



XA04N0949

ASPECTOS DE SEGURIDAD EN EL TRANSPORTE DE MATERIALES RADIATIVOS.

Ing. Marco A. Ruiz Cristóbal

El transporte de materiales radiactivos comporta, al igual que otros productos químicos, ciertos riesgos que es preciso saber evaluar y minimizar, adoptando toda clase de medidas técnico-administrativas, con objeto de poder garantizar que dichos riesgos se mantengan en un nivel -aceptable- para la población potencialmente afectada, para los trabajadores del sector y para el medio ambiente. Poder evaluar el riesgo aceptable es una tarea difícil, por lo que, Organizaciones nacionales e internacionales han establecido un compromiso por desarrollar Normas de Protección Radiológica, para hacer cada día más seguro el transporte de materiales radiactivos.

En la actualidad, prácticamente la totalidad de los países adoptan los criterios y recomendaciones recogidos en la edición 1985 del Reglamento para el Transporte Seguro de materiales radiactivos de la OIEA.

La base de partida, para fijar los requisitos de seguridad concernientes al transporte de materiales radiactivos, la constituyen las Normas de Protección Radiológica cuya premisa fundamental es el que la exposición de las personas a las radiaciones ionizantes (de origen artificial) sea tan baja como se pueda lograr de forma razonable y que los equivalentes de dosis factibles de ser recibidas por los individuos no superen los límites anuales de 50 mSv (5 rem) para personas profesionalmente expuestas, o de 5 mSv (0.5 rem) para personas del público.

Los objetivos que es preciso alcanzar, para poder garantizar la seguridad en el transporte de materiales radiactivos, son los siguientes:

- a) Contener los materiales de forma eficaz.
- b) Controlar eficazmente las radiaciones emitidas por los materiales.
- c) Disipar convenientemente todo el calor generado en la absorción de las radiaciones emitidas por los materiales.
- d) Evitar a toda costa la -críticidad-, en el caso de sustancias radiactivas fisionables.
- e) Adoptar un eficaz plan de emergencia para casos de accidente y un programa de protección física adecuado.

Para lograr una contención eficaz de los materiales radiactivos, cualquiera que sea su naturaleza, se diseñan adecuadamente los embalajes y se ejercen los oportunos controles en su fabricación; se dictan normas restrictivas sobre el contenido de los bultos y se controlan todas las operaciones del transporte, especialmente, la carga y descarga. Todo ello evita o minimiza la posibilidad de un escape de material radiactivo al medio ambiente.

El control de las radiaciones emitidas por los materiales durante el transporte se lleva a efecto fijando los requisitos que debe reunir el sistema de blindaje de los embalajes y los límites para la tasa de dosis de radiación en la superficie externa de cada bulto, de acuerdo con la naturaleza del contenido radiactivo y con la modalidad del transporte. Ello, junto con el establecimiento de un sistema de identificación adecuado, mediante etiquetas, permite controlar eficazmente el nivel de radiación externa.

Por otro lado, la disipación del calor generado se logra introduciendo ciertas especificaciones para el diseño de embalajes y bultos (sistemas de refrigeración,

aislamiento térmico, etc.); así como limitando el contenido radiactivo para cada bulto, de forma tal que la temperatura superficial no sobre pase ciertos valores.

En el transporte de sustancias fisionables (Uranio-235 y Plutonio-239, principalmente) es preciso evitar a toda costa que se alcance la criticidad; ello se logra teniendo en cuenta en el diseño de los bultos todos los factores que influyen sobre la misma (geometría, masa, concentración, etc.) y adoptando medidas de control operacional, basadas fundamentalmente en la limitación del número total de bultos a transportar juntos.

De forma resumida, puede decirse que los materiales radiactivos potencialmente muy peligrosos deben ser transportados en embalajes resistentes a los accidentes; mientras que los que entrañan riesgos pequeños pueden expedirse en embalajes diseñados para resistir solamente las incidencias propias del transporte en condiciones normales.

CLASIFICACION DE LOS MATERIALES RADIATIVOS PARA SU TRANSPORTE.

Desde el punto de vista exclusivo del transporte, se puede adoptar la siguiente clasificación de los materiales radiactivos:

- 1) Materiales Radiactivos en forma Especial.
- 2) Materiales de Baja Actividad Específica.
- 3) Objetos Contaminados en la Superficie.
- 4) Sustancias Fisionables.
- 5) Materiales Exentos.

