

SECRETARIA DE ENERGIA

NORMA Oficial Mexicana NOM-011-NUCL-2021, Límites de actividad y clasificación de materiales radiactivos y bultos para efectos de transporte.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Energía.- Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-011-NUCL-2021, "LÍMITES DE ACTIVIDAD Y CLASIFICACIÓN DE MATERIALES RADIATIVOS Y BULTOS PARA EFECTOS DE TRANSPORTE"

JUAN EIBENSCHUTZ HARTMAN, Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CCNN-SNyS) y Director General de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias con fundamento en los artículos 33 fracción XIII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 18 fracción III, 19, 21, 29, 30 y 50 fracciones I, II, III y XI de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear; cuarto transitorio de la Ley de Infraestructura de la Calidad; 38 fracciones I, II, III, 40 fracciones I, III, V, XIII y XVII, 41, 47, fracción IV, y 73 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28 y 34 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 2, 9, 11, 13, 14, 15, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36 y 37 del Reglamento para el Transporte Seguro de Material Radiactivo; 199 del Reglamento General de Seguridad Radiológica, y 2, apartado F, fracción I, 40, 41 y 42 fracciones VIII, XII, XXX, XXXIII y XXXIV del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía.

CONSIDERANDO

Primero. Que con fecha 16 de noviembre de 2018, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, publicó en el Diario Oficial de la Federación el Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-011-NUCL-2018, "Límites de actividad y clasificación de materiales radiactivos y bultos para efectos de transporte", a efecto de recibir comentarios de los interesados.

Segundo. Que transcurrido el plazo de 60 días a que se refiere el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para recibir los comentarios mencionados en el considerando anterior, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias analizó los comentarios recibidos y, en los casos que estimó procedente, realizó las modificaciones al proyecto en cita.

Tercero. Que con fecha 2 de octubre de 2019, se publicaron en el Diario Oficial de la Federación las respuestas a los comentarios antes referidos, en cumplimiento a lo previsto por el artículo 47 fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Cuarto. Que en atención a lo expuesto en los considerandos anteriores y toda vez que el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-011-NUCL-2021, "LÍMITES DE ACTIVIDAD Y CLASIFICACIÓN DE MATERIALES RADIATIVOS Y BULTOS PARA EFECTOS DE TRANSPORTE"

Prefacio

La elaboración de la presente Norma Oficial Mexicana es competencia del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias integrado por:

- Secretaría de Energía.
Unidad de Asuntos Jurídicos/Dirección de Estudios y Consultas C.
Subsecretaría de Electricidad/Unidad del Sistema Eléctrico Nacional y Política Nuclear/Dirección General Adjunta de Coordinación de la Industria Eléctrica
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
Dirección General de Autotransporte Federal
Dirección General de Marina Mercante
- Secretaría de Economía.
- Secretaría de Gobernación.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Secretaría de Salud.
Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias

Hospital Juárez de México

Hospital Regional de Alta Especialidad "Ciudad Salud"

- Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
- Comisión Federal de Electricidad.
- Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado.
- Instituto Mexicano del Seguro Social.
- Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.
- Instituto Politécnico Nacional.
- Instituto Nacional de Electricidad y Energías
- Universidad Nacional Autónoma de México.
- Instituto de Ciencias Nucleares.
- Instituto Nacional de Pediatría.
- Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, Manuel Velasco Suárez.
- Sociedad Mexicana de Seguridad Radiológica, A.C.
- Federación Mexicana de Medicina Nuclear e Imagen Molecular, A.C.
- Colegio de Medicina Nuclear de México, A.C.
- Sociedad Mexicana de Radioterapeutas, A.C.
- Sociedad Nuclear Mexicana, A.C.
- Asociación Mexicana de Física Médica, A.C.
- Asociación Mexicana de Radioprotección, A.C.
- Asociación Mexicana de Empresas de Ensayos No Destructivos, A.C.
- Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior
- Cámara Nacional de la Industria de la Transformación
- Consejo de Normalización y Certificación de Competencia Laboral
- Asesores en Radiaciones, S.A.
- Servicios Integrales para la Radiación, S.A. de C.V.
- Asesoría Especializada y Servicios Corporativos, S.A. de C.V.
- Servicios a la Industria Nuclear y Convencional, S.A. de C.V.
- Radiación Aplicada a la Industria, S.A. de C.V.
- Control de Radiación e Ingeniería, S.A. de C.V.
- Tecnofísica Radiológica, S.C.
- Electrónica y Medicina, S.A.
- Radiografía Industrial y Ensayos, S.A. de C.V.
- Endomédica, S.A. de C.V.
- Radiografías Caballero, S.A. de C.V.
- Control Total de Calidad en Procedimientos de Soldadura, S.A. de C.V.
- Scantibodies Imagenología y Terapia, S.A. de C.V.
- Pruebas de Soldadura, S.A. de C.V.
- Maquinado en Ingeniería de Soporte, S.A. de C.V.
- Medicina, Industria y Seguridad Radiológica S.A. de C.V.
- Bartlett De México S. A. DE C.V.
- Eerms, SA de CV
- Veyron Physics S.A. de C.V
- Radiaciones del Sureste Aplicadas, S.A. DE C.V.

- Transportaciones Nacionales e Internacionales Regias, S.A. de C.V.
- Materiales de Referencia, Instrumentos y Calibraciones S.A. de C.V.
- Clínica San José S.A. de C.V.
- Medicina Nuclear de Chiapas S. de R.L. de C.V.
- Construcciones y Radiografías Industriales de la Huasteca, S.A. de C.V.
- Adiestramiento y Capacitación Nuclear, S.A. de C.V.
- Sterigenics, S. DE R.L. de C.V.
- Proveedora de Servicios Industriales y Suministros Industriales, S. de R.L. de C.V.
- Instrumentos y Equipos Falcón S.A. DE C.V.
- Fundación Teletón Vida, I. A. P.
- Accelparts, S. de R.L. de C.V.
- AccesoFarm S.A. de C.V.
- Química y Radiaciones de México, S.A. de C.V.
- Rapiscan Systems México, S. de R.L. de C.V.
- Hospital Ángeles Del Pedregal S.A. de C.V.
- Soluciones en Radiación, Consultoría y Capacitación, S.A. de C.V.
- Hospital San Javier, S.A. de C.V.

Con objeto de elaborar la propuesta de NOM-011-NUCL-2021, se constituyó un Grupo de Trabajo con la participación voluntaria de los siguientes actores:

- Secretaría de Energía.
Unidad de Asuntos Jurídicos/Dirección de Estudios y Consultas C.
Subsecretaría de Electricidad/Unidad del Sistema Eléctrico Nacional y Política Nuclear/Dirección General Adjunta de Coordinación de la Industria Eléctrica
- Asociación Mexicana de Física Médica, A.C.
- Asociación Mexicana de Radioprotección, S. C.
- Asesoría Especializada y Servicios Corporativos, S. A. de C. V.
- Control de Radiaciones e Ingeniería, S.A. de C.V.
- Secretaría de Gobernación
Coordinación Nacional de Protección Civil
- Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.
- Instituto Mexicano del Seguro Social
- UMAE Hospital de Cardiología CMN Siglo XXI
- Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ciencias Nucleares
- Maquinado e Ingeniería de Soporte, S.A. de C.V.
- Radiación Aplicada a la Industria, S.A. de C.V.
- Schlumberger Offshore Services, N. V.
- Servicios a la industria Nuclear y Convencional, S. A. de C. V.
- Secretaría de Salud
- Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes
- Dirección de Marina Mercante
- Servicios Integrales para la Radiación, S.A. de C.V.
- Tecnofísica Radiológica, S. C.

ÍNDICE

0. Introducción
1. Objetivo y campo de aplicación
2. Definiciones y abreviaturas
3. Determinación de los valores básicos de los radionúclidos
4. Clasificación de los materiales radiactivos
5. Clasificación de bultos
6. Requisitos para el transporte de materiales BAE y OCS
7. Vigilancia
8. Procedimiento de evaluación de la conformidad
9. Concordancia con normas internacionales

Apéndice A (Normativo) Valores básicos de los radionúclidos

10. Bibliografía

TRANSITORIOS**0. Introducción**

Una de las medidas encaminadas a mantener la seguridad radiológica para el transporte de material radiactivo es limitar la actividad del material radiactivo a transportar en los bultos. Con el fin de limitar dicha actividad en esta norma se establecen los valores A_1 , para materiales radiactivos en forma especial, y A_2 , para los materiales radiactivos que no estén en forma especial.

