**PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-011-NUCL-2018, “LÍMITES DE ACTIVIDAD Y CLASIFICACIÓN DE MATERIALES RADIACTIVOS Y BULTOS PARA EFECTOS DE TRANSPORTE”**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ **Juan Eibenschutz Hartman,** Director General de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CCNN-SNyS), con fundamento en los artículos 33 fracción XIII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 18 fracción III, 19, 21, 29 y 50 fracciones I, II, III y XI de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear; 38 fracciones I, II, III, 40 fracciones I, III, V, VIII, XIII y XVII, 41, 44, 45, 46, 47, fracción I, y 73 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28, 30, 32, 33 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, XI, XII, XXX y XXXIII del Reglamento Interior de la Secretaría de Energía, expide para consulta pública el Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-011-NUCL-2018 “Límites de actividad y clasificación de materiales radiactivos y bultos para efectos de transporte”, a efecto de que dentro de los siguientes 60 días naturales los interesados presenten sus comentarios ante el CCNN-SNyS, ubicado en Dr. José María Barragán Número 779 - 4to piso, Colonia Narvarte, Código Postal 03020, Ciudad de México, teléfono 5095 3246, fax 5590 6103, o bien al correo electrónico: [ccnn\_snys@cnsns.gob.mx](mailto:ccnn_snys@cnsns.gob.mx) para que en los términos de la Ley de la materia se consideren en el seno del Comité que lo propuso. SINEC-2018082311000000

Ciudad de México, a 23 de agosto de 2018

El Director General de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias.

**Juan Eibenschutz Hartman**

****

**SECRETARÍA DE ENERGÍA**

**COMISIÓN NACIONAL DE SEGURIDAD NUCLEAR Y SALVAGUARDIAS**

**PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA**

**PROY-NOM-011-NUCL-2018**

**“LÍMITES DE ACTIVIDAD Y CLASIFICACIÓN DE MATERIALES RADIACTIVOS Y BULTOS PARA EFECTOS DE TRANSPORTE”**

**Prefacio**

La elaboración del presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana es competencia del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CCNN-SNyS) integrado por:

* Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Dirección General de Autotransporte Federal

Dirección de Marina Mercante

* Secretaría de Energía

Unidad de Asuntos Jurídicos

Dirección General Adjunta de Política Nuclear

* Secretaría de Gobernación

Dirección General de Vinculación, Innovación y Normatividad en Materia de Protección Civil

* Secretaría de Salud

Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios

Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias

* Secretaría del Trabajo y Previsión Socia

Dirección General de Seguridad y Salud en el Trabajo.

* Comisión Federal de Electricidad

Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde

* Hospital Regional de Alta Especialidad “Ciudad Salud”
* Hospital Juárez de México
* Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado

Hospital Regional Adolfo López Mateos

* Instituto Mexicano del Seguro Social

UMAE Hospital de Cardiología CMN Siglo XXI

* Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.
* Instituto Nacional de Electricidad y Energía Limpias.
* Instituto Politécnico Nacional

Escuela Superior de Física y Matemáticas

* Universidad Nacional Autónoma de México

Instituto de Ciencias Nucleares

* Asociación de Física Médica, A. C.
* Asociación Mexicana de Radioprotección, A. C.
* Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior
* Colegio de Medicina Nuclear de México, A. C.
* Federación Mexicana de Medicina Nuclear e Imagen Molecular, A. C.
* Sociedad Mexicana de Radioterapeutas, A. C.
* Sociedad Nuclear Mexicana, A. C.
* Asesores en Radiaciones, S. A.
* Asesoría Especializada en Servicios Corporativos, S.A. de C.V.
* Control de Radiación e Ingeniería, S. A. de C. V.
* Electrónica y Medicina, S.A.
* Endomédica, S. A. de C. V.
* Radiación Aplicada a la Industria, S. A. de C. V.
* Radiografía Industrial y Ensayos, S. A. de C. V.
* Servicios Integrales para la Radiación, S. A. de C.V.
* Servicios a la Industria Nuclear y Convencional, S. A. de C. V.
* Tecnofísica Radiológica, S. C.
* Vicont, 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.

Con objeto de elaborar la propuesta de NOM-011-NUCL-2018, se constituyó un Grupo de Trabajo con la participación voluntaria de los siguientes actores:

* 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

* Secretaría de Energía.

Unidad de Asuntos Jurídicos

Dirección General Adjunta de Política Nuclear

* 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 del contenido

[**Introducción 1**](#_Toc3974763)

[**1 Objetivo y campo de aplicación 2**](#_Toc3974764)

[**2 Definiciones y abreviaturas 2**](#_Toc3974765)

[**3 Determinación de los valores básicos de los radionúclidos 4**](#_Toc3974777)

[**4 Clasificación de los materiales radiactivos 6**](#_Toc3974778)

[**5 Clasificación de bultos 12**](#_Toc3974779)

[**6. Requisitos para el transporte de materiales BAE y OCS 17**](#_Toc3974780)

[**7. Vigilancia 17**](#_Toc3974781)

[**8. Procedimiento de evaluación de la conformidad 17**](#_Toc3974782)

[**9. Concordancia con normas internacionales 18**](#_Toc3974787)

[**Apéndice A (Normativo) Valores básicos de los radionúclidos 18**](#_Toc3974788)

[**10. Bibliografía 41**](#_Toc3974789)

[**TRANSITORIO 41**](#_Toc3974790)

**PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA**

**PROY-NOM-011-NUCL-2018**

**“LÍMITES DE ACTIVIDAD Y CLASIFICACIÓN DE MATERIALES RADIACTIVOS Y BULTOS PARA EFECTOS DE TRANSPORTE”**

**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 A1, para materiales radiactivos en forma especial, y A2, 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. Objetivo

Establecer los valores básicos A1 y A2 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. Campo de aplicación

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

1. **Definiciones y abreviaturas**

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



**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.



**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.



**Aprobación unilateral**

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



**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 período de semidesintegración de menos de 10 días.



**Sustancias fisionables**

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.



**Torio no irradiado**

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



**Uranio enriquecido**

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



**Uranio no irradiado**

Aquél que no contenga más de 2×103 Bq de plutonio por gramo de uranio 235, no más de 9×106 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.



**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.



**Valores básicos de los radionúclidos**

Son los valores de actividad A1 y A2, 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.



