicada en cabeza del Ministerio de Minas y Energía, conforme a lo previsto en el Decreto 070 de 2001.

Caracterización de desechos: Determinación de las propiedades físicas, químicas y radiológicas de los desechos, con objeto de determinar la necesidad de ajustes, tratamiento o acondicionamiento adicionales, o su adecuación para la manipulación, el procesamiento o el almacenamiento posteriores, o para la disposición final.

Contaminación: Presencia de sustancias radiactivas sobre superficies, o dentro de sólidos, líquidos o gases (incluido el cuerpo humano), donde tal presencia no es ni intencionada ni deseable, o proceso que provoca la presencia de sustancias radiactivas en dichos lugares.

Contención: Métodos o estructuras físicas diseñados para evitar o controlar la emisión y la dispersión de sustancias radiactivas.

Contenedor de desechos: Vasija en la que se coloca la cuerpo del desecho para su manipulación, transporte, almacenamiento y/o posible disposición final; se aplica también a la barrera exterior que protege los desechos contra intrusiones externas. El contenedor de desechos es un componente del bulto de desechos.

Descarga: Emisión planificada y controlada de material radiactivo (normalmente gas o líquido) al medio ambiente.

Descontaminación: Eliminación total o parcial de la contaminación mediante la aplicación deliberada de un proceso físico, químico o biológico.

Desechos radiactivos: A efectos legales y reglamentarios, desechos que contienen radionúclidos en concentraciones o con actividades mayores que los niveles de dispensa establecidos por la autoridad reguladora, o que están contaminados con ellos.

Dispensa: Eliminación por la autoridad reguladora de todo control reglamentario ulterior respecto de materiales radiactivos o de objetos radiactivos utilizados en prácticas autorizadas.

Disposición final: Colocación de desechos en una instalación apropiada sin intención de recuperarlos. La disposición final también puede comprender el vertido directo de efluentes al medio ambiente, dentro de los límites autorizados, con su posterior dispersión.

Entidad generadora de desechos: Entidad explotadora de una instalación o actividad que genera desechos.

Exclusión: Exclusión deliberada de una determinada clase de exposición del ámbito de un instrumento de control reglamentario, sobre la base de que no se considera factible su control mediante el instrumento de reglamentación en cuestión. Una exposición de este tipo recibe el nombre de exposición excluida.

Exención: Determinación por parte de la autoridad reguladora de que una fuente o práctica no necesita estar sometida a alguno o ninguno de los aspectos del control reglamentario sobre la base de que la exposición (incluida la exposición potencial) debida a la fuente o práctica es demasiado pequeña para justificar la aplicación de aquellos aspectos, o de que ésta es la mejor

opción de protección independientemente del nivel real de las dosis o los riesgos.

Gestión de desechos radiactivos: Conjunto de actividades administrativas y operacionales que se ocupan de la manipulación, tratamiento previo, tratamiento, acondicionamiento, transporte, almacenamiento y disposición final de los desechos radiactivos.

Instalación de gestión de desechos radiactivos: Instalación específicamente diseñada para la manipulación, el tratamiento, el acondicionamiento, el almacenamiento temporal o la disposición final de desechos radiactivos.

Niveles de dispensa: Conjunto de valores establecidos por la autoridad Reguladora, expresado en términos de concentraciones de actividad y/o actividades totales, por debajo de los cuales los materiales radiactivos pueden ser liberados del control regulador.

Procesamiento: Cualquier operación que modifique las características de los desechos, incluidos el tratamiento previo, el tratamiento y el acondicionamiento.

Protección radiológica: Medidas relacionadas con la limitación de los efectos peligrosos de las radiaciones ionizantes para las personas, como la limitación de las exposiciones externas a las radiaciones, la limitación de la incorporación de radionúclidos, así como la limitación profiláctica de las lesiones debidas a alguna de estas causas.

Licencia: Autorización concedida por la autoridad competente con base en una evaluación de la seguridad y el lleno de unos requisitos y condiciones específicos, en virtud de la cual su titular adquiere una serie derechos y deberes reconocidos en lo que respecta a la práctica o fuente respecto de la cual se otorga, especialmente en lo que atañe a la protección y seguridad.

Segregación: Actividad en la que los tipos de desechos o materiales (radiactivos o exentos) son separados, o se mantienen separados, de acuerdo con sus propiedades radiológicas, químicas y/o físicas, a fin de facilitar la manipulación y/o el procesamiento de los desechos.

Seguridad Tecnológica: Medidas destinadas a reducir al mínimo la probabilidad de accidentes ocasionados por fuentes radiactivas y, de ocurrir ese tipo de accidente, a mitigar sus consecuencias.

Seguridad Física: Medidas encaminadas a prevenir el acceso no autorizado o el daño a fuentes radiactivas, y la pérdida, robo o traslado no autorizado de esas fuentes.

Tratamiento: Operaciones destinadas a mejorar la seguridad tecnológica y/o los aspectos económicos modificando las características de los desechos.

GENERACIÓN DE DESECHOS RADIATIVOS EN LA PRÁCTICA DE MEDICINA NUCLEAR

Durante el proceso de preparación y administración de radiofármacos se pueden generar los desechos radiactivos que se detallan en la Tabla 1.

Descripción	Residuos
Preparación de la actividad	Viales, jeringas y agujas
	Vial de elución
Control de calidad	Jeringa y aguja Papel de filtro
Inyección al paciente Administración oral cápsula o líquida	Jeringa y aguja Papel de filtro
	Algodón
	Vasos
	Contenedor cápsula
Otros residuos generados	Guantes
	Papel absorbente
	Jeringas con dosis preparadas y no usadas
	Bandejas Generadores

Tabla 1. Desechos generados durante la preparación y administración de radiofármacos

RESPONSABILIDADES GENERALES PARA LA GESTIÓN DE DESECHOS

El operador tiene la responsabilidad principal por todos los aspectos de seguridad radiológica, física y de protección ambiental.

El operador incluirá en su solicitud de autorización para la práctica lo relacionado con la gestión segura de los desechos radiactivos que en la misma se generen. En esta solicitud de autorización el operador debe incluir la Justificación de la Seguridad (“Safety Case”) y la Evaluación de Seguridad y del Impacto Ambiental que la fundamenta en correspondencia con los riesgos y la magnitud de la práctica. La información que se aporta deberá demostrar el cumplimiento de los requisitos establecidos a este respecto por la Autoridad Reguladora y debe estar en concordancia con la complejidad de la instalación y sus potenciales impactos.

El operador, en relación con el programa de gestión de desechos radiactivos, tiene entre las responsabilidades más importantes las siguientes:

1. Demostrar a la Autoridad Reguladora que las actividades planificadas cumplen los requisitos de seguridad establecidos en la regulación vigente. Poner a disposición de la Autoridad Reguladora la información relacionada con las implicaciones para la seguridad y el medio ambiente de las actividades que pretende llevar a cabo (esta información incluirá la Justificación de la Seguridad (“Safety Case”) y la Evaluación de Seguridad que la fundamenta), acorde a la complejidad de la instalación. Estos deberían cubrir todas las fases, desde el diseño, la operación, hasta la clausura y el desmantelamiento. **Anexo 1**
2. Adoptar todas las medidas razonables para cumplir los requisitos regulatorios y especificar las acciones que se desarrollarán en caso de no conformidades con los mismos.
3. Establecer un programa de gestión de los desechos radiactivos que cubra todos los desechos generados por el operador.
4. Garantizar la disposición final o evacuación autorizada al medio ambiente de todos los desechos radiactivos que se generen en su instalación.

5. Establecer y mantener un Sistema de Gestión que garantice la seguridad radiológica, y física de todas las actividades autorizadas y el cumplimiento de los requisitos regulatorios.
6. Garantizar la capacitación de las personas que trabajan y gestionan los desechos radiactivos para asegurar que el programa se lleva a cabo con seguridad.
7. Asegurar la disponibilidad de los recursos financieros que se requieren para la gestión segura de los desechos radiactivos y las instalaciones asociadas, hasta su liberación final del control regulador o hasta que la responsabilidad por estas sea transferida a otra entidad autorizada. Todas las etapas de la actividad y/o la instalación, incluyendo la clausura y desmantelamiento, deberán contar con la apropiada seguridad y garantía financiera.
8. Asegurar que la generación de los desechos radioactivos se mantengan en el mínimo practicable y que los desechos generados son gestionados bajo una apropiada clasificación, categorización, segregación, tratamiento, acondicionamiento, almacenamiento y disposición final.
9. Asegurar que el procesamiento y/o transferencia de los desechos a la subsiguiente etapa no se dilate injustificadamente en el tiempo.
10. Emplear la experiencia internacional relevante para garantizar que las operaciones se lleven a cabo con la mayor seguridad posible.