Es preciso aclarar que por material radiactivo se entiende cualquier material cuya actividad específica

sea superior a 70 KBq/Kg ($> 2\text{nCi/g}$) para, a continuación definir cada uno de los grupos de dicha clasificación.

MATERIALES RADIATIVOS EN FORMA ESPECIAL (FE)

Debe entenderse por material radiactivo en forma especial los dos tipos siguientes:

- a) Un material radiactivo sólido no dispersable.
- b) Una Cápsula sellada que contenga materiales radiactivos y que sólo pueda abrirse destruyéndola.

En el reglamento se establecen actividades máximas (A_1) para este tipo de materiales, para ser transportados como bultos tipo A.

MATERIALES DE BAJA ACTIVIDAD ESPECIFICA.

Se han establecido tres categorías, que son:

- a) Baja Actividad Específica I. (BAE-I)

Los cuales comprenden:

- i) Minerales con radionúclidos contenidos naturalmente en ellos (por ejem. uranio torio), y concentrados de uranio o torio de dichos minerales;
- ii) Uranio natural o uranio empobrecido o torio natural no irradiados en estado sólido o sus compuestos sólidos ó líquidos o mezclas; o
- iii) Materiales radiactivos, que no sean sustancias fisiónables para los que el valor de A_2 no tenga límite.

Entendiéndose como A_2 , como la actividad máxima de materiales radiactivos que no están en forma especial, permitida para un bulto tipo A.

b) Baja Actividad Específica II. (BAE-II)

Estos materiales comprenden:

- i) Agua con concentración de tritio de hasta 1 TBq/l (20 Ci/l); o
- ii) Otros materiales en los que la actividad esté distribuida por todo el material y la actividad específica media estimada no sea superior a $10^{-4}A_2/g$ para sólidos y gases y $10^{-5}A_2/g$ para líquidos.

c) Baja Actividad Específica III. (BAE-III)

Comprenden aquellos sólidos (por ejem. desechos consolidados, materiales activados) en los que:

- i) Los materiales radiactivos se encuentren distribuidos por todo un sólido o conjunto de objetos sólidos, o estén esencialmente distribuidos de modo uniforme en el seno de un agente ligante compacto sólido (como hormigón, asfalto, materiales cerámicos, etc.);
- ii) Los materiales radiactivos que sean relativamente insolubles, o estén contenidos intrínsecamente en una matriz relativamente insoluble, de manera que, incluso en caso de pérdida del embalaje, la pérdida de material radiactivo por bulto, producida por lixiviación tras siete días de inmersión en agua, no sería superior a $0.1A_2/g$; y

- iii) La actividad específica media estimada del sólido, excluido todo el material de blindaje, no sea superior a $2 \times 10^{-3} \text{A}_2/\text{g}$.

Estos materiales comportan riesgos muy pequeños en comparación con el resto, por lo cual los requisitos para su transporte son menos estrictos, pudiéndose expedir, prácticamente en cualquier tipo de bultos.

OBJETOS CONTAMINADOS EN LA SUPERFICIE (OCS)

Por objeto contaminado en la superficie se entenderá un objeto sólido que no es en sí radiactivo pero que tiene materiales radiactivos distribuidos en sus superficies. Existiendo dos grupos los cuales son:

- a) Objeto Contaminado en la superficie - I. (OCS-I)
Es un objeto sólido en el que:
- i) la contaminación transitoria en la superficie accesible, promediada sobre 300 cm^2 (o sobre el área de la superficie si ésta fuera inferior a 300 cm^2) no sea superior a 4 Bq/cm^2 ($10^{-4} \mu\text{Ci/cm}^2$) en el caso de emisores beta y gamma, o a 0.4 Bq/cm^2 ($10^{-5} \mu\text{Ci/cm}^2$) en el caso de emisores alfa; y
 - ii) La contaminación fija en la superficie accesible, promediada sobre 300 cm^2 (o sobre el área de la superficie si ésta fuera inferior a 300 cm^2) no sea superior a $4 \times 10^4 \text{ Bq/cm}^2$ ($1 \mu\text{Ci/cm}^2$) en el caso de emisores beta y gamma, o a $4 \times 10^3 \text{ Bq/cm}^2$ ($0.1 \mu\text{Ci/cm}^2$) en el caso de emisores alfa; y