**Remesa**:

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

1. **Determinación de los valores básicos de los radionúclidos**
   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 A1 y A2 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.

* 1. En el caso de radionúclidos que no se encuentren en la tabla A.1 del Apéndice A (Normativo) de la presente norma, debenutilizarse los valores básicos de los radionúclidos que figuran en la Tabla 1 de la presente norma.
  2. En el caso de mezclas de radionúclidos, los valores básicos de los radionúclidos se determinan mediante la siguiente fórmula:

Donde:

es la fracción de actividad o concentración de actividad del radionúclidoen la mezcla;

es el valor apropiado de A1 o A2, o el límite de concentración de actividad para material exento o el límite de actividad para una remesa exenta, según corresponda, para el radionúclido; y

es el valor derivado de A1 o A2, 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.

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

Tabla 1 – Valores básicos para radionúclidos o mezclas para los cuales no se disponen de datos

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Contenido radiactivo** | **A1**  TBq | **A2**  TBq | **Límite de concentración de actividad para material exento**  Bq/g | **Límite de actividad para una remesa exenta**  Bq |
| Solo se conoce la presencia de radionúclidos emisores beta o gamma | 0.1 | 0.02 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| Se sabe que existen radionúclidos emisores alfa, pero no emisores de neutrones | 0.2 | 9 × 10–5 | 1 × 10-1 | 1 × 103 |
| 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 × 103 |

1. **Clasificación de los materiales radiactivos**
2. Materiales de baja actividad específica: BAE-I, BAE-II y BAE-III;
3. Objetos contaminados en la superficie: OCS-I y OCS-II;
4. Material radiactivo en forma especial;
5. Sustancias fisionables;
6. Material radiactivo de baja dispersión, y
7. Hexafluoruro de uranio.
   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:

* + 1. BAE-I:
       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;
       2. Uranio natural, uranio empobrecido, torio natural o sus compuestos o mezclas, que no estén irradiados y se encuentren en estado sólido o líquido;
       3. Materiales radiactivos para los que el valor de A2 no tenga límite; las sustancias fisionables pueden incluirse sólo cuando son exceptuadas de conformidad con el numeral 4.5.1 de esta norma,
       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.
    2. BAE-II:
    3. Agua con una concentración de tritio de hasta 0.8 TBq/l (21 Ci/l), y
    4. 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.
    5. BAE-III:

Sólidos, excluidos los polvos, en los que:

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;
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 0.1A2, y
3. La actividad específica promedio estimada del sólido, excluido todo el material del blindaje, no sea mayor de 2 10-3 A2/g.
   * 1. Para determinar la actividad específica promedio estimada no deben tenerse en cuenta los materiales externos de blindaje que circunden a los materiales BAE.
     2. 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.

Tabla 2 – Límites de actividad para las unidades de transporte de materiales BAE y OCS en bultos industriales o sin embalar

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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 | 100A2 |
| BAE-II y BAE-III, Sólidos combustibles, y todos los líquidos y gases | 100A2 | 10A2 |
| OCS | 100A2 | 10A2 |

* 1. 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.

Tabla 3 – Clasificación de los OCS

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| OCS | Tipo de emisiones | **Tipo de contaminación**  **(en una superficie promedio de 300 cm2)** | | |
| Transitoria en la superficie  accesible  Bq/cm2  (µCi/ cm2) | Fija en la superficie  accesible  Bq/cm2  (µCi/cm2) | Suma de fija y transitoria en la superficie  inaccesible  Bq/cm2  (µCi/ cm2) |
| I | β/γ y α de baja toxicidad | ≤4  (≤10-4) | <4 × 104  (≤1) | <4 × 104  (≤1) |
| Otros emisores α | ≤0.4  <(10-5) | <4 × 103  <(0.1) | <4 × 103  <(0.1) |
| II | β/γ y α de baja toxicidad | >4 y ≤ 400  (>10-4 y ≤10-2) | >4 × 104  y ≤8 × 105  (>1 y ≤20) | >4 × 104  y ≤8 × 105  (>1 y ≤20) |
| Otros emisores α | >0.4 y≤ 40  (>10-5 y ≤10-3) | >4 × 103  y ≤8 × 104  (>0.1y ≤2) | >4 × 103  y≤8 × 104  (>0.1y ≤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.
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.
   1. 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:

1. La longitud debe ser mayor o igual a 5 mm.
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.
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. El diseño de los materiales radiactivos en forma especial requerirá Autorización de Diseño de Material Radiactivo en forma especial.
   1. Material radiactivo de baja dispersión

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

1. El nivel de radiación a 3 m de distancia de los materiales radiactivos sin blindaje no excede de 10 mSv/h.
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.
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. El diseño de los materiales radiactivos de baja dispersión requerirá aprobación multilateral.
   1. Sustancias fisionables
      1. Los bultos que contienen sustancias fisionables solamente pueden ser clasificados como “fisionables exceptuados” si cumplen con alguna de las siguientes condiciones:
         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:

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

1. 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
2. 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
3. No haya más de 5 g de sustancias fisionables en cualquier volumen de 10 litros de material.
4. 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.
5. 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.
   * + 1. 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.
       2. Las soluciones líquidas de nitrato de uranilo 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.
       3. 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.
     1. Sólo puede aplicarse una de las condiciones establecidas en los puntos 4.5.1.1 a 4.5.1.4 por remesa.

Tabla 4 – Límites de masa por remesa considerados para las excepciones de los requisitos relativos a los bultos que contengas sustancias fisionables

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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 |

* + 1. 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:
       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;
       2. Ningún radionúclido o sustancia fisionable diferente de los autorizados para el diseño del bulto; o
       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.
  1. Hexafloruro de uranio
     1. La masa de hexafluoruro de uranio no debe ser diferente a la autorizada para el diseño del bulto.
     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.
     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.