Por otro lado, es importante reconocer que en el transporte de material radiactivo existen algunas situaciones en las que el impacto radiológico potencial sobre la población y el ambiente no representa un riesgo que requiera control regulador por parte de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias. Por este motivo se establecen en la presente norma los límites de concentración de actividad para material radiactivo y los límites de actividad para remesas, que permitan exentarlos de los requisitos reguladores durante su transporte.

De igual manera, se considera necesario clasificar el material radiactivo en función de su origen y actividad, para efectos de transporte, ya que dependiendo de su clasificación se determinará el tipo de bulto en el que se transportarán de forma segura.

Los bultos se clasifican en función del material radiactivo y la actividad que transportarán, con el fin de garantizar que la contención que proporcionan será la adecuada para el uso previsto, de manera que se eviten fugas, dispersión, derrames y niveles de radiación que puedan causar daños a las personas, a sus bienes y al ambiente.

En el caso de los materiales radiactivos de Baja Actividad Específica y los Objetos Contaminados en la Superficie que se transportan en bultos industriales (BI) tipos 1, 2 o 3 (BI-1, BI-2, BI-3), es necesario establecer las condiciones bajo las cuales, en función de la modalidad de transporte, se seleccione el tipo de bulto en que se transportan.

Asimismo, es necesario establecer los límites de actividad para el medio de transporte de dichos bultos o materiales.

En la práctica del transporte de material radiactivo, es posible transportar pequeñas cantidades de este material, así como artículos u objetos manufacturados con material radiactivo en bultos denominados como exceptuados, a los cuales no se les aplican pruebas para demostrar la integridad de la contención o del blindaje. Debido a ello, es necesario limitar el contenido de estos bultos a niveles de actividad tales, que los riesgos potenciales debido a su transporte sean insignificantes.

1. Objetivo y campo de aplicación**1.1. Objetivo**

Establecer los valores básicos A_1 y A_2 de los radionúclidos, así como la clasificación de los materiales radiactivos y de los bultos que los contengan, para efectos de su transporte seguro.

Establecer los límites de actividad para el contenido radiactivo de los bultos exceptuados y los medios de transporte de materiales radiactivos de Baja Actividad Específica y Objetos Contaminados, así como el tipo de bulto que debe utilizarse en función de la modalidad de transporte.

1.2. Campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana es aplicable a todos los materiales radiactivos y bultos que los contengan y que se pretendan transportar dentro del territorio nacional.

2. Definiciones y abreviaturas

Para los propósitos de esta Norma Oficial Mexicana, se aplican los términos y definiciones siguientes:

2.1. Actividad específica

La actividad de un radionúclido por unidad de masa del mismo. La actividad específica de un material en el que los radionúclidos estén distribuidos de manera uniforme, es la actividad por unidad de masa de ese material.

2.2. Aprobación multilateral

La aprobación concedida por la autoridad competente del país de origen del diseño o de la expedición, según proceda, y también, en caso de que la remesa se haya de transportar a través o dentro de cualquier otro país, la aprobación de la autoridad competente de ese país.

2.3. Aprobación unilateral

La aprobación de un diseño que es emitida por la autoridad competente del país de origen del diseño.

2.4. Emisores alfa de baja toxicidad

El uranio natural, uranio empobrecido, torio natural, uranio 235, uranio 238, torio 232, torio 228 y torio 230 contenidos en minerales o en concentrados físicos o químicos; o emisores alfa con un periodo de semidesintegración de menos de 10 días.

2.5. Sustancias fisiónables

El uranio 233, uranio 235, plutonio 238, plutonio 239, plutonio 241, o cualquier combinación de estos radionúclidos. Quedan excluidos de esta definición el uranio natural y el uranio empobrecido siempre que no hayan sido irradiados, y el uranio natural y el uranio empobrecido irradiados en reactores nucleares térmicos.

2.6. Torio no irradiado

Aquél que no contenga más de 10^{-7} gramos de uranio 233 por gramo de torio 232.

2.7. Uranio enriquecido

Aquél que contenga un porcentaje en masa de uranio 235 superior al 0.72%.

2.8. Uranio no irradiado

Aquél que no contenga más de 2×10^3 Bq de plutonio por gramo de uranio 235, no más de 9×10^6 Bq de productos de fisión por gramo de uranio 235 y no más de 5×10^{-3} gramos de uranio 236 por gramo de uranio 235.

2.9. Uso exclusivo

El empleo de una Unidad de Transporte o un Contenedor de Carga por un solo Expedidor y respecto del cual todas las maniobras de carga y descarga iniciales, intermedias y finales se llevan a cabo de acuerdo a las directrices del Expedidor o del Destinatario.

2.10. Valores básicos de los radionúclidos

Son los valores de actividad A_1 y A_2 , en TBq; los límites de concentración de actividad para material exento, en Bq/g y los límites de actividad para remesas exentas, en Bq, los cuales se toman de referencia para la clasificación de los materiales radiactivos y los bultos que los contienen para efectos de transporte.

2.11. Remesa:

Los bultos o carga de Material Radiactivo, presentado por un expedidor para su transporte.

3. Determinación de los valores básicos de los radionúclidos

3.1. En el caso de radionúclidos que se encuentren en la tabla A.1 del Apéndice A (Normativo) de la presente norma, se deben obtener los siguientes valores básicos correspondientes:

3.1.1. Los valores A_1 y A_2 en TBq

3.1.2. Los límites de concentración de actividad para material exento en Bq/g;

3.1.3. Los límites de actividad para remesas exentas en Bq.

3.2. En el caso de radionúclidos que no se encuentren en la tabla A.1 del Apéndice A (Normativo) de la presente norma, deben utilizarse los valores básicos de los radionúclidos que figuran en la Tabla 1 de la presente norma.

3.3 En el caso de mezclas de radionúclidos, los valores básicos de los radionúclidos se determinan mediante la siguiente fórmula:

$$X_m = \frac{1}{\sum_i \frac{f(i)}{X(i)}}$$

Donde:

$f(i)$ es la fracción de actividad o concentración de actividad del radionúclido i en la mezcla;

$X(i)$ es el valor apropiado de A_1 o A_2 , o el límite de concentración de actividad para material exento o el límite de actividad para una remesa exenta, según corresponda, para el radionúclido i ; y

X_m es el valor derivado de A_1 o A_2 , o el límite de concentración de actividad para material exento o el límite de actividad para una remesa exenta, en el caso de una mezcla.

3.4. Cuando se conozca la identidad de todos los radionúclidos, pero se ignoren las actividades de algunos de ellos, los radionúclidos pueden agruparse y se puede utilizar el valor del radionúclido más bajo, según proceda, para los radionúclidos de cada grupo al aplicar las fórmulas de los apartados 3.3 y 5.3.3. La formación de los grupos puede basarse en la actividad alfa total y en la actividad beta/gamma total, cuando éstas se conozcan, utilizando los valores más bajos de radionúclidos para los emisores alfa o los emisores beta/gamma, respectivamente.

3.5. Para mezclas de radionúclidos de los que no se dispone de datos pertinentes, se utilizarán los valores que figuran en la Tabla 1.

Valores básicos para radionúclidos o mezclas para los cuales no se disponen de datos

Tabla 1

Contenido radiactivo	A_1 TBq	A_2 TBq	Límite de concentración de actividad para material exento Bq/g	Límite de actividad para una remesa exenta Bq
Sólo se conoce la presencia de radionúclidos emisores beta o gamma	0.1	0.02	1×10^1	1×10^4
Se sabe que existen radionúclidos emisores alfa, pero no emisores de neutrones	0.2	9×10^{-5}	1×10^{-1}	1×10^3
Se sabe que existen radionúclidos emisores de neutrones o no se dispone de ningún dato pertinente	0.001	9×10^{-5}	1×10^{-1}	1×10^3

4. Clasificación de los materiales radiactivos

- a. Materiales de baja actividad específica: BAE-I, BAE-II y BAE-III;
- b. Objetos contaminados en la superficie: OCS-I y OCS-II;
- c. Material radiactivo en forma especial;
- d. Sustancias fisionables;
- e. Material radiactivo de baja dispersión, y
- f. Hexafluoruro de uranio.

4.1. Materiales de baja actividad específica (BAE)

Son aquellos que por su naturaleza tienen una actividad específica limitada o a los que se les aplican límites de la actividad específica promedio estimada. Los materiales BAE se clasifican a su vez en BAE-I, BAE-II y BAE-III, de acuerdo con los siguientes criterios:

4.1.1 BAE-I:

4.1.1.1. Minerales y concentrados de uranio y torio, y otros minerales con radionúclidos contenidos naturalmente en ellos, que vayan a someterse a tratamiento para utilizar esos radionúclidos;

4.1.1.2 Uranio natural, uranio empobrecido, torio natural o sus compuestos o mezclas, que no estén irradiados y se encuentren en estado sólido o líquido;

4.1.1.3 Materiales radiactivos para los que el valor de A_2 no tenga límite; las sustancias fisionables pueden incluirse sólo cuando son exceptuadas de conformidad con el numeral 4.5.1 de esta norma,

4.1.1.4. Materiales radiactivos en los cuales la actividad está distribuida en ellos y la actividad específica promedio estimada no exceda de 30 veces los límites de concentración de actividad para material exento establecidos en la tabla A.1 del Apéndice A (Normativo) de esta norma. Las sustancias fisionables pueden incluirse sólo cuando son exceptuadas de conformidad con el numeral 4.5.1 de la presente norma.