El operador puede delegar a otras organizaciones cualquier labor asociada con las responsabilidades antes mencionadas pero deberá mantener la responsabilidad y el control general sobre la práctica y los desechos radiactivos que en ella se genere.

El operador podrá emplear argumentos relacionados con el costo – beneficio para justificar el programa propuesto, siempre y cuando cumpla con los requisitos de seguridad.

SISTEMA DE GESTIÓN

Los operadores deberán establecer un sistema de gestión que garantice el desarrollo, implementación y el continuo perfeccionamiento de una sólida y

pragmática cultura de seguridad. El sistema adoptado debe ser proporcional al riesgo de las actividades de la gestión de los desechos y deberá ser aprobado por la Autoridad Reguladora o su delegada.

El sistema de gestión deberá contener al menos los siguientes elementos:

1. Políticas y procedimientos que asignan a la seguridad la máxima prioridad.
2. Definición inequívoca de las líneas de autoridad en lo relacionado con la toma de decisiones en aspectos de seguridad y en lo referido al cumplimiento de procedimientos y procesos.
3. Estructura organizacional y líneas de comunicación que propicien un flujo apropiado de la información relacionada con la seguridad, en y entre los diferentes niveles de la organización del titular de la licencia.
4. Definición inequívoca de las responsabilidades de cada individuo para con la seguridad.
5. Responsabilidades en el cumplimiento de los requisitos de seguridad del programa de gestión.
6. Exigencia de que los problemas que afectan la seguridad sean identificados y corregidos inmediatamente en correspondencia con su importancia.
7. Medidas para asegurar que cada individuo sea apropiadamente entrenado y cualificado.
8. Un programa de control y auditorías que proporcione información sobre el comportamiento del programa de gestión de los desechos radiactivos y del equipamiento asociado y que establezca un régimen de revisión del mismo. Este programa deberá asegurar que existan y se mantengan los registros necesarios y que los mismos estén disponibles cuando sea necesario.
9. Medidas para garantizar la protección de la confidencialidad de la información recibida, que así lo requiera y para velar porque la

misma solo sea puesta a disposición de terceras partes, después de la debida aprobación de la organización que originalmente la aportó.

10. Medidas para garantizar que se cumplan los requisitos de seguridad y de protección del medio ambiente, que permitan que se eleve progresivamente la cultura de la seguridad.

REGISTROS Y REPORTE DE LA GESTIÓN DE LOS DESECHOS RADIATIVOS

El titular de la licencia deberá desarrollar un sistema de registros apropiado y amplio para las actividades de la gestión de los desechos radiactivos bajo su responsabilidad. Este sistema de registros deberá incluir las dispensas y descargas, y garantizar la trazabilidad de los desechos, desde el momento de su generación y recolección hasta el almacenamiento temporal o disposición final.

Todos los registros relacionados con las actividades de la gestión y el inventario de los desechos radiactivos deberán:

- 1) Mantenerse actualizados (reflejando los cambios de las características de los desechos durante su gestión);
- 2) Conservados de forma tal que se garantice que toda la información importante este disponible en el futuro, si fuese necesario.

Los registros relacionados con las características de los desechos deberán contener, al menos, la siguiente información:

- 1) La fuente de origen;
- 2) La forma física y química;
- 3) La cantidad (volumen y/o masa);
- 4) Las características radiológicas (la concentración de actividad, la actividad total, los radionúclidos presentes y sus proporciones relativas);
- 5) La clasificación en concordancia con el esquema nacional de clasificación de los desechos radiactivos;

- 6) La categorización en concordancia con el esquema de categorización definido con propósitos operacionales;
- 7) Cualquier riesgo químico, patogénico o de otro tipo asociado con el desecho y la concentración de los materiales peligrosos;
- 8) Cualquier requerimiento para el manejo especial debido a una tasa de dosis significativamente elevada.

El operador de una instalación generadora de desechos radiactivos, a fin de asegurar el adecuado control de las actividades de gestión, deberá implementar registros para:

- 1) Desechos radiactivos generados (fecha de generación, características de los desechos, etc.);
- 2) Desechos radiactivos almacenados (incluyendo la identificación, origen, ubicación, características físicas y químicas);
- 3) Materiales liberados del control regulador o que han sido descargados al medio ambiente (incluyendo los datos relacionados con el proceso de liberación, como la persona encargada etc.);
- 4) No conformidades y las acciones adoptadas al respecto.

Cuando los desechos radiactivos deban ser transferidos, los registros relacionados con los mismos deben ponerse a disposición del operador responsabilizado con el siguiente paso en la gestión.

Todos estos registros deberán emplearse como base para los reportes y verificación a través de inspección de la Autoridad Reguladora.

Los registros mínimos aplicables están consignados en el **Anexo 2**

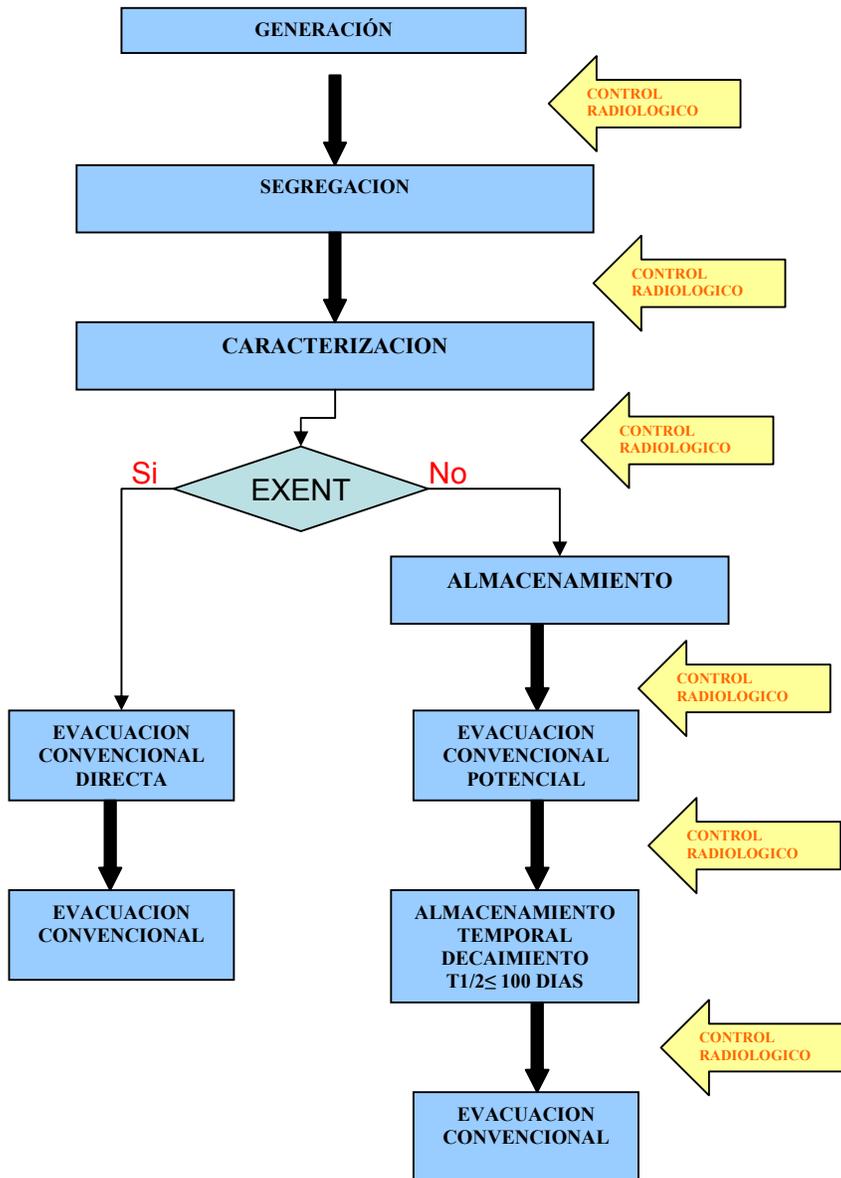
REQUISITOS DE LA GESTIÓN DE DESECHOS RADIATIVOS

El esquema de gestión de los desechos de clase 2 en el caso de la medicina nuclear comprende principalmente las siguientes actividades:

1. Recolección
2. Segregación
3. Caracterización

4. Almacenamiento temporal

5. Evacuación



CLASIFICACIÓN DE LOS DESECHOS RADIACTIVOS

En medicina nuclear se generan principalmente desechos radiactivos de clase 2 en correspondencia con el Reglamento para la Gestión de Desechos Radiactivos (Resolución 180005 de 2010).