1. **Clasificación de 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:

1. Bultos Exceptuados;
2. Bultos Industriales Tipo 1 (BI-1)
3. Bultos Industriales Tipo 2 (BI-2)
4. Bultos Industriales Tipo 3 (BI-3)
5. Bultos Tipo A
6. Bultos Tipo B (U)
7. Bultos Tipo B(M) y
8. Bultos Tipo C.
   1. Bulto exceptuado

Un bulto puede clasificarse como bulto exceptuado cuando:

* + 1. Son embalajes/envases vacíos que hayan contenido previamente materiales radiactivos. Estos pueden clasificarse como exceptuados siempre que:

1. Se mantengan en buen estado de conservación y firmemente cerrados;
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;
3. El nivel de contaminación transitoria interna, promediada sobre 300 cm2 de cualquier parte de la superficie, no sea superior a:
   * + - 1. 400 Bq/cm2 en el caso de emisores beta y gamma y emisores alfa de baja toxicidad; o
         2. 40 Bq/cm2 en el caso de todos los demás emisores alfa, y
4. No ostenten las etiquetas que puedan haber llevado sobre su superficie.
   * 1. Contienen instrumentos o artículos en cantidades limitadas tal como se especifica en la Tabla 5 de la presente norma.
        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 "RADIACTIVO", 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.

* + 1. Contienen artículos manufacturados con uranio natural, uranio empobrecido o torio natural;

5.13.1 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, solo 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.

* + 1. Contienen materiales radiactivos en cantidades limitadas tal como se especifica en la Tabla 5 de la presente norma.
       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:

1. El bulto retenga su contenido radiactivo en las condiciones de transporte rutinario; y
2. El bulto lleve marcada en una superficie interior la inscripción "RADIACTIVO" dispuesta de forma que, al abrir el bulto, se observe claramente la advertencia de la presencia de material radiactivo.

Tabla 5 – Límites de actividad para bultos exceptuados

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Estado físico del contenido** | **Instrumentos o artículos** | | **Materiales** |
| **Límites para los instrumentos y artículosa** | **Límites para los bultosa** | **Límites para los bultosa** |
| Sólidos: |  |  |  |
| En forma especial | 10-2A1 | A1 | 10-3A1 |
| Otras formas | 10-2A2 | A2 | 10-3A2 |
| Líquidos: | 10-3A2 | 10-1A2 | 10-4A2 |
| Gases: |  |  |  |
| Tritio | 2 x 10-2A2 | 2 x 10-1A2 | 2 x 10-2A2 |
| En forma especial | 10-3A1 | 10-2A1 | 10-3A1 |
| Otras formas | 10-3A2 | 10-2A2 | 10-3A2 |

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

* 1. 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:

* + - 1. Para ser clasificado como Bulto Industrial Tipo 1 (BI-1) se debe cumplir con lo siguiente:
         1. Aprobar los requisitos generales de diseño establecidos en la normatividad correspondiente.
      2. Para ser clasificado como Bulto Industrial Tipo 2 (BI-2) se debe cumplir con lo siguiente:
      3. Los requisitos para Bulto Industrial Tipo 1 (BI-1);
      4. 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.

* + - 1. Para ser clasificado como Bulto Industrial Tipo 3 (BI-3) se debe cumplir con lo siguiente:
      2. Los requisitos para Bulto Industrial Tipo 2 (BI-2);
      3. Satisfacer las pruebas de penetración y aspersión con agua establecidas en la normatividad correspondiente
      4. Satisfacer los requisitos de diseño establecidos en la normatividad correspondiente, para los Bultos Tipo A, excepto aquellos relacionados con materiales radiactivos líquidos o gaseosos.
  1. Bulto Tipo A

Es un bulto que satisface alguna de las siguientes condiciones:

* + 1. Contiene una actividad menor o igual a A1, si se trata de material radiactivo en forma especial; o
    2. Contiene una actividad menor o igual a A2 para cualquier otro tipo de material radiactivo; o
    3. Si el contenido es una mezcla de radionúclidos cuyas identidades y actividades respectivas se conozcan, se cumple la siguiente desigualdad:

Donde:

es la actividad del radionúclido como material radiactivo en forma especial;

es el valor de A1 para el radionúclido ;

es la actividad del radionúclido que no se encuentre como material radiactivo en forma especial;

es el valor de A2 del radionúclido .

* 1. Bultos Tipo B(U) y Tipo B(M)

Son bultos diseñados para transportar material radiactivo con una actividad superior a A1, si se trata de material radiactivo en forma especial, o superior a A2, para cualquier otro tipo de material. Su contenido será el especificado en la Autorización de Diseño del Bulto.

* + 1. Los Bultos Tipo B(U) requieren aprobación unilateral.
    2. Los Bultos Tipo B(M) requieren aprobación multilateral.
  1. Bulto Tipo C

Requiere aprobaciónunilateral, 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.

1. **Requisitos para el transporte de materiales BAE y OCS** 
   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 Materiales Radiactivos, publicado en el DOF el 10 de abril de 2017.

Tabla 6 – Requisitos de los bultos industriales para los materiales BAE y OCS

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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 |

1. **Vigilancia**

La vigilancia del cumplimiento de lo dispuesto por el presente Proyecto de 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.

1. **Procedimiento de evaluación de la conformidad** 
   1. La evaluación de la conformidad del presente Proyecto de 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:
      1. Revisión documental de la clasificación de los materiales radiactivos para efectos de su transporte.
      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.
      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.
2. **Concordancia con normas internacionales**