4.1.2. BAE-II:

4.1.2.1. Agua con una concentración de tritio de hasta 0.8 TBq/l (21 Ci/l), y

4.1.2.2. Otros materiales en los que la actividad esté distribuida a través de los mismos y que la actividad específica promedio estimada no sea mayor de 10^{-4} A₂/g para sólidos y gases, y 10^{-5} A₂/g para líquidos.

4.1.3. BAE-III:

Sólidos, excluidos los polvos, en los que:

4.1.3.1. Los materiales radiactivos se encuentren distribuidos en un objeto sólido o en un conjunto de objetos sólidos, o están distribuidos homogéneamente en una matriz de un agente aglomerante, tal como: hormigón, asfalto, material cerámico, entre otros;

4.1.3.2. Los materiales radiactivos sean insolubles o estén contenidos intrínsecamente en una matriz insoluble, de manera que, incluso en caso de pérdida del embalaje, la pérdida de material radiactivo por bulto, producida por lixiviación tras 7 días de inmersión en agua no exceda de $0.1A_2$, y

4.1.3.3. La actividad específica promedio estimada del sólido, excluido todo el material del blindaje, no sea mayor de 2×10^{-3} A₂/g.

4.1.4. Para determinar la actividad específica promedio estimada no deben tenerse en cuenta los materiales externos de blindaje que circunden a los materiales BAE.

4.1.5. El contenido radiactivo en un solo bulto de materiales BAE se limitará de modo que el nivel de radiación a 3 m de distancia del material no exceda de 10 mSv/h, y la actividad en un solo bulto debe también restringirse de modo que no se superen los límites de actividad correspondientes al medio de transporte especificado en la Tabla 2.

Límites de actividad para las unidades de transporte de materiales BAE y OCS en bultos industriales o sin embalar

Tabla 2

Naturaleza del material	Límite de actividad para unidades de transporte que no sean embarcaciones de navegación interior	Límite de actividad para una bodega o compartimiento de una embarcación de navegación interior
BAE-I	Sin límite	Sin límite
BAE-II y BAE-III, Sólidos no combustibles	Sin límite	$100A_2$
BAE-II y BAE-III, Sólidos combustibles, y todos los líquidos y gases	$100A_2$	$10A_2$
OCS	$100A_2$	$10A_2$

4.2. Objetos contaminados en la superficie (OCS)

Objetos sólidos que no son en sí radiactivos, pero que tienen materiales radiactivos distribuidos en su superficie. Se clasifican en OCS-I y OCS-II, según el tipo de emisiones y nivel de contaminación, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 3.

Clasificación de los OCS**Tabla 3**

OCS	Tipo de emisiones	Tipo de contaminación (en una superficie promedio de 300 cm ²)		
		Transitoria en la superficie accesible Bq/cm ² ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$)	Fija en la superficie accesible Bq/cm ² ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$)	Suma de fija y transitoria en la superficie inaccesible Bq/cm ² ($\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$)
I	β/γ y α de baja toxicidad	≤ 4 ($\leq 10^{-4}$)	$\leq 4 \times 10^4$ (≤ 1)	$\leq 4 \times 10^4$ (≤ 1)
	Otros emisores α	≤ 0.4 ($\leq 10^{-5}$)	$\leq 4 \times 10^3$ (≤ 0.1)	$\leq 4 \times 10^3$ (≤ 0.1)
II	β/γ y α de baja toxicidad	>4 y ≤ 400 ($>10^{-4}$ y $\leq 10^{-2}$)	$>4 \times 10^4$ y $\leq 8 \times 10^5$ (>1 y ≤ 20)	$>4 \times 10^4$ y $\leq 8 \times 10^5$ (>1 y ≤ 20)
	Otros emisores α	>0.4 y ≤ 40 ($>10^{-5}$ y $\leq 10^{-3}$)	$>4 \times 10^3$ y $\leq 8 \times 10^4$ (>0.1 y ≤ 2)	$>4 \times 10^3$ y $\leq 8 \times 10^4$ (>0.1 y ≤ 2)

4.2.1. El contenido radiactivo en un solo bulto de OCS se limitará de modo que el nivel de radiación externa a 3 m de distancia del objeto contaminado en la superficie no exceda de 10 mSv/h.

4.2.2. La actividad en un solo bulto debe restringirse de modo que la actividad total en un solo compartimiento o bodega de una embarcación de navegación interior, o en otro medio de transporte, para acarreo de OCS en bultos del Tipo BI-1, del Tipo BI-2 y del Tipo BI-3 o sin embalar, no exceda los límites indicados en la Tabla 2.

4.3. Materiales radiactivos en forma especial

Es un material radiactivo sólido no dispersable o una cápsula sellada que contiene materiales radiactivos, que cumple los siguientes requisitos:

4.3.1. La longitud debe ser mayor o igual a 5 mm.

4.3.2. Estarán diseñados de tal manera que cumplan las pruebas para especímenes de bultos para el transporte de material radiactivo en forma especial especificadas en la normatividad correspondiente.

4.3.3. Cuando una cápsula sellada forme parte integral de los materiales radiactivos en forma especial, la cápsula debe estar construida de manera tal que sólo pueda abrirse destruyéndola.

4.3.4. El diseño de los materiales radiactivos en forma especial requerirá Autorización de Diseño de Material Radiactivo en forma especial.

4.4. Material radiactivo de baja dispersión

Los materiales radiactivos se deben clasificar como materiales radiactivos de baja dispersión sólo si cumplen con los siguientes requisitos:

4.4.1. El nivel de radiación a 3 m de distancia de los materiales radiactivos sin blindaje no excede de 10 mSv/h.

4.4.2. Cuando se le someta a la prueba térmica reforzada y a la prueba de impacto, especificadas en la normatividad correspondiente, la liberación en suspensión en el aire en forma gaseosa y de partículas de un diámetro aerodinámico equivalente de hasta 100 μm no exceda de 100A₂.

4.4.3. Cuando se le someta a la prueba de lixiviación especificada en la normatividad correspondiente, la actividad en el agua no exceda de 100A₂. En la aplicación de esta prueba se tendrán en cuenta los efectos nocivos de las pruebas indicadas en el numeral 4.4.2 de la presente norma.

4.4.4. El diseño de los materiales radiactivos de baja dispersión requerirá aprobación multilateral.

4.5. Sustancias fisionables

4.5.1. Los bultos que contienen sustancias fisionables solamente pueden ser clasificados como “fisionables exceptuados” si cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

4.5.1.1. Un límite de masa por remesa, siempre que la dimensión externa más pequeña de cada bulto no sea inferior a 10 cm, tal que:

$$\frac{\text{masa de uranio 235 (g)}}{X} + \frac{\text{masa de otras sustancias fisionables (g)}}{Y} < 1,$$

Donde X e Y son los límites de masa definidos en la tabla 4, siempre que:

i) Cada uno de los bultos contenga una cantidad no superior a 15 g de sustancias fisionables; tratándose de materiales sin embalar, este límite de cantidad se aplicará a la remesa que se lleve en la unidad de transporte; o

ii) Las sustancias fisionables sean soluciones o mezclas hidrogenadas homogéneas en las que la razón de sustancias fisionables a hidrógeno sea inferior al 5% en masa; o

iii) No haya más de 5 g de sustancias fisionables en cualquier volumen de 10 litros de material.

iv) El berilio no debe estar presente en cantidades que excedan del 1% de los límites de masa por remesa aplicables que figuran en la Tabla 4, salvo cuando la concentración de berilio en los materiales no exceda de 1 g de berilio en cualquier cantidad de 1000 g de material.

v) El deuterio tampoco debe estar presente en cantidades que excedan del 1% de los límites de masa por remesa aplicables que figuran en la Tabla 4, salvo el caso del deuterio en concentración natural en el hidrógeno.

4.5.1.2. El uranio enriquecido en uranio 235 hasta un máximo de un 1% en masa, con un contenido total de plutonio y de uranio 233 que no exceda de un 1% de la masa de uranio 235, siempre que las sustancias fisionables se encuentren homogéneamente distribuidas por todo el material. Además, si el uranio 235 se halla presente en forma metálica, de óxido o de carburo, no debe formar un arreglo reticular.