CATEGORIZACIÓN DE LOS DESECHOS RADIATIVOS

El operador deberá categorizar los desechos radiactivos generados o gestionados en correspondencia con un esquema diseñado para cumplir con las exigencias operacionales de la gestión.

Con la finalidad de asegurar la adecuada interdependencia entre todos los pasos de la gestión de los desechos radiactivos, a la hora de desarrollar el esquema de categorización, el operador deberá tomar en cuenta los criterios de aceptación establecidos por el siguiente paso en la manipulación, o almacenamiento.

Los usuarios deberán categorizar los desechos radiactivos de la siguiente forma:

- a) Materiales radiactivos y no radiactivos
- b) Período de semidesintegración de los radionúclidos presentes: radionúclidos de vida corta (por ejemplo, periodo de semidesintegración que no exceda los 100 días) apropiados para almacenamiento con fines de decaimiento.

En el caso de la medicina nuclear, los desechos radiactivos se clasificarán teniendo en cuenta el periodo de semidesintegración de la siguiente forma:

Grupo	$T_{1/2}$ (días)	Radionúclidos
A	$T \leq 1$	Re-188, Tc-99m
B	$1 \leq T \leq 5$	Ga-67, In-111 y Tl-201
C	$5 \leq T \leq 100$	I-131, Lu-177

- c) Contenido de actividad por radionúclido
- d) Forma física y química:
 - a. Líquidos

- i. Acuosos
 - ii. Orgánicos;
 - b. No-homogéneos (ejemplo aquellos que contienen lodo o sólidos suspendidos). Sólidos
 - i. Combustibles/no-combustibles
 - ii. Compactables/no-compactables
 - iii. Metálicos o no-metálicos
- e) Contaminados de manera permanente y no permanente
- f) Desechos caracterizados por riesgos no radiológicos (por ejemplo: toxicidad química y biológica)

MINIMIZACION DE LOS DESECHOS RADIACTIVOS

El operador debe garantizar que se cumplan las siguientes medidas para mantener la generación de los mismos y su impacto ambiental en los mínimos practicables:

- a. Aplicar una cuidadosa planificación al diseño, la construcción, la administración, la operación y la planificación de la clausura de la instalación con el propósito de que la generación de desechos radiactivos sea mantenida en el mínimo practicable;
- b. Minimizar la radiactividad del desecho usando la cantidad mínima necesaria de material radiactivo en el proceso inicial;
- c. Usar alternativas de gestión de los desechos y procedimientos de procesamiento dirigidas a optimizar la gestión y reducir la producción de desechos secundarios;
- d. Reducir el volumen y la cantidad de material radiactivo que requieren de procesamiento adicional mediante la descarga autorizada, la aplicación de valores de dispensa para la liberación de materiales del control Regulador luego del procesamiento adecuado y/o de un período de almacenamiento suficientemente largo;

- e. Mantener consistencia con la política y la estrategia nacional de gestión de los desechos radiactivos.

El operador, a fin de mantener la generación de desechos radiactivos en el mínimo debe adoptar, adicionalmente al cumplimiento de los requisitos ya mencionados, medidas tales como:

1. El control cuidadoso de la recolección, la caracterización, la segregación, y el manejo de los materiales radiactivos;
2. Adoptar buenas prácticas de segregación, incluyendo la dispensa de materiales, en el punto de generación de los desechos;
3. Operación eficiente de los sistemas de recolección de los desechos líquidos;
4. Tomar precauciones para evitar la contaminación de materiales, equipamiento y superficies de los edificios para reducir la necesidad de la descontaminación;
5. Restricciones para llevar materiales de embalaje y otro tipo de materiales innecesarios al área controlada;
6. Planificar y llevar a cabo periódicamente el monitoreo superficial y los trabajos de mantenimiento, prestando atención y poniendo un énfasis particular en las precauciones para evitar la dispersión de la contaminación;
7. Crear y mantener el sistema correcto de registro que permita la evaluación periódica de la efectividad de medidas adoptadas para minimizar la generación de desechos radiactivos.

PROCESAMIENTO DE LOS DESECHOS RADIATIVOS DESDE SU RECOLECCIÓN HASTA SU ALMACENAMIENTO O DISPOSICION FINAL

El operador recolectará, caracterizará, segregará, acondicionará y almacenará los desechos hasta cuando sea apropiado para su descarga autorizada, su uso autorizado, su recolección centralizada o su dispensa del control Regulador.

El operador asegurará que los desechos sean gestionados de tal manera que la seguridad de las operaciones sea adecuadamente tenida en cuenta en condiciones normales, que sean tomadas las medidas para prevenir la ocurrencia de incidentes o accidentes y que estén previstas las acciones necesarias para mitigar las consecuencias de los mismos en caso de que estos ocurran .

El operador asegurará que el desecho sea recolectado, caracterizado segregado y almacenado en el punto de origen, de conformidad con:

- a) Los criterios establecidos y el esquema de categorización;
- b) Una estrategia definida de control de los desechos;
- c) Los criterios de aceptación de los desechos para la etapa siguiente en el proceso de gestión de los desechos cuando así se requiera.

El operador adoptará las previsiones para asegurar que después de la segregación cada corriente de desechos sea mantenida separada, en contenedores apropiados y adecuadamente identificados.

SEGREGACION

La segregación de los desechos radiactivos debe ser llevada a cabo de acuerdo con un esquema de categorización que permita la realización adecuada y segura de las otras etapas de la gestión de los mismos.

La segregación de los desechos radiactivos debería realizarse teniendo en cuenta principalmente los siguientes factores:

- a) Actividad y radionúclidos presentes;

El operador debe conocer la cantidad y tipo de material radiactivo utilizado al inicio del proceso y en cada una de las etapas de su desarrollo.

- b) Periodo de semidesintegración de los radionúclidos presentes.

El operador debe considerar la segregación de desechos radiactivos por su periodo de semidesintegración como una forma de optimizar el tiempo de almacenamiento de dichos desechos.

Para la segregación por periodo de semidesintegración, el operador debe considerar la clasificación ya expuesta (grupos A, B o C).

c) Forma física y química de los desechos, los cuales pueden ser:

- **Sólidos contaminados:** Son materiales sólidos que al haber sido usados en la práctica con material radiactivo, han resultado contaminados ó son materiales sólidos a los cuales intencionalmente se les han incorporado pequeñas cantidades de material radiactivo. Estos residuos pueden dividirse en dos grupos:
 - **Inorgánicos:** son aquellos que se generan en la preparación y uso del material radiactivo, como lo son: papeles, algodones, ropa de protección, agujas, viales, etc.
 - **Orgánicos:** Son aquellos materiales orgánicos, biológicos y otros que han resultado contaminados en los procesos de diagnostico o terapia metabólica.

d) Riesgos no radiológicos (de naturaleza patógena, infecciosa, biológica, farmacológica o características mixtas).

CONTENEDORES

De acuerdo con las condiciones de operación específicas del servicio de medicina nuclear, se deben definir la cantidad de contenedores y bolsas necesarias para la segregación de los desechos. La cantidad de los mismos dependerá de los criterios expuestos en a, b, c y d, y su interrelación.

Los contenedores utilizados para la recogida y la segregación de los desechos radiactivos deben ser física y químicamente compatibles con la naturaleza de los desechos, asegurar la adecuada contención del material y ofrecer protección a los trabajadores frente a los riesgos químicos, biológicos, físicos o de otra naturaleza (tales como lesiones por objetos incisivos contaminados).