Este Proyecto de 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)** | **A1**  TBq | **A2**  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 × 101 | 1 × 104 |
| Ac-227 (a) | 9 × 10–1 | 9 × 10–5 | 1 × 10–1 | 1 × 103 |
| Ac-228 | 6 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| **Plata (47)** | | | | |
| Ag-105 | 2 × 100 | 2 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Ag-108m (a) | 7 × 10–1 | 7 × 10–1 | 1 × 101 (b) | 1 × 106 (b) |
| Ag-110m (a) | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Ag-111 | 2 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| **Aluminio (13)** | | | | |
| Al-26 | 1 × 10–1 | 1 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| **Americio (95)** | | | | |
| Am-241 | 1 × 101 | 1 × 10–3 | 1 × 100 | 1 × 104 |
| Am-242m (a) | 1 × 101 | 1 × 10–3 | 1 × 100 (b) | 1 × 104 (b) |
| Am-243 (a) | 5 × 100 | 1 × 10–3 | 1 × 100 (b) | 1 × 103 (b) |
| **Argón (18)** | | | | |
| Ar-37 | 4 × 101 | 4 × 101 | 1 × 106 | 1 × 108 |
| Ar-39 | 4 × 101 | 2 × 101 | 1 × 107 | 1 × 104 |
| Ar-41 | 3 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 109 |
| **Arsénico (33)** | | | | |
| As-72 | 3 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| As-73 | 4 × 101 | 4 × 101 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| As-74 | 1 × 100 | 9 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| As-76 | 3 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| As-77 | 2 × 101 | 7 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| **Astato (85)** | | | | |
| At-211 (a) | 2 × 101 | 5 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| **Oro (79)** | | | | |
| Au-193 | 7 × 100 | 2 × 100 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| Au-194 | 1 × 100 | 1 × 100 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Au-195 | 1 × 101 | 6 × 100 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| Au-198 | 1 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Au-199 | 1 × 101 | 6 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| **Bario (56)** | | | | |
| Ba-131 (a) | 2 × 100 | 2 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Ba-133 | 3 × 100 | 3 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Ba-133m | 2 × 101 | 6 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Ba-140 (a) | 5 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 101 (b) | 1 × 105 (b) |
| **Berilio (4)** | | | | |
| Be-7 | 2 × 101 | 2 × 101 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| Be-10 | 4 × 101 | 6 × 10–1 | 1 × 104 | 1 × 106 |
| **Bismuto (83)** | | | | |
| Bi-205 | 7 × 10–1 | 7 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Bi-206 | 3 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| Bi-207 | 7 × 10–1 | 7 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Bi-210 | 1 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| Bi-210m (a) | 6 × 10–1 | 2 × 10–2 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| Bi-212 (a) | 7 × 10–1 | 6 × 10–1 | 1 × 101 (b) | 1 × 105 (b) |
| **Berquelio (97)** | | | | |
| Bk-247 | 8 × 100 | 8 × 10–4 | 1 × 100 | 1 × 104 |
| Bk-249 (a) | 4 × 101 | 3 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| **Bromo (35)** | | | | |
| Br-76 | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| Br-77 | 3 × 100 | 3 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Br-82 | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| **Carbono (6)** | | | | |
| C-11 | 1 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| C-14 | 4 × 101 | 3 × 100 | 1 × 104 | 1 × 107 |
| **Calcio (20)** | | | | |
| Ca-41 | Sin límite | Sin límite | 1 × 105 | 1 × 107 |
| Ca-45 | 4 × 101 | 1 × 100 | 1 × 104 | 1 × 107 |
| Ca-47 (a) | 3 × 100 | 3 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| **Cadmio (48)** | | | | |
| Cd-109 | 3 × 101 | 2 × 100 | 1 × 104 | 1 × 106 |
| Cd-113m | 4 × 101 | 5 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| Cd-115 (a) | 3 × 100 | 4 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Cd-115m | 5 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| **Cerio (58)** | | | | |
| Ce-139 | 7 × 100 | 2 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Ce-141 | 2 × 101 | 6 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| Ce-143 | 9 × 10–1 | 6 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Ce-144 (a) | 2 × 10–1 | 2 × 10–1 | 1 × 102 (b) | 1 × 105 (b) |
| **Californio (98)** | | | | |
| Cf-248 | 4 × 101 | 6 × 10–3 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| Cf-249 | 3 × 100 | 8 × 10–4 | 1 × 100 | 1 × 103 |
| Cf-250 | 2 × 101 | 2 × 10–3 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| Cf-251 | 7 × 100 | 7 × 10–4 | 1 × 100 | 1 × 103 |
| Cf-252 | 1 × 10–1 | 3 × 10–3 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| Cf-253 (a) | 4 × 101 | 4 × 10–2 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| Cf-254 | 1 × 10–3 | 1 × 10–3 | 1 × 100 | 1 × 103 |
| **Cloro (17)** | | | | |
| Cl-36 | 1 × 101 | 6 × 10–1 | 1 × 104 | 1 × 106 |
| Cl-38 | 2 × 10–1 | 2 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| **Curio (96)** | | | | |
| Cm-240 | 4 × 101 | 2 × 10–2 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| Cm-241 | 2 × 100 | 1 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Cm-242 | 4 × 101 | 1 × 10–2 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| Cm-243 | 9 × 100 | 1 × 10–3 | 1 × 100 | 1 × 104 |
| Cm-244 | 2 × 101 | 2 × 10–3 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| Cm-245 | 9 × 100 | 9 × 10–4 | 1 × 100 | 1 × 103 |
| Cm-246 | 9 × 100 | 9 × 10–4 | 1 × 100 | 1 × 103 |
| Cm-247 (a) | 3 × 100 | 1 × 10–3 | 1 × 100 | 1 × 104 |
| Cm-248 | 2 × 10–2 | 3 × 10–4 | 1 × 100 | 1 × 103 |
| **Cobalto (27)** | | | | |
| Co-55 | 5 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Co-56 | 3 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| Co-57 | 1 × 101 | 1 × 101 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Co-58 | 1 × 100 | 1 × 100 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Co-58m | 4 × 101 | 4 × 101 | 1 × 104 | 1 × 107 |
| Co-60 | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| **Cromo (24)** | | | | |
| Cr-51 | 3 × 101 | 3 × 101 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| **Cesio (55)** | | | | |
| Cs-129 | 4 × 100 | 4 × 100 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| Cs-131 | 3 × 101 | 3 × 101 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| Cs-132 | 1 × 100 | 1 × 100 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| Cs-134 | 7 × 10–1 | 7 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| Cs-134m | 4 × 101 | 6 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 105 |
| Cs-135 | 4 × 101 | 1 × 100 | 1 × 104 | 1 × 107 |
| Cs-136 | 5 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| Cs-137 (a) | 2 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 101 (b) | 1 × 104 (b) |
| **Cobre (29)** |  |  |  |  |
| Cu-64 | 6 × 100 | 1 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Cu-67 | 1 × 101 | 7 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| **Disprosio (66)** | | | | |
| Dy-159 | 2 × 101 | 2 × 101 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| Dy-165 | 9 × 10–1 | 6 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| Dy-166 (a) | 9 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| **Erbio (68)** | | | | |
| Er-169 | 4 × 101 | 1 × 100 | 1 × 104 | 1 × 107 |
| Er-171 | 8 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| **Europio (63)** | | | | |