iii) La contaminación transitoria más la contaminación fija en la superficie inaccesible, promediada sobre 300 cm^2 (o sobre el área de la superficie si ésta fuera inferior a 300 cm^2) no sea superior a $4 \times 10^4 \text{ Bq/cm}^2$ ($1 \mu\text{Ci/cm}^2$) en el caso de emisores beta y gamma, o a $4 \times 10^3 \text{ Bq/cm}^2$ ($0.1 \mu\text{Ci/cm}^2$) en el caso de emisores alfa.

b) Objetos Contaminados en la Superficie II. (OCS-II)

Un objeto sólido en el que la contaminación fija o la transitoria en la superficie sea superior a los límites aplicables estipulados para el OCS-I y en el que:

i) La contaminación transitoria en la superficie accesible, promediada sobre 300 cm^2 (o sobre el área de la superficie si ésta fuera inferior a 300 cm^2) no sea superior a 400 Bq/cm^2 ($10^{-2} \mu\text{Ci/cm}^2$) en el caso de emisores beta y gamma, o a 40 Bq/cm^2 ($10^{-3} \mu\text{Ci/cm}^2$) en el caso de emisores alfa; y

ii) La contaminación fija en la superficie accesible, promediada sobre 300 cm^2 (o sobre el área de la superficie si ésta fuera inferior a 300 cm^2) no sea superior a $8 \times 10^5 \text{ Bq/cm}^2$ ($20 \mu\text{Ci/cm}^2$) en el caso de emisores beta y gamma, o a $8 \times 10^4 \text{ Bq/cm}^2$ ($2 \mu\text{Ci/cm}^2$) en el caso de emisores alfa; y

iii) La contaminación transitoria mas la contaminación fija en la superficie inaccesible, promediada sobre 300 cm² (o sobre el área de la superficie si ésta fuera inferior a 300 cm²) no sea superior a 8×10^5 Bq/cm² (20 μ Ci/cm²) en el caso de emisores beta y gamma, o a 8×10^4 Bq/cm² (2 μ Ci/cm²) en el caso de emisores alfa.

SUSTANCIAS FISIONABLES

Este grupo comprende:

- a) Plutonio 238, Plutonio 239 y Plutonio 241.
- b) Uranio 233 y Uranio 235.
- c) Cualquier material que contenga alguno de los isótopos anteriores.

El transporte de las sustancias fisionables es, quizás, el que mayor riesgo presenta debido al problema de la criticidad; por ello, se prescriben disposiciones específicas, entre las que cabe destacar la limitación del número de bultos que contengan este tipo de materiales. Así, se les aplica el concepto de *numero admisible de bultos* que es el número máximo de bultos de sustancias fisionables que pueden agruparse juntos durante su transporte o almacenamiento en tránsito, con objeto de garantizar la seguridad de la expedición.

MATERIALES EXCENTOS

Bajo esta denominación se incluyen a todos aquellos materiales radiactivos u objetos que presenten un riesgo radiológico potencial muy pequeño y que su

transporte puede efectuarse de forma segura si se cumplen ciertas condiciones máximas. Este grupo comprende las denominadas PARTIDAS EXCENTAS y las las SUSTANCIAS FISIONABLES EXCENTAS.

Las PARTIDAS EXCENTAS comprenden:

- a) Materiales radiactivos cuyas actividades sean inferiores a los límites de exención establecidos al efecto.
- b) Instrumentos y artículos manufacturados, como relojes, válvulas o aparatos electrónicos, que contengan materiales radiactivos en cantidad inferior a los límites de exención establecidos y que la intensidad de radiación a 10 cm de cualquier punto de la superficie externa no supere el valor de 10 mrem/Hr (0.1 mSv/Hr).
- c) Artículos manufacturados con uranio natural o empobrecido o con torio natural encerrados en una funda inactiva metálica o integrado en algún material resistente.
- d) Embalajes vacíos que hayan contenido materiales radiactivos, se encuentren en buen estado de conservación y se hayan descontaminado interiormente hasta niveles establecidos.