Los operadores asegurarán que los contenedores de desechos:

- a) Estén claramente identificados;
- b) Porten el símbolo (trébol) de radiación cuando están en uso para desechos radiactivos;

- c) Sean robustos;
- d) Sean compatibles con los desechos que contienen; y,
- e) Puedan ser llenados y vaciados sin peligro.

Los contenedores de desechos deben estar adecuadamente identificados y etiquetados con el propósito de que la información requerida esté disponible en todas etapas de la gestión de los desechos. La información debería ser suficiente para asegurar la efectividad y la seguridad de la próxima etapa en el proceso de gestión.

Los contenedores de desechos debería incluir la siguiente información:

- a) Número de identificación;
- b) Radionúclidos;
- c) Actividad (medida o calculada) /Fecha de medición o estimación;
- d) Origen (local, laboratorio, individuo, etc., si fuese aplicable);
- e) Peligros potenciales / reales (químico, infeccioso, etc.);
- f) Tasa de dosis en la superficie / Fecha de medición;
- g) Cantidad (peso o volumen);
- h) Responsable.

El operador debe tener en cuenta que cada uno de los elementos de desecho depositados en los distintos contenedores puede poseer radiactividad diferente. Dicha actividad debe ser determinada y sumada con el fin de establecer la actividad total presente en cada contenedor, con el fin de calcular el tiempo de almacenamiento necesario para el decaimiento y liberación del control de los desechos almacenados en el contenedor.

RECOLECCION Y TRATAMIENTO

Durante la etapa de recolección de los desechos el operador deberá asegurar que:

- a) Los contenedores para los desechos sólidos estén forrados con una bolsa de plástico resistente y duradera que puede ser sellada (atada

- con cinta adhesiva de plástico, termo-sellada con un soldador de radiofrecuencia);
- b) Los objetos punzantes sean colectados separadamente y guardados en recipientes rígidos resistentes a su perforación (preferentemente metal) que hayan sido etiquetados claramente “Punzantes”;
 - c) Los desechos húmedos y los líquidos sean colectados en contenedores adecuados en correspondencia con sus características químicas y radiológicas, el volumen de los desechos y los requisitos de gestión y de almacenamiento. Normalmente se debe usar un embalaje doble para disminuir la probabilidad de derrames;
 - d) Antes de su reuso los contenedores sean verificados para detectar la presencia de contaminación radiactiva y en caso de existir esta debe ser removida.

Los procesos de pretratamiento de los desechos radiactivos pueden incluir el ajuste físico o químico para hacerlos menos peligrosos o para facilitar su descarga al medio ambiente o su procesamiento posterior. Los desechos radiactivos líquidos durante su almacenamiento y luego cuando sean autorizados para su descarga o dispensa deberán tener un pH neutro.

CARACTERIZACIÓN

El operador asegurará que los desechos a ser gestionados sean caracterizados en todas las etapas de su gestión que así lo requieran.

El operador debe establecer los procedimientos específicos para la adecuada caracterización física, química y radiológica de los desechos radiactivos. El operador garantizará la disponibilidad de los equipos e instrumentos de medición necesarios para la ejecución de dichos procedimientos. El operador velará por la adecuada calibración y mantenimiento de estos equipos sobre la base de lo establecido por el Reguladora para estos fines.

En el **Anexo 3** se presentan algunas recomendaciones para la utilización de los equipos de medición existentes en los servicios de medicina nuclear para realizar la caracterización de los desechos radiactivos. En este anexo también

se presentan algunas recomendaciones para el cálculo de la actividad presente en dichos desechos.

ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIACTIVOS

Antes de generar desechos radiactivos que puedan requerir una gestión subsiguiente el operador asegurará la disponibilidad de una instalación (área) de almacenamiento apropiada dentro de su propia organización.

Características para áreas de almacenamiento –Anexo 4

El operador seguirá los lineamientos acordados en la Política y Estrategia Nacional siempre que tenga que definir cuál tipo de desecho tiene que ser almacenado para su descarga autorizada, su uso autorizado o para su procesamiento y/o disposición final en un momento posterior.

El operador debe garantizar que cuando las bolsas o contenedores de recogida de los desechos en las áreas de trabajo se llenen sean sellados adecuadamente y trasladados de forma segura al lugar establecido para su almacenamiento. Los desechos radiactivos que contienen solamente radionúclidos de períodos de semidesintegración muy cortos con concentraciones de actividad por encima de los niveles de dispensa pueden ser almacenados en la instalación de la institución generadora, hasta que la actividad haya caído por debajo de los niveles de dispensa y descarga autorizados, lo que permite que los desechos dispensados sean gestionados como desecho convencional. De aquí la importancia de establecer los niveles de dispensa o descargas autorizados.

El operador creará condiciones en el emplazamiento para verificar si los desechos recolectados o recibidos en la instalación de almacenamiento que está bajo su responsabilidad cumplen con los criterios de aceptación aprobados por el Autoridad Reguladora para dicha instalación.

El operador adoptará medidas para asegurar que los desechos radiactivos sean almacenados en contenedores, e instalaciones que cumplan con los requisitos aprobados por el Autoridad Reguladora. En caso de que los desechos que vayan a ser almacenados no cumplan con los criterios de aceptación, el operador establecerá previsiones para corregir las no conformidades o rechazará la transferencia de tales desechos al almacén.

El operador asegurará que el contenedor del bulto de desechos mantenga su integridad durante el período de almacenamiento.

Los desechos radiactivos serán almacenados de tal manera que se asegure su segregación adecuada y la protección de los trabajadores, el público y el medio ambiente, y que permita su permanente control y gestión.

Durante las diferentes etapas del almacenamiento deberá mantenerse la completa trazabilidad de los desechos mediante el mantenimiento de registros y el etiquetado adecuado de los mismos.

LA DISPENSA Y SU CONTROL

Siempre que las concentraciones de radiactividad puedan alcanzar los niveles de dispensa aprobados y la remoción de los materiales del control Regulator parezca ser la alternativa óptima para la gestión de los materiales radiactivos, el operador debe considerar la solicitud de la aprobación reguladora como una vía para la gestión de los desechos radiactivos.

En la solicitud de autorización, el solicitante declarará su intención de dispensar materiales del marco regulador durante la fase de operación o clausura.

Con respecto a la dispensa y su control, el operador adoptará las previsiones para asegurar que:

- a) La dispensa de desechos radiactivos cumple con los niveles de dispensa aprobados por la Autoridad Reguladora.
- b) Existe un mecanismo formal, que incluye medidas rigurosas de control, para demostrar el cumplimiento de los requisitos regulatorios con respecto a la dispensa.
- c) No se realizará dilución deliberada del material diferente a la dilución que tiene lugar en las operaciones normales.
- d) Todos los símbolos indicadores de la presencia de radiación serán retirados de cualquier material sobre el cual no se aplica más el control regulador.

La información sobre el material que ha sido retirado del control regulador será registrada y conservada en el ámbito de un sistema de gestión e informada a la Autoridad Reguladora según sea requerida.

Los niveles de dispensa establecidos por la Autoridad Reguladora se encuentran consignados en el **Anexo 5**

Las medidas de control para la liberación de materiales radiactivos deberían incluir:

- a) La determinación de la concentración de actividad en los desechos;
- b) La segregación de los desechos designados para decaimiento;
- c) El muestreo de cada grupo de desechos antes de su remoción del control.

Todos los desechos radiactivos destinados a ser liberados que presenten actividades por encima de las establecidas como nivel de dispensa, se les almacenara temporalmente, teniendo en cuenta la actividad de los desechos y los periodos de vida media de los radionúclidos presentes. Se harán los cálculos precisos para cada tipo de desechos, determinando el tiempo necesario para su almacenamiento. Transcurrido ese tiempo se procederá a corroborar mediante mediciones los niveles de radiación y el cumplimiento del nivel de dispensa de cada uno de los paquetes a evacuar por vía convencional.

Los materiales residuales con contenido radiactivo cuya actividad este por debajo de los niveles de dispensa aprobados por la autoridad reguladora, se podrán evacuar de manera directa con los residuos convencionales velando porque no queden signos que indiquen su procedencia o peligro radiactivo. Estos desechos estarán sujetos a los correspondientes controles como desechos biológicos, químicos etc., según corresponda.