| Eu-147 | 2 × 100 | 2 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Eu-148 | 5 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Eu-149 | 2 × 101 | 2 × 101 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| Eu-150 (período corto) | 2 × 100 | 7 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| Eu-150 (período largo) | 7 × 10–1 | 7 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Eu-152 | 1 × 100 | 1 × 100 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Eu-152m | 8 × 10–1 | 8 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Eu-154 | 9 × 10–1 | 6 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Eu-155 | 2 × 101 | 3 × 100 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| Eu-156 | 7 × 10–1 | 7 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| **Flúor (9)** | | | | |
| F-18 | 1 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| **Hierro (26)** | | | | |
| Fe-52 (a) | 3 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Fe-55 | 4 × 101 | 4 × 101 | 1 × 104 | 1 × 106 |
| Fe-59 | 9 × 10–1 | 9 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Fe-60 (a) | 4 × 101 | 2 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| **Galio (31)** | | | | |
| Ga-67 | 7 × 100 | 3 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Ga-68 | 5 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| Ga-72 | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| **Gadolinio (64)** | | | | |
| Gd-146 (a) | 5 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Gd-148 | 2 × 101 | 2 × 10–3 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| Gd-153 | 1 × 101 | 9 × 100 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| Gd-159 | 3 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| **Germanio (32)** | | | | |
| Ge-68 (a) | 5 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| Ge-71 | 4 × 101 | 4 × 101 | 1 × 104 | 1 × 108 |
| Ge-77 | 3 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| **Hafnio (72)** | | | | |
| Hf-172 (a) | 6 × 10–1 | 6 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Hf-175 | 3 × 100 | 3 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Hf-181 | 2 × 100 | 5 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Hf-182 | Sin límite | Sin límite | 1 × 102 | 1 × 106 |
| **Mercurio (80)** | | | | |
| Hg-194 (a) | 1 × 100 | 1 × 100 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Hg-195m (a) | 3 × 100 | 7 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Hg-197 | 2 × 101 | 1 × 101 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| Hg-197m | 1 × 101 | 4 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Hg-203 | 5 × 100 | 1 × 100 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| **Holmio (67)** | | | | |
| Ho-166 | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 105 |
| Ho-166m | 6 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| **Yodo (53)** | | | | |
| I-123 | 6 × 100 | 3 × 100 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| I-124 | 1 × 100 | 1 × 100 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| I-125 | 2 × 101 | 3 × 100 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| I-126 | 2 × 100 | 1 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| I-129 | Sin límite | Sin límite | 1 × 102 | 1 × 105 |
| I-131 | 3 × 100 | 7 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| I-132 | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| I-133 | 7 × 10–1 | 6 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| I-134 | 3 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| I-135 (a) | 6 × 10–1 | 6 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| **Indio (49)** | | | | |
| In-111 | 3 × 100 | 3 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| In-113m | 4 × 100 | 2 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| In-114m (a) | 1 × 101 | 5 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| In-115m | 7 × 100 | 1 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| **Iridio (77)** | | | | |
| Ir-189 (a) | 1 × 101 | 1 × 101 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| Ir-190 | 7 × 10–1 | 7 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Ir-192 | 1 × 100 (c) | 6 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| Ir-194 | 3 × 10-1 | 3 × 10-1 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| **Potasio (19)** | | | | |
| K-40 | 9 × 10-1 | 9 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| K-42 | 2 × 10–1 | 2 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| K-43 | 7 × 10–1 | 6 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| **Criptón (36 )** | | | | |
| Kr-79 | 4 × 10 1 | 2 × 100 | 1 × 103 | 1 × 105 |
| Kr-81 | 4 × 100 | 4 × 101 | 1 × 104 | 1 × 107 |
| Kr-85 | 1 × 101 | 1 × 101 | 1 × 105 | 1 × 104 |
| Kr-85m | 8 × 100 | 3 × 100 | 1 × 103 | 1 × 1010 |
| Kr-87 | 2 × 10–1 | 2 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 109 |
| **Lantano (57)** | | | | |
| La-137 | 3 × 101 | 6 × 100 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| La-140 | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| **Lutecio (71)** | | | | |
| Lu-172 | 6 × 10–1 | 6 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Lu-173 | 8 × 100 | 8 × 100 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| Lu-174 | 9 × 100 | 9 × 100 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| Lu-174m | 2 × 101 | 1 × 101 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| Lu-177 | 3 × 101 | 7 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| **Magnesio (12)** | | | | |
| Mg 28 (a) | 3 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| **Manganeso (25)** | | | | |
| Mn-52 | 3 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| Mn-53 | Sin límite | Sin límite | 1 × 104 | 1 × 109 |
| Mn-54 | 1 × 100 | 1 × 100 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Mn-56 | 3 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| **Molibdeno (42)** | | | | |
| Mo-93 | 4 × 101 | 2 × 101 | 1 × 103 | 1 × 108 |
| Mo-99 (a) | 1 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| **Nitrógeno (7)** | | | | |
| N-13 | 9 × 10–1 | 6 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 109 |
| **Sodio (11)** | | | | |
| Na-22 | 5 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Na-24 | 2 × 10–1 | 2 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| **Niobio (41)** | | | | |
| Nb-93m | 4 × 101 | 3 × 101 | 1 × 104 | 1 × 107 |
| Nb-94 | 7 × 10–1 | 7 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Nb-95 | 1 × 100 | 1 × 100 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Nb-97 | 9 × 10–1 | 6 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| **Neodimio (60)** | | | | |
| Nd-147 | 6 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Nd-149 | 6 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| **Níquel (28)** | | | | |
| Ni-59 | Sin límite | Sin límite | 1 × 104 | 1 × 108 |
| Ni-63 | 4 × 101 | 3 × 101 | 1 × 105 | 1 × 108 |
| Ni-65 | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| **Neptunio (93)** | | | | |
| Np-235 | 4 × 101 | 4 × 101 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| Np-236 (período corto) | 2 × 101 | 2 × 100 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| Np-236 (período largo) | 9 × 100 | 2 × 10–2 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| Np-237 | 2 × 101 | 2 × 10–3 | 1 × 100 (b) | 1 × 103 (b) |
| Np-239 | 7 × 100 | 4 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| **Osmio (76)** | | | | |
| Os-185 | 1 × 100 | 1 × 100 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Os-191 | 1 × 101 | 2 × 100 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| Os-191m | 4 × 101 | 3 × 101 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| Os-193 | 2 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Os-194(a) | 3 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| Fósforo (15) |  |  |  |  |