A este grupo se aplica el concepto de LIMITES DE EXCENCION que representan las actividades máximas de material radiactivo, correspondientes a una partida o a un bulto, para que se les considere excentos de cumplir con las prescripciones establecidas para los restantes casos.

Las SUSTANCIAS FISIONABLES EXCENTAS comprenden:

- a) Cantidades limitadas de dichas sustancias en condiciones establecidas al efecto.

A este grupo se aplica el concepto de LIMITACIONES DE CANTIDAD, bien como peso máximo de sustancia fisionable por bulto o como concentración máxima en un volumen determinado.

CARACTERISTICAS Y REQUISITOS TECNICOS DE EMBALAJES Y BULTOS.

Los embalajes y bultos para el transporte de materiales pueden clasificarse de la siguiente forma:

- a) En TIPOS:

Atendiendo a las condiciones en las que deben conservar su integridad los sistemas de contención y blindaje de los embalajes y bultos (aplicable a todo tipo de materiales).

Dentro de esta clasificación se encuentran:

BULTOS INDUSTRIALES de gran resistencia, de los cuales existen tres tipos, que dependerán de las características del diseño. asimismo transportarán preferentemente materiales radiactivos de Baja Actividad Específica u Objetos Contaminados en la Superficie.

BULTOS TIPO A. Son aquellos que tienen una actividad limitada por bulto, hasta el valor de A_1 si se trata de materiales radiactivos en forma especial, y hasta valores de A_2 si no se trata de tales materiales radiactivos.

BULTOS TIPO B. Dentro de este grupo existen dos tipos; los tipos B(U) y los tipos B(M). El primero sólo requiere la aprobación unilateral del modelo del bulto por parte de la autoridad competente del país de origen; el segundo requiere la aprobación multilateral de las autoridades competentes de los países implicados en el transporte.

Cabe apuntar que los bultos tipo B se utilizan, fundamentalmente, para transportar materiales radiactivos con un riesgo potencial considerable (sustancias fisiónables, fuentes radiactivas de elevada intensidad, etc).

b) En CLASES:

Atendiendo a principios de garantía de calidad en cuanto a diseño, construcción y ensayo se pueden clasificar los bultos o sus componentes en tres Clases. CLASE 1, son elementos esenciales para la seguridad, los de CLASE 2, son los elementos que influyen significativamente en la seguridad y los de CLASE 3, son los elementos que influyen poco o nada en la seguridad.

c) En CATEGORIAS:

De acuerdo con la intensidad de radiación procedente de los bultos o de los contenedores (aplicable a todo tipo de materiales).

Se les clasifica en tres categorías a las que se les aplica un sistema de identificación mediante etiquetas, las cuales son: CATEGORIA I-BLANCA aplicandose a todos los bultos, excepción hecha de los bultos de sustancias fisiónables de la Clase II o de la Clase III, cuando la intensidad de radiación, en cualquier punto de su superficie externa, no supere nunca el valor de 0.5 mrem/h (0.005 mSv/h) durante su transporte normal: CATEGORIA II-AMARILLA; está reservada para bultos de sustancias fisiónables de la Clase II y para

bultos que presenten una intensidad de radiación entre 0.5 mrem/h y 50 mrem/h, siempre que el índice de transporte no sea superior a 1.0; CATEGORIA III-AMARILLA; esta categoría comprende los bultos cuya intensidad de radiación, en su superficie externa, esté entre 50 mrem/h y 200 mrem/h y cuyo índice de transporte no sea superior a 10, salvo que se trate de expediciones en forma de carga completa para los cuales se permite un valor máximo de 1 rem/h. Esta categoría también comprende a los contenedores cuyo índice de transporte sea superior a 1.0 o que alojen bultos de sustancias fisiónables de la clase III o cuando se transporten en virtud de arreglos especiales.

d) En BULTOS EXCENTOS:

En consideración al riesgo mínimo que suponen las pequeñas cantidades de material radiactivo a transportar en ellos (aplicable a cualquier tipo de material).