El operador debe establecer el registro sistemático de los siguientes datos, previo a la evacuación convencional de los desechos:

- a) Tipo de residuo (radionúclido)
- b) Cantidad de materiales sólidos evacuados (peso)

- c) Volumen de residuos sólidos o líquidos evacuados
- d) Concentración de actividad (Bq/g) o (Bq/l).
- e) Medida de tasa de dosis en las superficie
- f) Fecha de evacuación
- g) Vía de evacuación
- h) Responsable en realizar la evacuación

DESCARGA DE MATERIALES RADIATIVOS AL MEDIO AMBIENTE

Los operadores asegurarán que no se descarguen materiales radiactivos de las prácticas autorizadas al medio ambiente a menos que:

1. Tal descarga esté dentro de los límites especificados en la licencia y es realizada de una manera controlada, de acuerdo con las regulaciones en vigor y con la autorización emitida por la Autoridad Reguladora; o
2. se ha confirmado que la actividad a descargar está por debajo de los niveles de dispensa u otros niveles establecidos por la Autoridad Reguladora.

Como parte de la solicitud de autorización el operador deberá demostrar que ha:

1. Determinado las características y la actividad del material a ser descargado, y el método y los puntos potenciales de descarga.
2. Determinado el impacto potencial al medio ambiente de las descargas propuestas mediante un estudio preoperacional apropiado. Tal estudio incluirá:
 - a. Todas las vías significativas de exposición por las cuales los radionúclidos a descargar pueden producir exposición del público;
 - b. Evaluación de las dosis a la persona representativa;
 - c. Consideración de los peligros no radiológicos.

3. Optimizado las medidas de protección radiológica.

Durante la etapa de operación el operador, en adición a lo antes mencionado:

1. Monitoreará y registrará las descargas de radionúclidos con detalle y exactitud suficientes, para demostrar el cumplimiento de los límites de descarga autorizados y permitir la estimación de la exposición a la persona representativa.
2. Mantendrá un programa apropiado de garantía de calidad para las actividades relacionadas con el monitoreo de efluentes o del medio ambiente.

La información sobre el material que ha sido descargado será registrada y conservada en el ámbito de un sistema de gestión e informada a la Autoridad Reguladora en la frecuencia y formato establecidos por esta.

El operador examinará la experiencia operativa acumulada de las descargas y, de común acuerdo con la Autoridad Reguladora, ajustará sus criterios de descargas para asegurar la optimización de las mismas.

Como parte del control de las descargas el titular licenciado debe establecer y documentar los procedimientos técnicos para llevar a cabo las operaciones de descarga, así como definir la implicación de la responsabilidad individual.

El cumplimiento de los límites de descarga autorizados debe ser demostrado a través del monitoreo de las descargas mediante métodos aprobados de muestreo y medición. El monitoreo de efluentes y el monitoreo ambiental debe incluirse en el sistema de gestión y el programa de protección.

Deben considerarse la inclusión de las situaciones de descargas anómalas en los arreglos con la Autoridad Reguladora.

PROTECCIÓN Y SEGURIDAD FÍSICA

El operador deberá adoptar medidas apropiadas que garanticen la protección y seguridad física en la instalación de gestión de desechos radiactivos para prevenir acceso de individuos y la extracción no autorizada de materiales radiactivos.

IV. REFERENCIAS

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, INFCIRC/546, IAEA, Vienna (1997).
- [2] FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION, OECD NUCLEAR ENERGY AGENCY, PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna (1996).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Fundamental Safety Principles, Safety Fundamentals, Safety Standards Series No. SF, IAEA, Vienna (2006)
- [4] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA Reglamento de Protección Radiológica y Seguridad Nuclear, Resolución 181434 de 2002, Bogotá.
- [5] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2010, Política para la Gestión de los Desechos radiactivos en Colombia. (www.minminas.gov.co)
- [6] MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Reglamento para la gestión de los desechos radiactivos en Colombia, Resolución. 180005 de 2010, Ministerio de Minas y Energía, Bogotá
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Legal and Governmental Infrastructure, Safety Series GS-R-1(2000)
- [8] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Establishing a National System for Radioactive Waste Management, Safety Series No. 111-S-1, IAEA, Vienna (1995)
- [9] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Management of Waste from the Use of Radioactive Material in Medicine, Industry, Agriculture, Research and Education. Safety Guide No. WS-G -2.7
- [10] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Storage of radioactive waste. Safety Guide No. WS-G -6.1.

- [11] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Management System for Facilities and Activities, Safety Requirement GS-R 3
- [12] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Management System for the Disposal of Radioactive Waste, Safety Guide GS-G-3.4
- [13] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Classification of Radioactive Waste, Safety Guide 111-G-1.1 (1994)
- [14] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safety Guide GSG-1. Classification of Radioactive Waste, (2010)
- [15] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance. Safety Guide No. RS-G-1.7. (2004)
- [16] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY Minimization and Segregation of Radioactive Wastes, IAEA-TECDOC-652.
- [17] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulatory control of radioactive discharges to the environment, Safety Guide No. WS-G -2.3 (2000)
- [18] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Disposal of Radioactive Waste, Safety Requirements DS No.354. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY.
- [19] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Management of Radioactive waste from de use of radionuclides in medicine, IAEA-TECDOC-1183, (2000)
- [20] ANNALS OF THE ICRP. The 2007 Recommendations of the ICRP. Publication Number 103.
- [21] ANNALS OF THE ICRP. The 2004 Recommendations of the ICRP. Publication Number 94.
- [22] Empresa Nacional de Residuos Radiactivos. S.A., Guía Técnica de Gestión de Materiales Residuales con Contenido Radiactivo Procedentes de Instalaciones del Ambito Sanitario, 2002

ANEXO 1

EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIACTIVOS

Con escasas excepciones, las instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos acogen fuentes de radiación (abiertas o encerradas) de energía relativamente pequeñas, y por lo tanto existen relativamente pocos mecanismos creíbles de liberación repentina de material radiactivo. Además, las instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos deben estar diseñadas en torno a sistemas de seguridad pasivos más que activos y no dependen, por consiguiente, de sistemas complejos para garantizar la seguridad.

Una evaluación de la seguridad comprende la evaluación de aquellos aspectos del diseño y la operación de una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos que garantice la protección de los trabajadores, el público y el medio ambiente en condiciones normales y en situaciones de accidente.

Típicamente la evaluación de la seguridad es un proceso iterativo que se emplea para garantizar la operación segura de una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos. Se debe recurrir pronto en el proceso de diseño a la evaluación de la seguridad para identificar riesgos y escenarios que puedan requerir modificaciones del diseño propuesto o de los procedimientos operacionales, con objeto de que la seguridad coincida con la especificada por el órgano regulador. En el control de los riesgos radiológicos, el operador debe confiar más por lo general en las características del diseño y la instalación que en los procedimientos operacionales.

El enfoque diferenciado de la evaluación de la seguridad implica que el alcance y detalle de la evaluación de la seguridad y su documentación de apoyo guardan proporción con la índole y el alcance de los riesgos potenciales.

Hay que tener en cuenta que las condiciones, los procesos y los acontecimientos que pueden influir en la integridad y la seguridad de una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos pueden tener origen en el exterior o en el interior de la instalación. Esas condiciones, esos procesos y acontecimientos serán fundamentalmente de tres tipos: fenómenos naturales externos, fenómenos internos y fenómenos externos provocados por el hombre. No hay que confiar exclusivamente en las listas genéricas, ya que las condiciones y los fenómenos ambientales específicos del emplazamiento y el diseño y las operaciones de la instalación dictarán las condiciones, los procesos y acontecimientos que deben evaluarse en la evaluación de la seguridad. El operador debe hacer una evaluación de sus amenazas y fuentes de riesgos y en correspondencia con estos realizar la evaluación.

Los tipos, las cantidades y las características físicas y químicas de los desechos deben tenerse en cuenta en la evaluación de la seguridad de las

instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos. Por ejemplo, es probable que los desechos radiactivos que hayan sido acondicionados presenten una proporción menor de daños en múltiples condiciones de accidente que desechos similares que no hayan sido acondicionados. La proporción de daños es un parámetro que se emplea para tomar en consideración la disponibilidad del material en condiciones de accidente.