| P-32 | 5 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 105 |
| P-33 | 4 × 101 | 1 × 100 | 1 × 105 | 1 × 108 |
| **Protactinio (91)** | | | | |
| Pa-230 (a) | 2 × 100 | 7 × 10–2 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Pa-231 | 4 × 100 | 4 × 10–4 | 1 × 100 | 1 × 103 |
| Pa-233 | 5 × 100 | 7 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| **Plomo (82)** | | | | |
| Pb-201 | 1 × 100 | 1 × 100 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Pb-202 | 4 × 101 | 2 × 101 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| Pb-203 | 4 × 100 | 3 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Pb-205 | Sin límite | Sin límite | 1 × 104 | 1 × 107 |
| Pb-210 (a) | 1 × 100 | 5 × 10–2 | 1 × 101 (b) | 1 × 104 (b) |
| Pb-212 (a) | 7 × 10–1 | 2 × 10–1 | 1 × 101 (b) | 1 × 105 (b) |
| **Paladio (46)** | | | | |
| Pd-103 (a) | 4 × 101 | 4 × 101 | 1 × 103 | 1 × 108 |
| Pd-107 | Sin límite | Sin límite | 1 × 105 | 1 × 108 |
| Pd-109 | 2 × 100 | 5 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| **Prometio (61)** |  |  |  |  |
| Pm-143 | 3 × 100 | 3 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Pm-144 | 7 × 10–1 | 7 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Pm-145 | 3 × 101 | 1 × 101 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| Pm-147 | 4 × 101 | 2 × 100 | 1 × 104 | 1 × 107 |
| Pm-148m (a) | 8 × 10–1 | 7 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Pm-149 | 2 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| Pm-151 | 2 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| **Polonio (84)** | | | | |
| Po-210 | 4 × 101 | 2 × 10–2 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| **Praseodimio (59)** | | | | |
| Pr-142 | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| Pr-143 | 3 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 104 | 1 × 106 |
| **Platino (78)** | | | | |
| Pt-188 (a) | 1 × 100 | 8 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Pt-191 | 4 × 100 | 3 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Pt-193 | 4 × 101 | 4 × 101 | 1 × 104 | 1 × 107 |
| Pt-193m | 4 × 101 | 5 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| Pt-195m | 1 × 101 | 5 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Pt-197 | 2 × 101 | 6 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| Pt-197m | 1 × 101 | 6 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| **Plutonio (94)** | | | | |
| Pu-236 | 3 × 101 | 3 × 10–3 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| Pu-237 | 2 × 101 | 2 × 101 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| Pu-238 | 1 × 101 | 1 × 10–3 | 1 × 100 | 1 × 104 |
| Pu-239 | 1 × 101 | 1 × 10–3 | 1 × 100 | 1 × 104 |
| Pu-240 | 1 × 101 | 1 × 10–3 | 1 × 100 | 1 × 103 |
| Pu-241 (a) | 4 × 101 | 6 × 10–2 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| Pu-242 | 1 × 101 | 1 × 10–3 | 1 × 100 | 1 × 104 |
| Pu-244 (a) | 4 × 10–1 | 1 × 10–3 | 1 × 100 | 1 × 104 |
| **Radio (88)** | | | | |
| Ra-223 (a) | 4 × 10–1 | 7 × 10–3 | 1 × 102 (b) | 1 × 105 (b) |
| Ra-224 (a) | 4 × 10–1 | 2 × 10–2 | 1 × 101 (b) | 1 × 105 (b) |
| Ra-225 (a) | 2 × 10–1 | 4 × 10–3 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| Ra-226 (a) | 2 × 10–1 | 3 × 10–3 | 1 × 101 (b) | 1 × 104 (b) |
| Ra-228 (a) | 6 × 10–1 | 2 × 10–2 | 1 × 101 (b) | 1 × 105 (b) |
| **Rubidio (37)** | | | | |
| Rb-81 | 2 × 100 | 8× 10-1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Rb-83 (a) | 2 × 100 | 2 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Rb-84 | 1 × 100 | 1 × 100 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Rb-86 | 5 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| Rb-87 | Sin límite | Sin límite | 1 × 104 | 1 × 107 |
| Rb (natural) | Sin límite | Sin límite | 1 × 104 | 1 × 107 |
| **Renio (75)** | | | | |
| Re-184 | 1 × 100 | 1 × 100 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Re-184m | 3 × 100 | 1 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Re-186 | 2 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| Re-187 | Sin límite | Sin límite | 1 × 106 | 1 × 109 |
| Re-188 | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| Re-189 (a) | 3 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Re (natural) | Sin límite | Sin límite | 1 × 106 | 1 × 109 |
| **Rodio (45)** | | | | |
| Rh-99 | 2 × 100 | 2 × 100 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Rh-101 | 4 × 100 | 3 × 100 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| Rh-102 | 5 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Rh-102m | 2 × 100 | 2 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Rh-103m | 4 × 101 | 4 × 101 | 1 × 104 | 1 × 108 |
| Rh-105 | 1 × 101 | 8 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| **Radón (86)** | | | | |
| Rn-222 (a) | 3 × 10–1 | 4 × 10–3 | 1 × 101 (b) | 1 × 108 (b) |
| **Rutenio (44)** | | | | |
| Ru-97 | 5 × 100 | 5 × 100 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| Ru-103 (a) | 2 × 100 | 2 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Ru-105 | 1 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Ru-106 (a) | 2 × 10–1 | 2 × 10–1 | 1 × 102 (b) | 1 × 105 (b) |
| **Azufre (16)** | | | | |
| S-35 | 4 × 101 | 3 × 100 | 1 × 105 | 1 × 108 |
| **Antimonio (51)** | | | | |
| Sb-122 | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 104 |
| Sb-124 | 6 × 10–1 | 6 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Sb-125 | 2 × 100 | 1 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Sb-126 | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| **Escandio (21)** | | | | |
| Sc-44 | 5 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| Sc-46 | 5 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Sc-47 | 1 × 101 | 7 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Sc-48 | 3 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| **Selenio (34)** | | | | |
| Se-75 | 3 × 100 | 3 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Se-79 | 4 × 101 | 2 × 100 | 1 × 104 | 1 × 107 |
| **Silicio (14)** | | | | |
| Si-31 | 6 × 10–1 | 6 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| Si-32 | 4 × 101 | 5 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| **Samario (62)** | | | | |
| Sm-145 | 1 × 101 | 1 × 101 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| Sm-147 | Sin límite | Sin límite | 1 × 101 | 1 × 104 |
| Sm-151 | 4 × 101 | 1 × 101 | 1 × 104 | 1 × 108 |
| Sm-153 | 9 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| **Estaño (50)** | | | | |
| Sn-113 (a) | 4 × 100 | 2 × 100 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| Sn-117m | 7 × 100 | 4 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Sn-119m | 4 × 101 | 3 × 101 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| Sn-121m (a) | 4 × 101 | 9 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| Sn-123 | 8 × 10–1 | 6 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| Sn-125 | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| Sn-126 (a) | 6 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| **Estroncio (38)** | | | | |
| Sr-82 (a) | 2 × 10–1 | 2 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| Sr-85 | 2 × 100 | 2 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Sr-85m | 5 × 100 | 5 × 100 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| Sr-87m | 3 × 100 | 3 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Sr-89 | 6 × 10–1 | 6 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| Sr-90 (a) | 3 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 102 (b) | 1 × 104 (b) |