4.5.1.3. Las soluciones líquidas de nitrato de uranio enriquecido en uranio 235 hasta un máximo de un 2% en masa, con un contenido total de plutonio y uranio 233 que no exceda del 0.002% de la masa de uranio, y con una razón atómica mínima de nitrógeno a uranio (N/U) de 2.

4.5.1.4. El plutonio que no contenga más de un 20% de sustancias fisionables en masa hasta un máximo de 1 kg de plutonio por remesa. Las expediciones a las que se aplique esta excepción se realizarán según la modalidad de uso exclusivo.

4.5.2. Sólo puede aplicarse una de las condiciones establecidas en los puntos 4.5.1.1 a 4.5.1.4 por remesa.

Límites de masa por remesa considerados para las excepciones de los requisitos relativos a los bultos que contengan sustancias fisionables

Tabla 4

Sustancias fisionables	Masa de sustancias fisionables mezclada con sustancias de una densidad media de hidrógeno inferior o igual a la del agua g	Masa de sustancias fisionables mezclada con sustancias de una densidad media de hidrógeno superior a la del agua g
Uranio 235 (X)	400	290
Otras sustancias fisionables (Y)	250	180

4.5.3. A menos que los bultos estén exceptuados por lo dispuesto en los numerales 4.5.1.1 a 4.5.1.4, los bultos para sustancias fisionables no deben contener:

4.5.3.1 Una masa de sustancias fisionables (o, si se trata de mezclas, la masa de cada radionúclido fisionable, según proceda) diferente de la autorizada para el diseño del bulto;

4.5.3.2. Ningún radionúclido o sustancia fisionable diferente de los autorizados para el diseño del bulto; o

4.5.3.3 Sustancias en una forma o en un estado físico o químico, o en una disposición espacial, diferentes de los autorizados para el diseño del bulto, según se especifique en sus respectivos certificados de aprobación de diseño, cuando proceda.

4.6. Hexafluoruro de uranio

4.6.1. La masa de hexafluoruro de uranio no debe ser diferente a la autorizada para el diseño del bulto.

4.6.2. La masa de hexafluoruro de uranio no debe ser superior a un valor que pueda conducir a un volumen en vacío inferior al 5% a la temperatura máxima del bulto, según se especifique para los sistemas de las instalaciones en las que se utilizará el bulto.

4.6.3. El hexafluoruro de uranio estará en forma sólida y la presión interna no debe ser superior a la presión atmosférica cuando el bulto se presente para su transporte.

5. Clasificación de los bultos

Para cada bulto o sobreenvase debe determinarse el número de las Naciones Unidas (UN) y el nombre correcto de expedición de conformidad con la normatividad correspondiente.

Los bultos se clasifican a su vez en:

- a) Bultos Exceptuados;
- b) Bultos Industriales Tipo 1 (BI-1)
- c) Bultos Industriales Tipo 2 (BI-2)
- d) Bultos Industriales Tipo 3 (BI-3)
- e) Bultos Tipo A
- f) Bultos Tipo B (U)
- g) Bultos Tipo B (M) y
- h) Bultos Tipo C.

5.1 Bulto exceptuado

Un bulto puede clasificarse como bulto exceptuado cuando:

5.1.1. Son embalajes/envases vacíos que hayan contenido previamente materiales radiactivos. Estos pueden clasificarse como exceptuados siempre que:

5.1.1.1. Se mantengan en buen estado de conservación y firmemente cerrados;

5.1.1.2. De existir uranio o torio en su estructura, la superficie exterior de los mismos esté cubierta con una funda o envoltura inactiva de metal o de algún otro material resistente;

5.1.1.3. El nivel de contaminación transitoria interna, promediada sobre 300 cm² de cualquier parte de la superficie, no sea superior a:

5.1.1.3.1. 400 Bq/cm² en el caso de emisores beta y gamma y emisores alfa de baja toxicidad; o

5.1.1.3.2. 40 Bq/cm² en el caso de todos los demás emisores alfa, y

5.1.1.4. No ostenten las etiquetas que puedan haber llevado sobre su superficie.

5.1.2. Contienen instrumentos o artículos en cantidades limitadas tal como se especifica en la Tabla 5 de la presente norma.

5.1.2.1. Si los materiales radiactivos están contenidos o forman parte de un instrumento o artículo manufacturado, y su actividad es menor a los límites de la Tabla 5, pueden clasificarse como bultos exceptuados para condiciones de transporte, siempre que cumplan lo siguiente:

5.1.2.1.1. El nivel de radiación a diez centímetros de distancia de cualquier punto de la superficie externa del instrumento o artículo sin embalar/envasar, no exceda de 0.1 mSv/h;

5.1.2.1.2. Los instrumentos o artículos tengan la inscripción "RADIOACTIVO", a excepción de los relojes o dispositivos radioluminiscentes; o los productos de consumo que sean exentos de conformidad con la normatividad correspondiente, o bien no rebasen individualmente el límite de actividad establecido en la tabla A.1 del Apéndice A (Normativo) de la presente norma, para una remesa exenta (columna 5), siempre que los productos se transporten en un bulto que lleve la palabra de radiactivo sobre una superficie interna de modo tal que la advertencia sobre la presencia de material radiactivo sea visible al abrir el bulto;

5.1.2.1.3. El material radiactivo esté completamente encerrado por componentes no activos (un dispositivo cuya única función sea la de contener materiales radiactivos no se considerará como instrumento o artículo manufacturado), y

5.1.2.1.4. Los límites especificados en las columnas 2 y 3 de la Tabla 5 de la presente norma, se cumplan para cada elemento individual y cada bulto, respectivamente.

5.1.3. Contienen artículos manufacturados con uranio natural, uranio empobrecido o torio natural;

5.1.3.1. Los artículos manufacturados con uranio natural, uranio empobrecido o torio natural, y los artículos cuyo único material radiactivo sea uranio natural no irradiado, uranio empobrecido no irradiado o torio natural no irradiado, podrán clasificarse como bultos exceptuados, sólo cuando la superficie exterior del uranio o del torio quede encerrada en una funda o envoltura inactiva de metal o de algún otro material resistente.

5.1.4. Contienen materiales radiactivos en cantidades limitadas tal como se especifica en la Tabla 5 de la presente norma.

5.1.4.1. Los materiales radiactivos en formas diferentes de las especificadas en el numeral 5.1.2, cuyas actividades no excedan de los límites especificados en la columna 4 de la Tabla 5 de la presente norma, podrán clasificarse como bultos exceptuados, siempre que:

5.1.4.1.1. El bulto retenga su contenido radiactivo en las condiciones de transporte rutinario; y

5.1.4.1.2. El bulto lleve marcada en una superficie interior la inscripción "RADIOACTIVO" dispuesta de forma que, al abrir el bulto, se observe claramente la advertencia de la presencia de material radiactivo.

Límites de actividad para bultos exceptuados

Tabla 5

Estado físico del contenido	Instrumentos o artículos		Materiales
	Límites para los instrumentos y artículos ^a	Límites para los bultos ^a	Límites para los bultos ^a
Sólidos:			
En forma especial	$10^{-2}A_1$	A_1	$10^{-3}A_1$
Otras formas	$10^{-2}A_2$	A_2	$10^{-3}A_2$
Líquidos:	$10^{-3}A_2$	$10^{-1}A_2$	$10^{-4}A_2$
Gases:			
Tritio	$2 \times 10^{-2}A_2$	$2 \times 10^{-1}A_2$	$2 \times 10^{-2}A_2$
En forma especial	$10^{-3}A_1$	$10^{-2}A_1$	$10^{-3}A_1$
Otras formas	$10^{-3}A_2$	$10^{-2}A_2$	$10^{-3}A_2$

^a En cuanto a las mezclas de radionúclidos, véanse los numerales 3.3, 3.4 y 3.5 de la presente norma.