La evaluación de la seguridad de una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos debe comprender la duración esperada de la operación de la instalación. El almacenamiento de los desechos durante períodos de tiempo más prolongados obligaría a considerar en la evaluación de la seguridad acontecimientos con una probabilidad menor en caso de almacenamiento más breve. Además, procesos que pueden haber sido descuidados en un almacenamiento más corto pueden adquirir importancia al prolongarse la duración del almacenamiento (por ejemplo, producción radiolítica de gas, corrosión general de las cápsulas de desechos o ruptura de los contenedores de polietileno provocada por la radiación).

Las diferentes fases del periodo de la instalación han de tenerse en cuenta en la evaluación de la seguridad de una instalación de almacenamiento de desechos radiactivos. La evaluación de la seguridad debe revisarse periódicamente y, si es necesario, revisarse para reflejar los cambios de las condiciones, las instalaciones o los procedimientos.

EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD DE INSTALACIONES PEQUEÑAS DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIATIVOS

En el caso de pequeñas instalaciones de almacenamiento de desechos radiactivos (por ejemplo, una sala segura de almacenamiento en una instalación médica), la seguridad puede conseguirse mediante la aplicación de procedimientos y límites evaluados y documentados. Los temas que deben abarcar esos procedimientos y límites se describen ampliamente anteriormente y podrían incluir, por ejemplo:

- a) Una descripción de la instalación de almacenamiento y de cómo se ha de llevar a cabo su operación;
- b) Los límites de actividad del inventario a ser almacenado de diferentes radionúclidos;
- c) La evaluación de la exposición de los trabajadores y del público como resultado de la operación normal del almacén y las exposiciones que pudieran recibir los trabajadores en caso de accidentes.
- d) Los niveles de dispensa y de descargas que se van a implementar y los límites de vertido de radionúclidos;
- e) Los nombres de las personas responsables en la instalación de las diferentes operaciones;
- f) El control de acceso;
- g) Las tasas de dosis superficiales para garantizar la seguridad de los trabajadores en el interior del almacén y en su exterior para la protección del público;
- h) Los materiales cuyo almacenamiento se permite;

- i) Los procedimientos para la segregación, caracterización, almacenamiento, el embalaje y el etiquetado de los desechos;
- j) El mantenimiento de los registros;
- k) Los planes de emergencia;

El operador debe establecer justificar y evaluar los límites de operación de la instalación para el inventario de radionúclidos como un medio de garantizar la seguridad de las pequeñas instalaciones de almacenamiento, sobre todo en condiciones de funcionamiento anormales.

ANEXO 2-Registros Aplicables

REGISTRO DESECHOS RADIACTIVOS GENERADOS

Nombre de la Instalación: _____

Fecha	Desechos ¹ Clase	Característica ²	Contenedor ³	Actividad Inicial ⁴	Medida ⁵	Estimada ⁶	Equipo ⁷	Responsable de la Medición ⁸

¹ Desechos Clase: **1:** radionúclidos con periodo ≤ 1 día (Re-188, Tc-99m). **2:** radionúclidos con periodo > 1 día ≤ 5 días (Ga-67, In-111 y Tl-201), **3:** radionúclidos con periodo > 5 días (I-131, Lu-177)

² Característica: forma física, forma química, etc.

³ Contenedor: vial, guardián, bolsa, etc.

⁴ Consignar la cifra obtenida, bien sea por medición directa o estimación, usando las unidades apropiadas según la metodología utilizada (Bq, Bq/g, Bq/cm²)

⁵ Marcar con una x si se midió

⁶ Marcar con una x si se estimó

⁷ Marca, serie, del equipo utilizado para la medición

⁸ Quién realizó la medición, nombre completo y legible

--	--	--	--	--	--	--	--	--

REGISTRO DESECHOS RADIOACTIVOS ALMACENADOS

Nombre de la Instalación: _____

Fecha	Desechos ⁹ Clase	Actividad ¹⁰ Inicial Total	Medida ¹¹	Estimada ¹²	Equipo ¹³	Ubicación ¹⁴	Tiempo Estimado de Almacenamiento ¹⁵	Responsable de la Medición ¹⁶

⁹ Desechos Clase: **1:** radionúclidos con periodo ≤ 1 día (Re-188, Tc-99m). **2:** radionúclidos con periodo > 1 día ≤ 5 días (Ga-67, In-111 y Tl-201), **3:** radionúclidos con periodo > 5 días (I-131, Lu-177)

¹⁰ Sumatoria de todas las actividades contenidas en el contenedor

¹¹ Marcar con una x si se midió

¹² Marcar con una x si se estimó

¹³ Marca, serie, del equipo utilizado para la medición

¹⁴ Identificación topográfica del lugar en el que reposa el contenedor dentro del sitio para decaimiento

¹⁵ Tiempo estimado de decaimiento antes de la descarga

¹⁶ Quién realizó la medición, nombre completo y legible

--	--	--	--	--	--	--	--	--

REGISTRO DESECHOS RADIACTIVOS EVACUADOS

Nombre de la Instalación: _____

Fecha	Desechos ¹⁷ Clase	Actividad ¹⁸ Inicial Total	Actividad ¹⁹ Final	Medida ²⁰	Estimada ²¹	Equipo ²²	Nivel de Dispensa ²³	Ruta de Evacuación ²⁴	Responsable por la medición ²⁵	Firma de quien Autoriza la descarga ²⁶

¹⁷ Desechos Clase: 1: radionúclidos con periodo ≤1 día (Re-188, Tc-99m). 2: radionúclidos con periodo >1 día ≤ 5 días (Ga-67, In-111 y Tl-201), 3: radionúclidos con periodo > 5 días (I-131, Lu-177)

¹⁸ Sumatoria de todas las actividades contenidas en el contenedor

¹⁹ Sumatoria de todas las actividades contenidas en el contenedor

²⁰ Marcar con una x si se midió

²¹ Marcar con una x si se estimó

²² Marca, serie, del equipo utilizado para la medición

²³ El establecido por la norma

²⁴ Alcantarillado, a ser gestionado como residuo químico, a ser gestionado como biológico, etc.

²⁵ Quién realizó la medición, nombre completo y legible

²⁶ Oficial de Protección Radiológica

ANEXO 3

Un factor importante en la caracterización de los desechos es el definir el mecanismo por el cual se determinara la actividad de cada uno de los tipos de desechos generados, para lo cual cada servicio dispone como mínimo de los siguientes equipos:

1. Activímetro
2. Detector de contaminación superficial
3. Detector de radiación

En el siguiente cuadro se aprecian los tipos de desechos generados durante el proceso de preparación y administración de radiofármacos y el respectivo mecanismo para la determinación de su actividad.

Descripción	Residuos	Técnica de medición probable
Preparación de la actividad	Viales, jeringas y agujas	Activímetro/ Estimar (calcular) la actividad
	Vial de elución	
Control de calidad	Jeringa y aguja Papel de filtro	Activímetro
Inyección al paciente Administración oral cápsula o líquida	Jeringa y aguja Papel de filtro	Activímetro/ Detector de contaminación superficial
	Algodón	
	Vasos	
	Contenedor cápsula	
Control del paciente Terapia Metabólica	Pañales, residuos biológicos, servilletas de papel, platos y cubiertos desechables, ropa de cama	Detector de contaminación superficial / Detector de radiación
Otros residuos generados	Guantes	Activímetro
	Papel absorbente	Detector de contaminación superficial
	Jeringas con dosis preparadas y no usadas	Activímetro
	Bandejas	Detector de contaminación superficial

Tabla 2. Desechos generados durante la preparación y administración de radiofármacos y métodos para determinar su actividad.

A continuación se especifican las técnicas más utilizadas para realizar la determinación de la actividad:

Cálculo de la actividad

Este método se puede aplicar para el vial de elusión, ya que al realizar la elusión del generador, se conoce: la hora a en la que se realizó la elusión y la actividad concentrada en un volumen determinado; teniendo estos datos y conociendo las actividades administradas, podemos restar las actividades correspondientes a las dosis usadas de la actividad de elusión y de esta manera conoceremos la actividad remanente presente en el vial de elusión listo para la gestión.

Medición directa de radiación

Este método para la determinación de la actividad es aplicable a los desechos sólidos generados en los tratamientos con I-131, los cuales se segregan en residuos orgánicos y ropa de cama y de vestir del paciente.