| Sr-91 (a) | 3 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| Sr-92 (a) | 1 × 100 | 3 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| **Tritio (1)** | | | | |
| T(H-3) | 4 × 101 | 4 × 101 | 1 × 106 | 1 × 109 |
| **Tantalio (73)** | | | | |
| Ta-178 (período largo) | 1 × 100 | 8 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Ta-179 | 3 × 101 | 3 × 101 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| Ta-182 | 9 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| **Terbio (65)** | | | | |
| Tb-157 | 4 × 101 | 4 × 101 | 1 × 104 | 1 × 107 |
| Tb-158 | 1 × 100 | 1 × 100 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Tb-160 | 1 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| **Tecnecio (43)** | | | | |
| Tc-95m (a) | 2 × 100 | 2 × 100 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Tc-96 | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Tc-96m (a) | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| Tc-97 | Sin límite | Sin límite | 1 × 103 | 1 × 108 |
| Tc-97m | 4 × 101 | 1 × 100 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| Tc-98 | 8 × 10–1 | 7 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Tc-99 | 4 × 101 | 9 × 10–1 | 1 × 104 | 1 × 107 |
| Tc-99m | 1 × 101 | 4 × 100 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| **Telurio (52)** | | | | |
| Te-121 | 2 × 100 | 2 × 100 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Te-121m | 5 × 100 | 3 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Te-123m | 8 × 100 | 1 × 100 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| Te-125m | 2 × 101 | 9 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| Te-127 | 2 × 101 | 7 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| Te-127m (a) | 2 × 101 | 5 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| Te-129 | 7 × 10–1 | 6 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Te-129m (a) | 8 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| Te-131m (a) | 7 × 10–1 | 5 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Te-132 (a) | 5 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| **Torio (90)** | | | | |
| Th-227 | 1 × 101 | 5 × 10–3 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| Th-228 (a) | 5 × 10–1 | 1 × 10–3 | 1 × 100 (b) | 1 × 104 (b) |
| Th-229 | 5 × 100 | 5 × 10–4 | 1 × 100 (b) | 1 × 103 (b) |
| Th-230 | 1 × 101 | 1 × 10–3 | 1 × 100 | 1 × 104 |
| Th-231 | 4 × 101 | 2 × 10–2 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| Th-232 | Sin límite | Sin límite | 1 × 101 | 1 × 104 |
| Th-234 (a) | 3 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 103 (b) | 1 × 105 (b) |
| Th (natural) | Sin límite | Sin límite | 1 × 100 (b) | 1 × 103 (b) |
| **Titanio (22)** | | | | |
| Ti-44 (a) | 5 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| **Talio (81)** | | | | |
| Tl-200 | 9 × 10–1 | 9 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Tl-201 | 1 × 101 | 4 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Tl-202 | 2 × 100 | 2 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Tl-204 | 1 × 101 | 7 × 10–1 | 1 × 104 | 1 × 104 |
| **Tulio (69)** | | | | |
| Tm-167 | 7 × 100 | 8 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Tm-170 | 3 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| Tm-171 | 4 × 101 | 4 × 101 | 1 × 104 | 1 × 108 |
| **Uranio (92)** | | | | |
| U-230 (absorción pulmonar rápida)(a)(d) | 4 × 101 | 1 × 10–1 | 1 × 101 (b) | 1 × 105 (b) |
| U-230 (absorción pulmonar media)(a)(e) | 4 × 101 | 4 × 10–3 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| U-230 (absorción pulmonar lenta)(a)(f) | 3 × 101 | 3 × 10–3 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| U-232 (absorción pulmonar rápida)(d) | 4 × 101 | 1 × 10–2 | 1 × 100 (b) | 1 × 103 (b) |
| U-232 (absorción pulmonar media)(e) | 4 × 101 | 7 × 10–3 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| U-232 (absorción pulmonar lenta)(f) | 1 × 101 | 1 × 10–3 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| U-233 (absorción pulmonar rápida)(d) | 4 × 101 | 9 × 10–2 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| U-233 (absorción pulmonar media)(e) | 4 × 101 | 2 × 10–2 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| U-233 (absorción pulmonar lenta)(f) | 4 × 101 | 6 × 10–3 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| U-234 (absorción  pulmonar rápida)(d) | 4 × 101 | 9 × 10–2 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| U-234 (absorción  pulmonar media)(e) | 4 × 101 | 2 × 10–2 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| U-234 (absorción  pulmonar lenta)(f) | 4 × 101 | 6 × 10–3 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| U-235 (todos los tipos de absorción pulmonar) (a) (d) (e) (f) | Sin límite | Sin límite | 1 × 101 (b) | 1 × 104 (b) |
| U-236 (absorción  pulmonar rápida)(d) | Sin límite | Sin límite | 1 × 101 | 1 × 104 |
| U-236 (absorción pulmonar media)(e) | 4 × 101 | 2 × 10–2 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| U-236 (absorción  pulmonar lenta (f) | 4 × 101 | 6 × 10–3 | 1 × 101 | 1 × 104 |
| U-238 (todos los tipos de absorción pulmonar) (d) (e) (f) | Sin límite | Sin límite | 1 × 101 (b) | 1 × 104 (b) |
| U (natural) | Sin límite | Sin límite | 1 × 100 (b) | 1 × 103 (b) |
| U (enriquecido  al 20% o menos)(g) | Sin límite | Sin límite | 1 × 100 | 1 × 103 |
| U (empobrecido) | Sin límite | Sin límite | 1 × 100 | 1 × 103 |
| **Vanadio (23)** | | | | |
| V-48 | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 105 |
| V-49 | 4 × 101 | 4 × 101 | 1 × 104 | 1 × 107 |
| **Tungsteno (74)** | | | | |
| W-178 (a) | 9 × 100 | 5 × 100 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| W-181 | 3 × 101 | 3 × 101 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| W-185 | 4 × 101 | 8 × 10–1 | 1 × 104 | 1 × 107 |
| W-187 | 2 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| W-188 (a) | 4 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| **Xenón (54)** | | | | |
| Xe-122 (a) | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 109 |
| Xe-123 | 2 × 100 | 7 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 109 |
| Xe-127 | 4 × 100 | 2 × 100 | 1 × 103 | 1 × 105 |
| Xe-131m | 4 × 101 | 4 × 101 | 1 × 104 | 1 × 104 |
| Xe-133 | 2 × 101 | 1 × 101 | 1 × 103 | 1 × 104 |
| Xe-135 | 3 × 100 | 2 × 100 | 1 × 103 | 1 × 1010 |
| **Itrio (39)** | | | | |
| Y-87 (a) | 1 × 100 | 1 × 100 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Y-88 | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Y-90 | 3 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 105 |
| Y-91 | 6 × 10–1 | 6 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 106 |
| Y-91m | 2 × 100 | 2 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Y-92 | 2 × 10–1 | 2 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| Y-93 | 3 × 10–1 | 3 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 105 |
| **Iterbio (70)** | | | | |
| Yb-169 | 4 × 100 | 1 × 100 | 1 × 102 | 1 × 107 |
| Yb-175 | 3 × 101 | 9 × 10–1 | 1 × 103 | 1 × 107 |
| **Zinc (30)** | | | | |
| Zn-65 | 2 × 100 | 2 × 100 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Zn-69 | 3 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 104 | 1 × 106 |
| Zn-69m (a) | 3 × 100 | 6 × 10–1 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| **Circonio (40)** | | | | |
| Zr-88 | 3 × 100 | 3 × 100 | 1 × 102 | 1 × 106 |
| Zr-93 | Sin límite | Sin límite | 1 × 103 (b) | 1 × 107 (b) |
| Zr-95 (a) | 2 × 100 | 8 × 10–1 | 1 × 101 | 1 × 106 |
| Zr-97 (a) | 4 × 10–1 | 4 × 10–1 | 1 × 101 (b) | 1 × 105 (b) |