5.2. Bulto Industrial Tipo 1 (BI-1), Tipo 2 (BI-2) o Tipo 3 (BI-3)

Los bultos industriales se utilizan para transportar algunos materiales de baja actividad específica (BAE) y objetos contaminados en la superficie (OCS). La clasificación de los bultos se debe realizar de acuerdo a lo siguiente:

5.2.1. Para ser clasificado como Bulto Industrial Tipo 1 (BI-1) se debe cumplir con lo siguiente:

5.2.1.1. Aprobar los requisitos generales de diseño establecidos en la normatividad correspondiente.

5.2.2. Para ser clasificado como Bulto Industrial Tipo 2 (BI-2) se debe cumplir con lo siguiente:

5.2.2.1. Los requisitos para Bulto Industrial Tipo 1 (BI-1);

5.2.2.2. Satisfacer las pruebas de caída libre y de apilamiento establecidas en la normatividad correspondiente; de tal forma que se impida:

5.2.2.2.1. La pérdida o dispersión del contenido radiactivo; y

5.2.2.2.2. Un aumento superior al 20% del nivel de radiación máximo en la superficie externa del bulto.

5.2.3. Para ser clasificado como Bulto Industrial Tipo 3 (BI-3) se debe cumplir con lo siguiente:

5.2.3.1. Los requisitos para Bulto Industrial Tipo 2 (BI-2);

5.2.3.2. Satisfacer las pruebas de penetración y aspersión con agua establecidas en la normatividad correspondiente

5.2.3.3. Satisfacer los requisitos de diseño establecidos en la normatividad correspondiente, para los Bultos Tipo A, excepto aquellos relacionados con materiales radiactivos líquidos o gaseosos.

5.3 Bulto Tipo A

Es un bulto que satisface alguna de las siguientes condiciones:

5.3.1. Contiene una actividad menor o igual a A_1 , si se trata de material radiactivo en forma especial; o

5.3.2. Contiene una actividad menor o igual a A_2 para cualquier otro tipo de material radiactivo; o

5.3.3. Si el contenido es una mezcla de radionúclidos cuyas identidades y actividades respectivas se conozcan, se cumple la siguiente desigualdad:

$$\sum_i \frac{B(i)}{A_1(i)} + \sum_j \frac{C(j)}{A_2(j)} \leq 1$$

Donde:

$B(i)$ es la actividad del radionúclido i como material radiactivo en forma especial;

$A_1(i)$ es el valor de A_1 para el radionúclido i ;

$C(j)$ es la actividad del radionúclido j que no se encuentre como material radiactivo en forma especial;

$A_2(j)$ es el valor de A_2 del radionúclido j .

5.4. Bultos Tipo B(U) y Tipo B(M)

Son bultos diseñados para transportar material radiactivo con una actividad superior a A_1 , si se trata de material radiactivo en forma especial, o superior a A_2 , para cualquier otro tipo de material. Su contenido será el especificado en la Autorización de Diseño del Bulto.

5.4.1. Los Bultos Tipo B(U) requieren aprobación unilateral.

5.4.2. Los Bultos Tipo B(M) requieren aprobación multilateral.

5.5. Bulto Tipo C

Requiere aprobación unilateral, diseñado para resistir condiciones severas de accidente en la modalidad de transporte aéreo, sin menoscabo de la contención o incremento significativo en los niveles de radiación externa. Su contenido será el especificado en la Autorización de Diseño del Bulto.

6. Requisitos para el transporte de materiales BAE y OCS

6.1. Los materiales BAE y OCS se deben embalar de conformidad con lo establecido en la Tabla 6 de la presente norma, salvo lo especificado en el Reglamento para el Transporte Seguro de Material Radiactivo, publicado en el DOF el 10 de abril de 2017.

Requisitos de los bultos industriales para los materiales BAE y OCS

Tabla 6

Contenido radiactivo	Tipo de bulto industrial	
	Uso exclusivo	No en uso exclusivo
BAE-I:		
Sólido	Tipo BI-1	Tipo BI-1
Líquido	Tipo BI-1	Tipo BI-2
BAE-II:		

Sólido	Tipo BI-2	Tipo BI-2
Líquido y gas	Tipo BI-2	Tipo BI-3
BAE-III:	Tipo BI-2	Tipo BI-3
OCS-I	Tipo BI-1	Tipo BI-1
OCS-II	Tipo BI-2	Tipo BI-2

7. Vigilancia

La vigilancia del cumplimiento de lo dispuesto por la presente Norma Oficial Mexicana está a cargo de la Secretaría de Energía, por conducto de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, conforme a sus respectivas atribuciones y bajo lo dispuesto en la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear. Asimismo, las sanciones que correspondan, serán aplicadas en los términos de la legislación aplicable.

8. Procedimiento de evaluación de la conformidad

8.1. La evaluación de la conformidad de la presente Norma Oficial Mexicana se realizará por parte de la Secretaría de Energía a través de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias y/o por las personas acreditadas y aprobadas en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento. La evaluación de la conformidad incluirá lo siguiente:

8.1.1. Revisión documental de la clasificación de los materiales radiactivos para efectos de su transporte.

8.1.2. Revisión documental y/u ocular de que los bultos y embalajes destinados al transporte de material radiactivo son de la clase y tipo requeridos de acuerdo con su clasificación.

8.1.3. Revisión documental y/u ocular de que la actividad y los niveles de radiación de los materiales radiactivos contenidos en las unidades de transporte no excedan los límites especificados en la presente norma.

9. Concordancia con normas internacionales

Esta Norma Oficial Mexicana no es equivalente (NEQ) con alguna Norma Internacional, por no existir esta última al momento de su elaboración.

Apéndice A (Normativo)

Valores básicos de los radionúclidos

Tabla A.1

Radionúclido (número atómico)	A ₁ TBq	A ₂ TBq	Límite de concentración de actividad para material exento Bq/g	Límite de actividad para una remesa exenta Bq
Actinio (89)				
Ac-225 (a)	8×10^{-1}	6×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
Ac-227 (a)	9×10^{-1}	9×10^{-5}	1×10^{-1}	1×10^3
Ac-228	6×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Plata (47)				
Ag-105	2×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^6
Ag-108m (a)	7×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^1 (b)	1×10^6 (b)
Ag-110m (a)	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Ag-111	2×10^0	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Aluminio (13)				
Al-26	1×10^{-1}	1×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Americio (95)				
Am-241	1×10^1	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^4
Am-242m (a)	1×10^1	1×10^{-3}	1×10^0 (b)	1×10^4 (b)
Am-243 (a)	5×10^0	1×10^{-3}	1×10^0 (b)	1×10^3 (b)
Argón (18)				

Ar-37	4×10^1	4×10^1	1×10^6	1×10^8
Ar-39	4×10^1	2×10^1	1×10^7	1×10^4
Ar-41	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^2	1×10^9
Arsénico (33)				
As-72	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
As-73	4×10^1	4×10^1	1×10^3	1×10^7
As-74	1×10^0	9×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
As-76	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^2	1×10^5
As-77	2×10^1	7×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Astató (85)				
At-211 (a)	2×10^1	5×10^{-1}	1×10^3	1×10^7
Oro (79)				
Au-193	7×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^7
Au-194	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
Au-195	1×10^1	6×10^0	1×10^2	1×10^7
Au-198	1×10^0	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Au-199	1×10^1	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Bario (56)				
Ba-131 (a)	2×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^6
Ba-133	3×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
Ba-133m	2×10^1	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Ba-140 (a)	5×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^1 (b)	1×10^5 (b)
Berilio (4)				
Be-7	2×10^1	2×10^1	1×10^3	1×10^7
Be-10	4×10^1	6×10^{-1}	1×10^4	1×10^6
Bismuto (83)				
Bi-205	7×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Bi-206	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Bi-207	7×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Bi-210	1×10^0	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Bi-210m (a)	6×10^{-1}	2×10^{-2}	1×10^1	1×10^5
Bi-212 (a)	7×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^1 (b)	1×10^5 (b)
Berquellio (97)				
Bk-247	8×10^0	8×10^{-4}	1×10^0	1×10^4
Bk-249 (a)	4×10^1	3×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Bromo (35)				
Br-76	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Br-77	3×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
Br-82	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Carbono (6)				
C-11	1×10^0	6×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
C-14	4×10^1	3×10^0	1×10^4	1×10^7
Calcio (20)				
Ca-41	Sin límite	Sin límite	1×10^5	1×10^7
Ca-45	4×10^1	1×10^0	1×10^4	1×10^7
Ca-47 (a)	3×10^0	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Cadmio (48)				