Para determinar la actividad presente en las bolsas que contienen los desechos mencionados se mide, a una distancia de 50 centímetros, con el detector de radiación la tasa de dosis de dichas bolsas. Una vez obtenido este valor, se procede a calcular la actividad, mediante la siguiente fórmula:

$$A = \frac{D \times d^2}{r}$$

donde: **A** es la actividad en la bolsa, expresada en GBq; **D** la tasa de dosis a la distancia considerada, en μSv ; **d** la distancia bolsa detector, en metros (m), y **r**

es la constante específica para el I-131 que esta dada por $\frac{0.7 \mu\text{Sv} \times \text{m}^2}{\text{h} \times \text{GBq}}$

Una vez determinada la actividad en cada uno de los casos descritos en la tabla 1, se procede a determinar el tiempo de almacenamiento que se le debe dar a cada bolsa de desechos radiactivos con el fin de que las actividades presentes alcancen el nivel de dispensa.

El tiempo de almacenamiento se calcula a partir de la ecuación para el decaimiento:

$$A = A_0 e^{-\frac{\ln 2}{T_{1/2}} t}$$

donde: **A**, es el nivel de evacuación convencional (en Bq ó Bq/g); **A₀** es la actividad o concentración de actividad presente en el material residual; $\tau_{1/2}$, es el periodo de semidesintegración para radionúclido analizado, y **t** es el tiempo de almacenamiento para alcanzar el nivel de evacuación convencional.

De la cual despejamos t:

$$t = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} \times \ln \frac{A_0}{A}$$

ANEXO 4

DISEÑO DE INSTALACIONES PEQUEÑAS DE ALMACENAMIENTO DE DESECHOS RADIACTIVOS

Consideraciones sobre la selección y el diseño de la instalación

Una pequeña 'instalación de almacenamiento' de desechos (por ejemplo, en laboratorios, hospitales y universidades) puede ser simplemente un armario seguro, una zona especialmente dedicada a tal fin, una sala, un edificio pequeño o un contenedor de envío de la Organización Internacional de Normalización. El diseño dependerá en gran medida de las propiedades, el inventario total y el peligro potencial del material almacenado. Las características del diseño deben perdurar durante la vida esperada de la instalación.

Los criterios que se deben tener en cuenta por el operador a la hora de seleccionar una instalación de almacenamiento son los siguientes:

- a) La zona en el exterior de la instalación de almacenamiento debe presentar un factor bajo de ocupación pública, así como escaso tráfico.
- b) El emplazamiento debe proporcionar un nivel adecuado de seguridad física (por ejemplo, un solo punto de entrada, las ventanas solo necesarias para la ventilación y propiamente resguardadas, construcción sólida).
- c) El emplazamiento ha de estar lejos de otras zonas de almacenamiento peligroso (por ejemplo, almacenes de materiales explosivos e inflamables) y no debe estar expuesto a inundaciones.
- d) El emplazamiento debe ser adecuado para el traslado seguro de material a y de la instalación (por ejemplo, debe haber en el exterior de ésta una zona apropiada para carga y descarga).

La instalación, la zona o el armario de almacenamiento deben diseñarse teniendo en cuenta sus posibles usos futuros tras la clausura (utilizando, por ejemplo, superficies lisas y no porosas, revestimientos de plástico, equipo fácil de dismantelar y descontaminar).

El diseño de la instalación de almacenamiento debe facilitar la recuperabilidad de los desechos y la inspección de la instalación y los contenedores, así como del equipo y los desechos almacenados en ésta.

En el diseño de instalaciones de almacenamiento pequeñas, hay que considerar tanto las condiciones operacionales normales como anormales (por ejemplo, derramamientos, las consecuencias de la caída de un bulto, la propagación de contaminación).

El embalaje de los desechos representa la contención primaria del material radiactivo almacenado. La instalación de almacenamiento debe diseñarse de modo que suponga una contención adicional en caso necesario (por ejemplo,

en lo que respecta a blindaje, seguridad física, ventilación o filtración y sistemas de desagüe o muros de contención).

La instalación de almacenamiento ha de proporcionar un nivel apropiado de protección de los desechos frente a las condiciones meteorológicas propia del lugar y las condiciones ambientales adversas, para evitar un deterioro que pudiera tener implicaciones para la seguridad durante el almacenamiento o en la recuperación.

Blindaje

El grado de blindaje y la complejidad de su diseño, en el caso de que sea necesario, dependerán de los riesgos radiológicos asociados con los desechos almacenados. Los dispositivos de blindaje pueden ser desde simples contenedores o recipientes recubiertos de plomo y contenedores de fuentes en armarios y alacenas seguros hasta muros y fosos especialmente contruidos que formen parte de la estructura de la instalación de almacenamiento de desechos.

El operador debe en su evaluación de seguridad especificar las tasas máximas de dosis de radiación para las superficies exteriores de los embalajes de los desechos, las superficies del blindaje y las superficies exteriores de la instalación de almacenamiento de desechos. Deben establecerse requisitos de blindaje para garantizar que los niveles de radiación gamma en las superficies exteriores de la instalación son apropiados para zonas públicas y estén del orden de los 7 μSv por hora.

Ventilación

Una instalación pequeña de almacenamiento de desechos radiactivos puede no necesitar un sistema de ventilación, aunque la necesidad o no de éste debe evaluarse por el operador en la solicitud de su autorización sobre la base de un análisis caso por caso. Los factores que hay que considerar son: la posibilidad de que los desechos radiactivos originen material radiactivo aerotransportado que cree un riesgo radiológico (por ejemplo, el ^{131}I es muy volátil, la formación de ^{222}Rn a partir de desechos de ^{226}Ra), la posibilidad de acumulación localizada de gases inflamables y explosivos (como hidrógeno formado por radiólisis o en reacciones químicas) y la necesidad de controlar las condiciones ambientales (la humedad, la temperatura), tanto por la comodidad de los operadores como por el mantenimiento de la integridad de los embalajes. El diseño de los sistemas de ventilación puede exigir disposiciones en materia de filtración para impedir la liberación descontrolada de radionúclidos al medio ambiente en forma de gases o partículas.

Sistemas de protección contra incendios

Normalmente una instalación pequeña de almacenamiento de desechos radiactivos no precisa una protección contra incendios que vaya más allá de la que se exige para cumplir los códigos locales en la materia. En ausencia de un código local al respecto, el operador debe determinar la necesidad de un

sistema de protección contra el fuego (detectores de humo, extintores, aspersores) con la capacidad adecuada en dependencia de la clase de desechos radiactivos que se almacenaran. El objetivo fundamental del diseño ha de ser la detección temprana y la eliminación del fuego. El sistema deberá ser aprobado por la autoridad competente en este tema.

Puesta en servicio

Debido al limitado inventario y a los escasos riesgos derivados de la mayoría de las instalaciones pequeñas de almacenamiento de desechos radiactivos, no es necesario un proceso formal de puesta en servicio.

ANEXO 5

NIVELES DE DISPENSA

CUADRO 1: NIVELES DE DISPENSA GENÉRICOS PARA DESECHOS SÓLIDOS

Radionucleido	Nivel de dispensa para cantidades moderadas (Bq/g)	Radionucleido	Nivel de dispensa para cantidades moderadas (Bq/g)
H-3	1×10^6	Sr-89	1×10^3
C-14	1×10^4	Y-90	1×10^3
Na-22	1×10^1	Mo-99	1×10^2
Na-24	1×10^1	Tc-99	1×10^4
P-32	1×10^3	Tc-99m	1×10^2
S-35	1×10^5	In-111	1×10^2
Cl-36	1×10^4	I-123	1×10^2
K-42	1×10^2	I-125	1×10^3
Ca-45	1×10^4	I-131	1×10^2
Ca-47	1×10^1	Pm-147	1×10^4
Cr-51	1×10^3	Er-169	1×10^4
Fe-59	1×10^1	Au-198	1×10^2
Co-57	1×10^2	Hg-197	1×10^2
Co-58	1×10^1	Hg-203	1×10^2
Ga-67	1×10^2	Tl-201	1×10^2
Se-75	1×10^2	Ra-226	1×10^1
Sr-85	1×10^2	Th-232	1×10^0

Notas sobre el cuadro 1:

- a. Los niveles de dispensa genéricos del cuadro 1 se prescriben para cantidades moderadas de desechos y son idénticos a los niveles de exención de las **Normas Básicas Internacionales de Seguridad para la Protección Contra la Radiación Ionizante y para la Seguridad de las Fuentes de Radiación**, Colección Seguridad N° 115, OIEA, Viena (1997).
- b. Por cantidad moderada se entiende menos de 3 toneladas de desechos dispensados por año e instalación.
- c. Los niveles de dispensa aplicables a las cantidades grandes son un décimo de los valores que figuran en el cuadro 1.