* 1. Los valores de A1 y/o A2 de estos radionúclidos predecesores incluyen contribuciones de sus descendientes con períodos de semidesintegración inferiores a 10 días, que se enumeran a continuación:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Mg-28 Al-28  Ar-42 K-42  Ca-47 Sc-47  Ti-44 Sc-44  Fe-52 Mn-52m  Fe-60 Co-60m  Zn-69m Zn-69  Ge-68 Ga-68  Rb-83 Kr-83m  Sr-82 Rb-82  Sr-90 Y-90  Sr-91 Y-91m  Sr-92 Y-92  Y-87 Sr-87m  Zr-95 Nb-95m  Zr-97 Nb-97m, Nb-97  Mo-99 Tc-99m  Tc-95m Tc-95  Tc-96m Tc-96  Ru-103 Rh-103m  Ru-106 Rh-106  Pd-103 Rh-103m  Ag-108m Ag-108  Ag-110m Ag-110  Cd-115 In-115m  In-114m In-114  Sn-113 In-113m | Sn-121m Sn-121  Sn-126 Sb-126m  Te-118 Sb-118  Te-127m Te-127  Te-129m Te-129  Te-131m Te-131  Te-132 I-132  I-135 Xe-135m  Xe-122 I-122  Cs-137 Ba-137m  Ba-131 Cs-131  Ba-140 La-140  Ce-144 Pr-144m, Pr-144  Pm-148m Pm-148  Gd-146 Eu-146  Dy-166 Ho-166  Hf-172 Lu-172  W-178 Ta-178  W-188 Re-188  Re-189 Os-189m  Os-194 Ir-194  Ir-189 Os-189m  Pt-188 Ir-188  Hg-194 Au-194  Hg-195m Hg-195  Pb-210 Bi-210  Pb-212 Bi-212, Tl-208, Po-212 | Bi-210m Tl-206  Bi-212 Tl-208, Po-212  At-211 Po-211  Rn-222 Po-218, Pb-214, At-218, Bi-214, Po-214  Ra-223 Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Po-211, Tl-207  Ra-224 Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212  Ra-225 Ac-225, Fr-221, At-217, Bi-213, Tl-209, Po-213, Pb-209  Ra-226 Rn-222, Po-218, Pb-214, At-218, Bi-214, Po-214  Ra-228 Ac-228  Ac-225 Fr-221, At-217, Bi-213, Tl-209, Po-213, Pb-209  Ac-227 Fr-223  Th-228 Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Tl-208, Po-212  Th-234 Pa-234m, Pa-234  Pa-230 Ac-226, Th-226, Fr-222, Ra-222, Rn-218, Po-214  U-230 Th-226, Ra-222, Rn-218, Po-214  U-235 Th-231  Pu-241 U-237  Pu-244 U-240, Np-240m  Am-242m Am-242, Np-238  Am-243 Np-239  Cm-247 Pu-243  Bk-249 Am-245  Cf-253 Cm-249 |

* 1. 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 |

* 1. 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.
  2. Estos valores se aplican únicamente a compuestos de uranio que toman la forma química de UF6, UO2F2 y UO2(NO3)2 tanto en condiciones de transporte rutinarias como de accidente.
  3. Estos valores se aplican sólo a compuestos de uranio que toman la forma química de UO3, UF4, UCl4 y compuestos hexavalentes tanto en condiciones de transporte rutinarias como de accidente.
  4. Estos valores se aplican a todos los compuestos de uranio que no sean los especificados en (d) y (e).
  5. Estos valores se aplican solamente al uranio no irradiado.

1. **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 Seguridaddel 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).

# TRANSITORIO

**Único.** El presente Proyecto de Norma Oficial Mexicana una vez publicado 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 día de su publicación.

**Ciudad de México, a 23 de agosto del 2018**

El Director General de la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias y Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad Nuclear y Salvaguardias.

**Juan Eibenschutz Hartman**