Cd-109	3×10^1	2×10^0	1×10^4	1×10^6
Cd-113m	4×10^1	5×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Cd-115 (a)	3×10^0	4×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Cd-115m	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Cerio (58)				
Ce-139	7×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^6
Ce-141	2×10^1	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^7
Ce-143	9×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Ce-144 (a)	2×10^{-1}	2×10^{-1}	1×10^2 (b)	1×10^5 (b)
Californio (98)				
Cf-248	4×10^1	6×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
Cf-249	3×10^0	8×10^{-4}	1×10^0	1×10^3
Cf-250	2×10^1	2×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
Cf-251	7×10^0	7×10^{-4}	1×10^0	1×10^3
Cf-252	1×10^{-1}	3×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
Cf-253 (a)	4×10^1	4×10^{-2}	1×10^2	1×10^5
Cf-254	1×10^{-3}	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^3
Cloro (17)				
Cl-36	1×10^1	6×10^{-1}	1×10^4	1×10^6
Cl-38	2×10^{-1}	2×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Curio (96)				
Cm-240	4×10^1	2×10^{-2}	1×10^2	1×10^5
Cm-241	2×10^0	1×10^0	1×10^2	1×10^6
Cm-242	4×10^1	1×10^{-2}	1×10^2	1×10^5
Cm-243	9×10^0	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^4
Cm-244	2×10^1	2×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
Cm-245	9×10^0	9×10^{-4}	1×10^0	1×10^3
Cm-246	9×10^0	9×10^{-4}	1×10^0	1×10^3
Cm-247 (a)	3×10^0	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^4
Cm-248	2×10^{-2}	3×10^{-4}	1×10^0	1×10^3
Cobalto (27)				
Co-55	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Co-56	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Co-57	1×10^1	1×10^1	1×10^2	1×10^6
Co-58	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
Co-58m	4×10^1	4×10^1	1×10^4	1×10^7
Co-60	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Cromo (24)				
Cr-51	3×10^1	3×10^1	1×10^3	1×10^7
Cesio (55)				
Cs-129	4×10^0	4×10^0	1×10^2	1×10^5
Cs-131	3×10^1	3×10^1	1×10^3	1×10^6
Cs-132	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^5
Cs-134	7×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^1	1×10^4
Cs-134m	4×10^1	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^5
Cs-135	4×10^1	1×10^0	1×10^4	1×10^7
Cs-136	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^5

Cs-137 (a)	2×10^0	6×10^{-1}	1×10^1 (b)	1×10^4 (b)
Cobre (29)				
Cu-64	6×10^0	1×10^0	1×10^2	1×10^6
Cu-67	1×10^1	7×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Disprosio (66)				
Dy-159	2×10^1	2×10^1	1×10^3	1×10^7
Dy-165	9×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Dy-166 (a)	9×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Erbio (68)				
Er-169	4×10^1	1×10^0	1×10^4	1×10^7
Er-171	8×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Europio (63)				
Eu-147	2×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^6
Eu-148	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Eu-149	2×10^1	2×10^1	1×10^2	1×10^7
Eu-150 (periodo corto)	2×10^0	7×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Eu-150 (periodo largo)	7×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Eu-152	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
Eu-152m	8×10^{-1}	8×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Eu-154	9×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Eu-155	2×10^1	3×10^0	1×10^2	1×10^7
Eu-156	7×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Flúor (9)				
F-18	1×10^0	6×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Hierro (26)				
Fe-52 (a)	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Fe-55	4×10^1	4×10^1	1×10^4	1×10^6
Fe-59	9×10^{-1}	9×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Fe-60 (a)	4×10^1	2×10^{-1}	1×10^2	1×10^5
Galio (31)				
Ga-67	7×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
Ga-68	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Ga-72	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Gadolinio (64)				
Gd-146 (a)	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Gd-148	2×10^1	2×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
Gd-153	1×10^1	9×10^0	1×10^2	1×10^7
Gd-159	3×10^0	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Germanio (32)				
Ge-68 (a)	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Ge-71	4×10^1	4×10^1	1×10^4	1×10^8
Ge-77	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Hafnio (72)				
Hf-172 (a)	6×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Hf-175	3×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
Hf-181	2×10^0	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Hf-182	Sin límite	Sin límite	1×10^2	1×10^6

Mercurio (80)				
Hg-194 (a)	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
Hg-195m (a)	3×10^0	7×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Hg-197	2×10^1	1×10^1	1×10^2	1×10^7
Hg-197m	1×10^1	4×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Hg-203	5×10^0	1×10^0	1×10^2	1×10^5
Holmio (67)				
Ho-166	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^3	1×10^5
Ho-166m	6×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Yodo (53)				
I-123	6×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^7
I-124	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
I-125	2×10^1	3×10^0	1×10^3	1×10^6
I-126	2×10^0	1×10^0	1×10^2	1×10^6
I-129	Sin límite	Sin límite	1×10^2	1×10^5
I-131	3×10^0	7×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
I-132	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
I-133	7×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
I-134	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
I-135 (a)	6×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Indio (49)				
In-111	3×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
In-113m	4×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^6
In-114m (a)	1×10^1	5×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
In-115m	7×10^0	1×10^0	1×10^2	1×10^6
Iridio (77)				
Ir-189 (a)	1×10^1	1×10^1	1×10^2	1×10^7
Ir-190	7×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Ir-192	1×10^0 (c)	6×10^{-1}	1×10^1	1×10^4
Ir-194	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^2	1×10^5
Potasio (19)				
K-40	9×10^{-1}	9×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
K-42	2×10^{-1}	2×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
K-43	7×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Criptón (36)				
Kr-79	4×10^{-1}	2×10^0	1×10^3	1×10^5
Kr-81	4×10^0	4×10^1	1×10^4	1×10^7
Kr-85	1×10^1	1×10^1	1×10^5	1×10^4
Kr-85m	8×10^0	3×10^0	1×10^3	1×10^{10}
Kr-87	2×10^{-1}	2×10^{-1}	1×10^2	1×10^9
Lantano (57)				
La-137	3×10^1	6×10^0	1×10^3	1×10^7
La-140	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Lutecio (71)				
Lu-172	6×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^1	1×10^6

Lu-173	8×10^0	8×10^0	1×10^2	1×10^7
Lu-174	9×10^0	9×10^0	1×10^2	1×10^7
Lu-174m	2×10^1	1×10^1	1×10^2	1×10^7
Lu-177	3×10^1	7×10^{-1}	1×10^3	1×10^7
Magnesio (12)				
Mg 28 (a)	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Manganeso (25)				
Mn-52	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Mn-53	Sin límite	Sin límite	1×10^4	1×10^9
Mn-54	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
Mn-56	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Molibdeno (42)				
Mo-93	4×10^1	2×10^1	1×10^3	1×10^8
Mo-99 (a)	1×10^0	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Nitrógeno (7)				
N-13	9×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^9
Sodio (11)				
Na-22	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Na-24	2×10^{-1}	2×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Niobio (41)				
Nb-93m	4×10^1	3×10^1	1×10^4	1×10^7
Nb-94	7×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Nb-95	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
Nb-97	9×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Neodimio (60)				
Nd-147	6×10^0	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Nd-149	6×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Níquel (28)				
Ni-59	Sin límite	Sin límite	1×10^4	1×10^8
Ni-63	4×10^1	3×10^1	1×10^5	1×10^8
Ni-65	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Neptunio (93)				
Np-235	4×10^1	4×10^1	1×10^3	1×10^7
Np-236 (periodo corto)	2×10^1	2×10^0	1×10^3	1×10^7
Np-236 (periodo largo)	9×10^0	2×10^{-2}	1×10^2	1×10^5
Np-237	2×10^1	2×10^{-3}	1×10^0 (b)	1×10^3 (b)
Np-239	7×10^0	4×10^{-1}	1×10^2	1×10^7
Osmio (76)				
Os-185	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
Os-191	1×10^1	2×10^0	1×10^2	1×10^7
Os-191m	4×10^1	3×10^1	1×10^3	1×10^7
Os-193	2×10^0	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Os-194(a)	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^2	1×10^5
Fósforo (15)				
P-32	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^3	1×10^5

P-33	4×10^1	1×10^0	1×10^5	1×10^8
Protactinio (91)				
Pa-230 (a)	2×10^0	7×10^{-2}	1×10^1	1×10^6
Pa-231	4×10^0	4×10^{-4}	1×10^0	1×10^3
Pa-233	5×10^0	7×10^{-1}	1×10^2	1×10^7
Plomo (82)				
Pb-201	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
Pb-202	4×10^1	2×10^1	1×10^3	1×10^6
Pb-203	4×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
Pb-205	Sin límite	Sin límite	1×10^4	1×10^7
Pb-210 (a)	1×10^0	5×10^{-2}	1×10^1 (b)	1×10^4 (b)
Pb-212 (a)	7×10^{-1}	2×10^{-1}	1×10^1 (b)	1×10^5 (b)
Paladio (46)				
Pd-103 (a)	4×10^1	4×10^1	1×10^3	1×10^8
Pd-107	Sin límite	Sin límite	1×10^5	1×10^8
Pd-109	2×10^0	5×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Prometio (61)				
Pm-143	3×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
Pm-144	7×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Pm-145	3×10^1	1×10^1	1×10^3	1×10^7
Pm-147	4×10^1	2×10^0	1×10^4	1×10^7
Pm-148m (a)	8×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Pm-149	2×10^0	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Pm-151	2×10^0	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Polonio (84)				
Po-210	4×10^1	2×10^{-2}	1×10^1	1×10^4
Praseodimio (59)				
Pr-142	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^2	1×10^5
Pr-143	3×10^0	6×10^{-1}	1×10^4	1×10^6
Platino (78)				
Pt-188 (a)	1×10^0	8×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Pt-191	4×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
Pt-193	4×10^1	4×10^1	1×10^4	1×10^7
Pt-193m	4×10^1	5×10^{-1}	1×10^3	1×10^7
Pt-195m	1×10^1	5×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Pt-197	2×10^1	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Pt-197m	1×10^1	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Plutonio (94)				
Pu-236	3×10^1	3×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
Pu-237	2×10^1	2×10^1	1×10^3	1×10^7
Pu-238	1×10^1	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^4
Pu-239	1×10^1	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^4
Pu-240	1×10^1	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^3
Pu-241 (a)	4×10^1	6×10^{-2}	1×10^2	1×10^5
Pu-242	1×10^1	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^4
Pu-244 (a)	4×10^{-1}	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^4
Radio (88)				
Ra-223 (a)	4×10^{-1}	7×10^{-3}	1×10^2 (b)	1×10^5 (b)