CUADRO 2: TASAS DE VERTIDO EN FORMA LÍQUIDA A ALCANTARILLAS, RÍOS Y OTRAS GRANDES MASAS DE AGUA.

Radionucleidos	Tasa de emisión anual (Bq/año)	Tasa de emisión mensual (Bq/mes)	Tasa de emisión diaria (Bq/día)
H-3	10^9	10^8	10^7
C-14	10^7	10^6	10^5
Na-22	10^2	10	1
Na-24	10^5	10^4	10^3
P-32	10^3	10^2	10
S-35	10^6	10^5	10^4
Cl-36	10^7	10^6	10^5
Kr-42	10^6	10^5	10^4
Ca-45	10^7	10^6	10^5
Ca-47	10^5	10^4	10^3
Cr-51	10^5	10^4	10^3
Fe-59	10^3	10^2	10
Co-57	10^6	10^5	10^4
Co-58	10^5	10^4	10^3
Ga-67	10^5	10^4	10^3
Se-75	10^3	10^2	10
Sr-85	10^3	10^2	10
Sr-89	10^6	10^5	10^4
Y-90	10^7	10^6	10^5
Mo-99	10^5	10^4	10^3
Tc-99	10^7	10^6	10^5
Tc-99m	10^6	10^5	10^4
In-111	10^5	10^4	10^3
I-123	10^6	10^5	10^4
I-125	10^5	10^4	10^3
I-131	10^5	10^4	10^3
Pm-146	10^7	10^6	10^5
Er-169	10^7	10^6	10^5
Au-198	10^5	10^4	10^3

Hg-197	10^6	10^5	10^4
Hg-203	10^4	10^3	10^2
Tl-201	10^5	10^4	10^3
Ra-226	10^3	10^2	10
Th-232	10^3	10^2	10

Notas sobre el cuadro 2:

1. El cuadro indica las tasas de emisión anuales por debajo de las cuales los desechos líquidos miscibles con agua pueden verterse incondicionalmente en aguas residuales normales por una tubería a una alcantarilla, un río u otra gran masa de agua. Como no sería necesariamente conveniente que todo el vertido se efectuara en un período muy breve, también se indican los límites mensuales y diarios, que son una décima y una centésima parte de los límites anuales, respectivamente.
2. La deducción de los niveles de dispensa aplicables a las emisiones líquidas se expone en la referencia IAEA-TECDOC-1000 (1998)²⁷. En el caso del vertido a alcantarillas se consideraron dos escenarios extremos: la hipótesis de que no queda ningún material radiactivo retenido en los lodos de alcantarilla, sino que todos revierten a la masa de agua en forma líquida; y la hipótesis que todos los materiales radiactivos vertidos quedan retenidos en dichos lodos en la instalación de tratamiento de aguas residuales. Se calcularon las dosis de radiación en ambos casos y se adoptó el nivel más restrictivo para expresar los valores del cuadro 2 tras dividirlos por 1000 como factor conservador para tener en cuenta que:
 - a. los modelos utilizados en la referencia IAEA-TECDOC-1000 (1998) se elaboraron para aplicarlos en las condiciones de clima templado propias de Europa y América del Norte y que los supuestos relativos a dieta, agricultura y estilo de vida quizás no sean totalmente válidos en todos los países;
 - b. en los modelos utilizados no se consideró la transferencia de radionucleidos a cadenas alimentarias terrestres por riego o uso de lodos de alcantarilla en agricultura.
3. Al comparar el vertido con los niveles de dispensa hay que tener en cuenta que los radionucleidos admitidos para su uso en personas u otros organismos con fines de diagnóstico o terapia se descargan a la red de alcantarillado. Es un factor a considerar atendiendo a la magnitud de la actividad.
4. En lo que respecta a otros radionucleidos y niveles superiores de actividad, cualquier vertido que se haga habrá de ser específicamente autorizado por la autoridad reguladora después de evaluar todas las circunstancias de interés.

²⁷ ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA. **Clearance of Materials resulting from the use of Radionuclides in Medicine, Industry and Research.** IAEA-TECDOC-1000, Vienna (1998).

5. En la práctica, estará presente en muchos casos más de un radionucleido. Para determinar si una mezcla de radionucleidos se ajusta al nivel de dispensa o se sitúa por debajo de él se puede utilizar la simple expresión:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_{Li}} \leq 1$$

donde C_i es la concentración de radionucleido i en el material considerado (Bq/g); C_{Li} es el nivel de dispensa del radionucleido i presente en ese material (Bq/g); y n es el número de radionucleidos presentes en la mezcla.

Como indica la expresión anterior, se suma para todos los radionucleidos de la mezcla la relación entre la concentración de cada radionucleido y el nivel de dispensa. Si esta suma es inferior o igual a 1, el material cumple los requisitos de dispensa.

CUADRO 3: EMISIONES GASEOSAS AL AIRE LIBRE.

Radionucleido	Tasa de emisión anual (Bq/año)	Tasa de emisión mensual (Bq/mes)	Tasa de emisión diaria (Bq/día)
H-3	10^8	10^7	10^6
C-14	10^7	10^6	10^5
Na-22	10^3	10^2	10
Na-24	10^6	10^5	10^4
P-32	10^5	10^4	10^3
S-35	10^5	10^4	10^3
Cl-36	10^4	10^3	10^2
K-42	10^7	10^6	10^5
Ca-45	10^5	10^4	10^3
Ca-47	10^6	10^5	10^4
Cr-51	10^6	10^5	10^4
Fe-59	10^5	10^4	10^3
Co-57	10^6	10^5	10^4
Co-58	10^6	10^5	10^4
Ga-67	10^7	10^6	10^5
Se-75	10^5	10^4	10^3
Sr-85	10^5	10^4	10^3
Sr-89	10^5	10^4	10^3
Y-90	10^7	10^6	10^5
Mo-99	10^6	10^5	10^4
Tc-99	10^4	10^3	10^2
Tc-99m	10^8	10^7	10^6
In-111	10^6	10^5	10^4
I-123	10^7	10^6	10^5
I-125	10^5	10^4	10^3
I-131	10^5	10^4	10^3
Xe-127	10^8	10^7	10^6
Xe-133	10^9	10^8	10^7
Pm-147	10^7	10^6	10^5
Er-169	10^7	10^6	10^5

Au-198	10^6	10^5	10^4
Hg-197	10^7	10^6	10^5
Hg-203	10^5	10^4	10^3
Tl-201	10^7	10^6	10^5
Ra-226	10^3	10^2	10
Th-232	10^2	10	1

Notas sobre el cuadro 3:

1. El cuadro indica las tasas de emisión anuales por debajo de las cuales los desechos gaseosos pueden verterse incondicionalmente por los sistemas de ventilación (por ejemplo, de las campanas extractoras de humos de los laboratorios) o por algún otro medio al aire libre, en una forma y posición que haga imposible el retorno a cualquier edificio. Como el vertido no se efectuará en un período muy corto, también se indican los límites mensuales y diarios, que son una décima y una centésima parte de los límites anuales, respectivamente.
2. La deducción de los niveles de dispensa aplicables a las emisiones gaseosas se expone en la referencia IAEA-TECDOC-1000. Se supuso que una persona vivía a 20 metros del punto de emisión y que toda su alimentación de origen vegetal provenía de una zona en un radio de 100 metros del punto de emisión y la de origen animal, de una zona en un radio de 800 metros de dicho punto. Las dosis de radiación se calcularon sumando la exposición por inhalación e ingestión y por vías externas y se adoptaron para expresar los valores del cuadro 3 tras dividirlos por 1000 como factor conservador para tener en cuenta que los modelos utilizados en la referencia IAEA-TECDOC-1000 se elaboraron para aplicarlos en las condiciones de clima templado propias de Europa y América del Norte y que es preciso revisarlos para los países con tipos muy diferentes de dieta, agricultura y estilo de vida.

En lo que respecta a otros radionucleidos y niveles superiores de actividad, cualquier vertido que se realice habrá de ser específicamente autorizado por la autoridad reguladora luego de evaluar todas las