La característica fundamental de estos bultos es que el embalaje sólo ha de cumplir con unos requisitos de carácter general. Por otra parte, estos bultos no han de llevar etiquetas de identificación externa pero sí una interna que advierta de la naturaleza radiactiva de su contenido, además de cumplir con los Límites de exención que en términos generales, resulta ser una milésima parte de los límites de actividad A_1 y A_2 , aplicables a los bultos del tipo A. Los bultos de sustancias nucleares exentas han de cumplir solamente los requisitos y limitaciones de cantidad en masa o concentración, dimensiones y distribución de las sustancias.

ENSAYOS DE EMBALAJES Y BULTOS

Como en cualquier otro sector, los embalajes y bultos de transporte, diseñados y construidos bajo normas prescritas, han de someterse a una serie de ensayos encaminados a comprobar la capacidad de resistencia. Dichos ensayos están englobados en tres grupos:

- a) Ensayos relativos a condiciones normales de transporte, los cuales incluyen ensayos como: Aspersión con agua, caída libre, compresión y penetración.
- b) Ensayos relativos a condiciones de accidente, comprendiendo; ensayo mecánico, térmico, y ensayo de inmersión en agua.
- c) Ensayos específicos para materiales radiactivos en forma especial, que consisten en; ensayo de resistencia al choque, ensayo de percusión, ensayo de flexión y ensayo térmico.

REQUISITOS ADMINISTRATIVOS Y DE APROBACION.

El reglamento establece una distinción entre los casos en que el transporte puede realizarse sin aprobación de la autoridad competente y los casos en que se requiere algún tipo de aprobación. En ambos casos, el reglamento estipula que la responsabilidad principal respecto del cumplimiento recae en el remitente y en el transportista. En el segundo caso, se requiere una evaluación independiente por parte de la autoridad competente, según corresponda, respecto de los materiales radiactivos en forma especial, de los bultos que contengan sustancias fisionables, de los bultos del tipo B, de los arreglos especiales, de ciertas

expediciones y de los programas de protección radiológica.

En cuanto a los controles a efectuar durante el transporte pueden agruparse como siguen:

- a) Control de la contaminación radiactiva transitoria.
- b) Identificación de los bultos o contenedores.
- c) Control de las operaciones durante el transporte, incluyendo el almacenamiento en tránsito.
- d) Controles en la fabricación y en el mantenimiento de los embalaje.
- e) Comprobación del contenido de todos los documentos de transporte.

En relación con la contaminación radiactiva transitoria en la superficie externa del bulto, ésta ha de mantenerse tan baja como sea posible y, en condiciones normales, no ha de superar los valores indicados en el reglamento. Por otro lado, todos los bultos o contenedores han de llevar como mínimo dos etiquetas, correspondientes a su categoría, en las cuales debe consignarse toda la información necesaria (contenido radiactivo, índice de transporte, tipo de bulto, régimen de carga, peso, etc.). Los controles relativos a las operaciones durante el transporte y almacenamiento en tránsito comprenden, entre otros, la verificación del estricto cumplimiento de las medidas de estiba (disipación del calor generado), del distanciamiento de otras mercancías peligrosas y de los pasajeros, así como de la distribución adecuada de los bultos.

Asimismo, se comprueba que el proceso de fabricación de los embalajes se ajusta a las normas de seguridad aprobadas y que se lleva a efecto el programa de garantía de calidad y, finalmente, la

autoridad competente exige que se disponga de todos los documentos de transporte en regla, especialmente, el certificado del remitente.

MODALIDADES DE TRANSPORTE Y SUS NORMAS COMPLEMENTARIAS.

La peculiaridad de cada una de las modalidades de transporte supone unos requisitos complementarios, que es preciso adoptarlos con objeto de que, en cualquier caso, la expedición se lleve a cabo en condiciones seguras. Por otra parte y debido a ello, ha sido necesario establecer diversos acuerdos, reglamentos y recomendaciones a nivel internacional, para las distintas modalidades de transporte. Así, actualmente, existen los Convenios Regionales y Organizaciones Internacionales que han elaborado Reglamentos para las diferentes modalidades de transporte, como son:

- a) Recomendaciones del transporte de mercancías peligrosas, preparado por las Naciones Unidas.
- b) Instrucciones técnicas para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea, preparado por la Organización de Aviación Civil Internacional.
- c) Código marítimo internacional de mercancías peligrosas, preparado por la Organización Marítima Internacional.
- d) Convenio Postal universal, preparado por la Unión Postal Universal.