Ra-224 (a)	4×10^{-1}	2×10^{-2}	1×10^1 (b)	1×10^5 (b)
Ra-225 (a)	2×10^{-1}	4×10^{-3}	1×10^2	1×10^5
Ra-226 (a)	2×10^{-1}	3×10^{-3}	1×10^1 (b)	1×10^4 (b)
Ra-228 (a)	6×10^{-1}	2×10^{-2}	1×10^1 (b)	1×10^5 (b)
Rubidio (37)				
Rb-81	2×10^0	8×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Rb-83 (a)	2×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^6
Rb-84	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
Rb-86	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^2	1×10^5
Rb-87	Sin límite	Sin límite	1×10^4	1×10^7
Rb (natural)	Sin límite	Sin límite	1×10^4	1×10^7
Renio (75)				
Re-184	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
Re-184m	3×10^0	1×10^0	1×10^2	1×10^6
Re-186	2×10^0	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Re-187	Sin límite	Sin límite	1×10^6	1×10^9
Re-188	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^2	1×10^5
Re-189 (a)	3×10^0	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Re (natural)	Sin límite	Sin límite	1×10^6	1×10^9
Rodio (45)				
Rh-99	2×10^0	2×10^0	1×10^1	1×10^6
Rh-101	4×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^7
Rh-102	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Rh-102m	2×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^6
Rh-103m	4×10^1	4×10^1	1×10^4	1×10^8
Rh-105	1×10^1	8×10^{-1}	1×10^2	1×10^7
Radón (86)				
Rn-222 (a)	3×10^{-1}	4×10^{-3}	1×10^1 (b)	1×10^8 (b)
Rutenio (44)				
Ru-97	5×10^0	5×10^0	1×10^2	1×10^7
Ru-103 (a)	2×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^6
Ru-105	1×10^0	6×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Ru-106 (a)	2×10^{-1}	2×10^{-1}	1×10^2 (b)	1×10^5 (b)
Azufre (16)				
S-35	4×10^1	3×10^0	1×10^5	1×10^8
Antimonio (51)				
Sb-122	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^2	1×10^4
Sb-124	6×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Sb-125	2×10^0	1×10^0	1×10^2	1×10^6
Sb-126	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Escandio (21)				
Sc-44	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Sc-46	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Sc-47	1×10^1	7×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Sc-48	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Selenio (34)				
Se-75	3×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6

Se-79	4×10^1	2×10^0	1×10^4	1×10^7
Silicio (14)				
Si-31	6×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Si-32	4×10^1	5×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Samario (62)				
Sm-145	1×10^1	1×10^1	1×10^2	1×10^7
Sm-147	Sin límite	Sin límite	1×10^1	1×10^4
Sm-151	4×10^1	1×10^1	1×10^4	1×10^8
Sm-153	9×10^0	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Estaño (50)				
Sn-113 (a)	4×10^0	2×10^0	1×10^3	1×10^7
Sn-117m	7×10^0	4×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Sn-119m	4×10^1	3×10^1	1×10^3	1×10^7
Sn-121m (a)	4×10^1	9×10^{-1}	1×10^3	1×10^7
Sn-123	8×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Sn-125	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^2	1×10^5
Sn-126 (a)	6×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Estroncio (38)				
Sr-82 (a)	2×10^{-1}	2×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Sr-85	2×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^6
Sr-85m	5×10^0	5×10^0	1×10^2	1×10^7
Sr-87m	3×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
Sr-89	6×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Sr-90 (a)	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^2 (b)	1×10^4 (b)
Sr-91 (a)	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Sr-92 (a)	1×10^0	3×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Tritio (1)				
T(H-3)	4×10^1	4×10^1	1×10^6	1×10^9
Tantalio (73)				
Ta-178 (periodo largo)	1×10^0	8×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Ta-179	3×10^1	3×10^1	1×10^3	1×10^7
Ta-182	9×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^4
Terbio (65)				
Tb-157	4×10^1	4×10^1	1×10^4	1×10^7
Tb-158	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
Tb-160	1×10^0	6×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Tecnecio (43)				
Tc-95m (a)	2×10^0	2×10^0	1×10^1	1×10^6
Tc-96	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Tc-96m (a)	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^3	1×10^7
Tc-97	Sin límite	Sin límite	1×10^3	1×10^8
Tc-97m	4×10^1	1×10^0	1×10^3	1×10^7
Tc-98	8×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Tc-99	4×10^1	9×10^{-1}	1×10^4	1×10^7

Tc-99m	1×10^1	4×10^0	1×10^2	1×10^7
Telurio (52)				
Te-121	2×10^0	2×10^0	1×10^1	1×10^6
Te-121m	5×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
Te-123m	8×10^0	1×10^0	1×10^2	1×10^7
Te-125m	2×10^1	9×10^{-1}	1×10^3	1×10^7
Te-127	2×10^1	7×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Te-127m (a)	2×10^1	5×10^{-1}	1×10^3	1×10^7
Te-129	7×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Te-129m (a)	8×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Te-131m (a)	7×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Te-132 (a)	5×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^2	1×10^7
Torio (90)				
Th-227	1×10^1	5×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
Th-228 (a)	5×10^{-1}	1×10^{-3}	1×10^0 (b)	1×10^4 (b)
Th-229	5×10^0	5×10^{-4}	1×10^0 (b)	1×10^3 (b)
Th-230	1×10^1	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^4
Th-231	4×10^1	2×10^{-2}	1×10^3	1×10^7
Th-232	Sin límite	Sin límite	1×10^1	1×10^4
Th-234 (a)	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^3 (b)	1×10^5 (b)
Th (natural)	Sin límite	Sin límite	1×10^0 (b)	1×10^3 (b)
Titanio (22)				
Ti-44 (a)	5×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
Talio (81)				
Tl-200	9×10^{-1}	9×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Tl-201	1×10^1	4×10^0	1×10^2	1×10^6
Tl-202	2×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^6
Tl-204	1×10^1	7×10^{-1}	1×10^4	1×10^4
Tulio (69)				
Tm-167	7×10^0	8×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Tm-170	3×10^0	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Tm-171	4×10^1	4×10^1	1×10^4	1×10^8
Uranio (92)				
U-230 (absorción pulmonar rápida)(a)(d)	4×10^1	1×10^{-1}	1×10^1 (b)	1×10^5 (b)
U-230 (absorción pulmonar media)(a)(e)	4×10^1	4×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
U-230 (absorción pulmonar lenta)(a)(f)	3×10^1	3×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
U-232 (absorción pulmonar rápida)(d)	4×10^1	1×10^{-2}	1×10^0 (b)	1×10^3 (b)
U-232 (absorción pulmonar media)(e)	4×10^1	7×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
U-232 (absorción pulmonar lenta)(f)	1×10^1	1×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
U-233 (absorción pulmonar rápida)(d)	4×10^1	9×10^{-2}	1×10^1	1×10^4

U-233 (absorción pulmonar media)(e)	4×10^1	2×10^{-2}	1×10^2	1×10^5
U-233 (absorción pulmonar lenta)(f)	4×10^1	6×10^{-3}	1×10^1	1×10^5
U-234 (absorción pulmonar rápida)(d)	4×10^1	9×10^{-2}	1×10^1	1×10^4
U-234 (absorción pulmonar media)(e)	4×10^1	2×10^{-2}	1×10^2	1×10^5
U-234 (absorción pulmonar lenta)(f)	4×10^1	6×10^{-3}	1×10^1	1×10^5
U-235 (todos los tipos de absorción pulmonar) (a) (d) (e) (f)	Sin límite	Sin límite	1×10^1 (b)	1×10^4 (b)
U-236 (absorción pulmonar rápida)(d)	Sin límite	Sin límite	1×10^1	1×10^4
U-236 (absorción pulmonar media)(e)	4×10^1	2×10^{-2}	1×10^2	1×10^5
U-236 (absorción pulmonar lenta) (f)	4×10^1	6×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
U-238 (todos los tipos de absorción pulmonar) (d) (e) (f)	Sin límite	Sin límite	1×10^1 (b)	1×10^4 (b)
U (natural)	Sin límite	Sin límite	1×10^0 (b)	1×10^3 (b)
U (enriquecido al 20% o menos)(g)	Sin límite	Sin límite	1×10^0	1×10^3
U (empobrecido)	Sin límite	Sin límite	1×10^0	1×10^3
Vanadio (23)				
V-48	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^5
V-49	4×10^1	4×10^1	1×10^4	1×10^7
Tungsteno (74)				
W-178 (a)	9×10^0	5×10^0	1×10^1	1×10^6
W-181	3×10^1	3×10^1	1×10^3	1×10^7
W-185	4×10^1	8×10^{-1}	1×10^4	1×10^7
W-187	2×10^0	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
W-188 (a)	4×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^2	1×10^5
Xenón (54)				
Xe-122 (a)	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^2	1×10^9
Xe-123	2×10^0	7×10^{-1}	1×10^2	1×10^9
Xe-127	4×10^0	2×10^0	1×10^3	1×10^5
Xe-131m	4×10^1	4×10^1	1×10^4	1×10^4
Xe-133	2×10^1	1×10^1	1×10^3	1×10^4
Xe-135	3×10^0	2×10^0	1×10^3	1×10^{10}
Itrio (39)				
Y-87 (a)	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
Y-88	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1	1×10^6

Y-90	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^3	1×10^5
Y-91	6×10^{-1}	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Y-91m	2×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^6
Y-92	2×10^{-1}	2×10^{-1}	1×10^2	1×10^5
Y-93	3×10^{-1}	3×10^{-1}	1×10^2	1×10^5
Iterbio (70)				
Yb-169	4×10^0	1×10^0	1×10^2	1×10^7
Yb-175	3×10^1	9×10^{-1}	1×10^3	1×10^7
Zinc (30)				
Zn-65	2×10^0	2×10^0	1×10^1	1×10^6
Zn-69	3×10^0	6×10^{-1}	1×10^4	1×10^6
Zn-69m (a)	3×10^0	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Circonio (40)				
Zr-88	3×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
Zr-93	Sin límite	Sin límite	1×10^3 (b)	1×10^7 (b)
Zr-95 (a)	2×10^0	8×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Zr-97 (a)	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^1 (b)	1×10^5 (b)

a. Los valores de A_1 y/o A_2 de estos radionúclidos predecesores incluyen contribuciones de sus descendientes con periodos de semidesintegración inferiores a 10 días, que se enumeran a continuación:

Mg-28	Al-28	Sn-121m	Sn-121	Bi-210m	Tl-206
Ar-42	K-42	Sn-126	Sb-126m	Bi-212	Tl-208, Po-212
Ca-47	Sc-47	Te-118	Sb-118	At-211	Po-211
Ti-44	Sc-44	Te-127m	Te-127	Rn-222	Po-218, Pb-214, At-218, Bi-214, Po-214
Fe-52	Mn-52m	Te-129m	Te-129	Ra-223	Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Po-211, Tl-207
Fe-60	Co-60m	Te-131m	Te-131	Ra-224	Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212
Zn-69m	Zn-69	Te-132	I-132	Ra-225	Ac-225, Fr-221, At-217, Bi-213, Tl-209, Po-213, Pb-209
Ge-68	Ga-68	I-135	Xe-135m	Ra-226	Rn-222, Po-218, Pb-214, At-218, Bi-214, Po-214
Rb-83	Kr-83m	Xe-122	I-122	Ra-228	Ac-228
Sr-82	Rb-82	Cs-137	Ba-137m	Ac-225	Fr-221, At-217, Bi-213, Tl-209, Po-213, Pb-209
Sr-90	Y-90	Ba-131	Cs-131	Ac-227	Fr-223
Sr-91	Y-91m	Ba-140	La-140	Th-228	Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212
Sr-92	Y-92	Ce-144	Pr-144m, Pr-144	Th-234	Pa-234m, Pa-234
Y-87	Sr-87m	Pm-148m	Pm-148	Pa-230	Ac-226, Th-226, Fr-222, Ra-222, Rn-218, Po-214
Zr-95	Nb-95m	Gd-146	Eu-146	U-230	Th-226, Ra-222, Rn-218, Po-214
Zr-97	Nb-97m, Nb-97	Dy-166	Ho-166	U-235	Th-231
Mo-99	Tc-99m	Hf-172	Lu-172	Pu-241	U-237
Tc-95m	Tc-95	W-178	Ta-178	Pu-244	U-240, Np-240m
Tc-96m	Tc-96	W-188	Re-188	Am-242m	Am-242, Np-238
Ru-103	Rh-103m	Re-189	Os-189m	Am-243	Np-239
Ru-106	Rh-106	Os-194	Ir-194	Cm-247	Pu-243
Pd-103	Rh-103m	Ir-189	Os-189m	Bk-249	Am-245
Ag-108m	Ag-108	Pt-188	Ir-188	Cf-253	Cm-249

Ag-110m	Ag-110	Hg-194	Au-194	
Cd-115	In-115m	Hg-195m	Hg-195	
In-114m	In-114	Pb-210	Bi-210	
Sn-113	In-113m	Pb-212	Bi-212, Tl-208, Po-212	

b. Los radionúclidos predecesores y sus descendientes incluidos en equilibrio secular se enumeran a continuación:

Sr-90	Y-90
Zr-93	Nb-93m
Zr-97	Nb-97
Ru-106	Rh-106
Ag-108m	Ag-108
Cs-137	Ba-137m
Ce-144	Pr-144
Ba-140	La-140
Bi-212	Tl-208 (0.36), Po-212 (0.64)
Pb-210	Bi-210, Po-210
Pb-212	Bi-212, Tl-208 (0.36), Po-212 (0.64)
Rn-222	Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214
Ra-223	Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Tl-207
Ra-224	Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (0.36), Po-212 (0.64)
Ra-226	Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Pb-210, Bi-210, Po-210
Ra-228	Ac-228
Th-228	Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (0.36), Po-212 (0.64)
Th-229	Ra-225, Ac-225, Fr-221, At-217, Bi-213, Po-213, Pb-209
Th-nat	Ra-228, Ac-228, Th-228, Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (0.36), Po-212 (0.64)
Th-234	Pa-234m
U-230	Th-226, Ra-222, Rn-218, Po-214
U-232	Th-228, Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208 (0.36), Po-212 (0.64)
U-235	Th-231
U-238	Th-234, Pa-234m
U-nat	Th-234, Pa-234m, U-234, Th-230, Ra-226, Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Pb-210, Bi-210, Po-210
Np-237	Pa-233
Am-242m	Am-242
Am-243	Np-239

c. La cantidad puede obtenerse mediante la medición de la tasa de desintegración o midiendo el nivel de radiación a una determinada distancia de la fuente.

d. Estos valores se aplican únicamente a compuestos de uranio que toman la forma química de UF_6 , UO_2F_2 y $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ tanto en condiciones de transporte rutinarias como de accidente.

e. Estos valores se aplican sólo a compuestos de uranio que toman la forma química de UO_3 , UF_4 , UCl_4 y compuestos hexavalentes tanto en condiciones de transporte rutinarias como de accidente.

f. Estos valores se aplican a todos los compuestos de uranio que no sean los especificados en (d) y (e).

g. Estos valores se aplican solamente al uranio no irradiado.

10. Bibliografía

- Reglamento para el Transporte Seguro de Material Radiactivo. Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, 10 de abril de 2017.
- Acuerdo por el que se da a conocer el Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas, (Código IMDG). Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, 20 de mayo de 2016.
- Organismo Internacional de Energía Atómica. Reglamento para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos, Edición 2009. Colección de Normas de Seguridad del OIEA No. TS-R-1, Viena (2009).
- Organismo Internacional de Energía Atómica. Manual Explicativo para la Aplicación del Reglamento del OIEA para el Transporte Seguro de Materiales Radiactivos. Colección de Normas de Seguridad del OIEA No. TS-G-1.1, Viena (2008).

TRANSITORIOS

Único. La presente Norma Oficial Mexicana una vez publicada en el Diario Oficial de la Federación como norma definitiva, entrará en vigor a los 60 días naturales contados a partir del día siguiente al de su publicación.

Ciudad de México, a 2 de septiembre de 2021.- Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias y Director General de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, **Juan Eibenschutz Hartman**.- Rúbrica.